

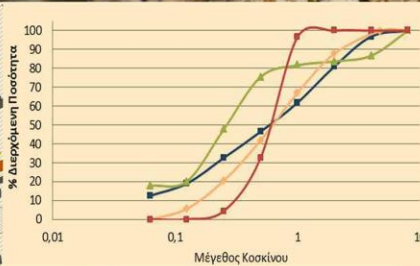
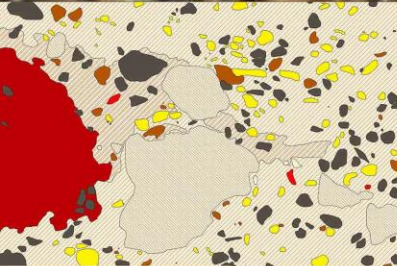
«Φρούριο Φραγκοκάστελλο: ολιστική ανάλυση και ιστορική τεκμηρίωση κονιαμάτων και επιχρισμάτων και σύνθεση νέων συμβατών κονιαμάτων αποκατάστασης»

Αντώνης Θεολογίτης

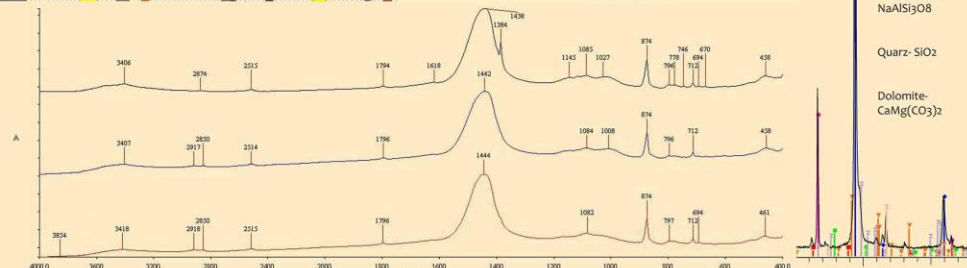
επιβλέπουσα: Νόννη Μαραβελάκη

Ερευνητική εργασία, Δεκέμβριος 2015

Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών



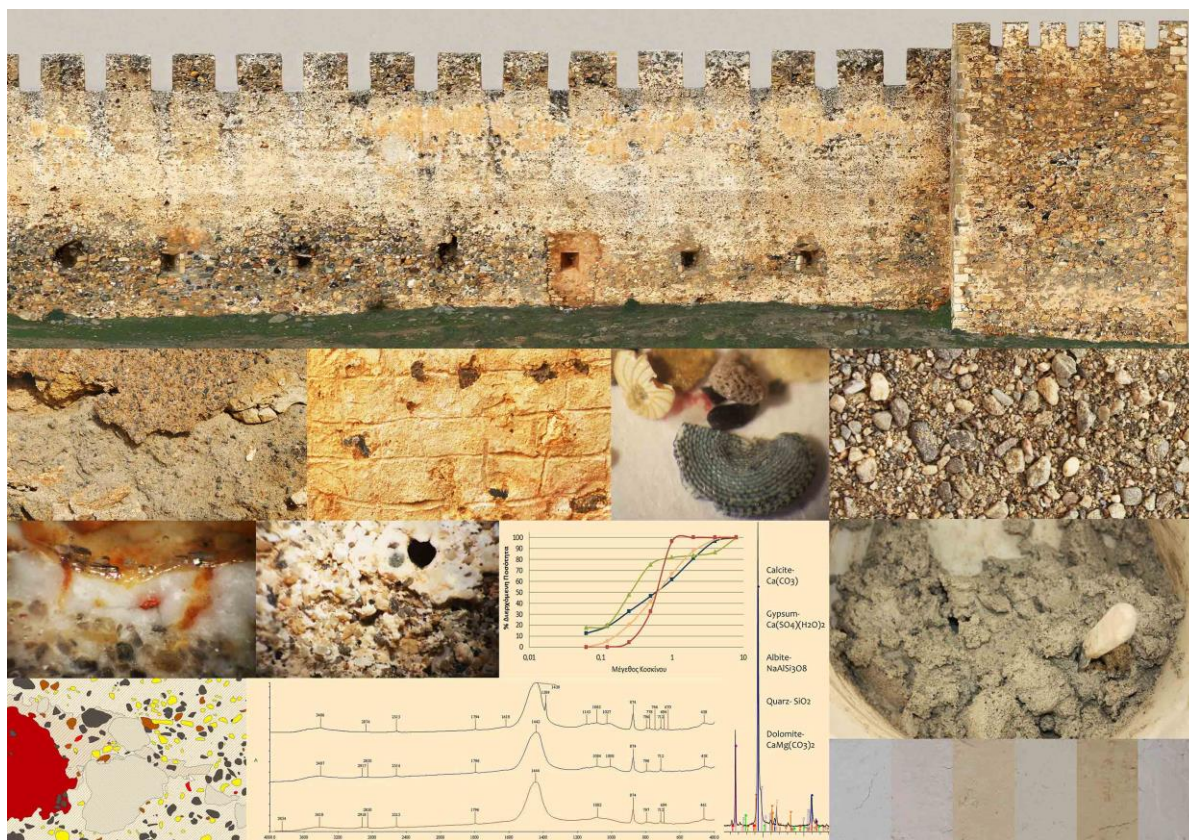
Calcite-
 $\text{Ca}(\text{CO}_3)$
Gypsum-
 $\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$
Albite-
 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
Quarz- SiO_2
Dolomite-
 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$





ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ
& ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

**«Φρούριο Φραγκοκάστελλο: ολιστική ανάλυση και ιστορική
τεκμηρίωση κονιαμάτων και επιχρισμάτων και σύνθεση
νέων συμβατών κονιαμάτων αποκατάστασης»**



ερευνητική εργασία

Αντώνης Θεολογίτης

Επιβλέπουσα: Νόννη Μαραβελάκη

Χανιά, Δεκέμβριος 2015

Εικόνα εξώφυλλου: σύνθεση αποσπασμάτων της εργασίας

Ευχαριστώ τον κ. Π.Παρστινέβελο, Επ. Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων για την χορήγηση άδειας χρήσης της ορθοφωτογραφίας του νοτίου τοίχου του φρουρίου.

Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Αναπ. Καθηγήτρια Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών **Νόνη Μαραβελάκη**, επιβλέπουσα στην εργασία, η οποία με εμπιστεύτηκε και διαρκώς με καθοδήγησε από τα τέλη του Μαρτίου έως και σήμερα, με αφοσίωση και προσωπική της εργασία.

Ευχαριστώ τον Αναπλ. Καθηγητή της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών **Νίκο Σκουτέλη**, επιστημονικό υπεύθυνο του ερευνητικού προγράμματος «ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΛΟ ΣΦΑΚΙΩΝ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΦΘΟΡΩΝ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ– ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ», για τη συμμετοχή μου σε αυτό και για τις ιστορικές πληροφορίες που μου έδωσε.

Τις εξέχουσες ευχαριστίες μου επιθυμώ να εκφράσω στην Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια **Χρύσα Καπριδάκη**, που χωρίς αυτή δε θα είχε ξεκινήσει η εργασία αυτή, αλλά ούτε και θα είχε τελειώσει.

Επίσης, ευχαριστώ τον Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων **Νίκο Καλλίθρακα**, ο οποίος διαρκώς συνεργαζόμενος με την κα.Μαραβελάκη, πραγματοποίησε στο εργαστήριό του την ανάλυση EDXRF και συνεργαστήκαμε άψογα.

Σημαντική ήταν η συνεισφορά της κας **Τούλας Τριμανδήλη** στην ιστορική έρευνα για το Φραγκοκάστελλο και τη χρονολογική αποτίμηση των κονιαμάτων, γι' αυτό την ευχαριστώ πολύ.

Τέλος, θέλω να αναφερθώ στην Καθηγήτρια της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών κα **Φανή Μαλλούχου**, την οποία ευχαριστώ γιατί χάρη σε αυτή προσέγγισα πρώτη φορά το ζήτημα των ιστορικών υλικών, και βασικά των ρωμαϊκών κονιαμάτων, μέσα από το μάθημα της «Roma Citta Eterna», κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013.

Περίληψη

Η παρούσα ερευνητική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς & Σύγχρονης Δόμησης, υπό την επιστημονική επιμέλεια της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας της Σχολής Αρχ/ων Μηχ/ών κ. Ν. Μαραβελάκη, εντασσόμενη στο πλαίσιο του διεπιστημονικού ερευνητικού προγράμματος «ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΛΟ ΣΦΑΚΙΩΝ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΦΘΟΡΩΝ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ– ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ», του οποίου επιστημονικός υπεύθυνος είναι ο Αναπληρωτής Καθηγητής της Σχολής Αρχ/ων Μηχ/ών κ. Νίκος Σκουτέλης.

Στο πλαίσιο του παρόντος Ερευνητικού Προγράμματος το εργαστήριο ανέλαβε την αναλυτική μελέτη των υλικών κατασκευής του φρουρίου και συγκεκριμένα των κονιαμάτων, με σκοπό τη σύνθεση συμβατών κονιαμάτων αποκατάστασης. Επίσης, μέσω της ανάλυσης εξήχθησαν συμπεράσματα ιστορικού ενδιαφέροντος, ως προς τη χρονολόγηση και τις κατασκευαστικές φάσεις των κονιαμάτων.

Η κατάταξη των κονιαμάτων σε ιστορικές περιόδους για το φρούριο Φραγκοκάστελλο, και συγκεκριμένα σε ενετικά, οθωμανικά και σύγχρονα αποτελεί αφ' ενός μια συνεισφορά στη δημιουργία μια ευρείας βάσης δεδομένων για τα ιστορικά υλικά, αφ' ετέρου αποτελεί σημαντική εργασία για την ιστορική τεκμηρίωση του μνημείου, η οποία κρίνεται γενικά ελλιπής. Έτσι, μπορεί να αξιοποιηθεί από τους μελετητές και σε συνδυασμό με άλλα ιστορικά στοιχεία που πιθανώς να προκύψουν, να συντελέσει σε μια πληρέστερη ιστοριογραφία του εν λόγω μνημείου. Επιπλέον, η ολιστική μελέτη των υλικών δόμησης αποτελεί και την ασφαλέστερη οδό για την σύνθεση συμβατών και αποτελεσματικών κονιαμάτων αποκατάστασης, όπως ακριβώς προτείνεται στην παρούσα εργασία. Η προσπάθεια που έγινε αποτελεί μια συμβολή τόσο στην διεπιστημονικότητα της προσέγγισης των ζητημάτων επεμβάσεων σε πολιτιστικά μνημεία και ιστορικά κτήρια από την σύγχρονη αρχιτεκτονική, όσο και στην διεύρυνση της γνώσης επάνω στα ιστορικά υλικά και τρόπους δόμησης.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	1
Περίληψη.....	2
1. Εισαγωγή –στόχος της εργασίας.....	5
2. Ιστορικά στοιχεία για το φρούριο Φραγκοκάστελλο	6
3. Μεθοδολογία της μελέτης.....	9
3.1 Πειραματικό μέρος	9
3.2 Βασικές αρχές των τεχνικών χημικής, ορυκτολογικής και στοιχειακής ανάλυσης	12
3.2.1 Υπέρυθρη Φασματοσκοπία με μετασχηματισμό Fourier (FTIR)	12
3.2.2 Περιθλασιμετρία ακτίνων Χ (XRD)	14
3.2.3 Φθορισμομετρία ενεργειακής διασποράς ακτίνων Χ (EDXRF).....	15
3.2.4 Θερμική ανάλυση (TA)	16
3.3 Συνδυαστική χρονολόγηση των κονιαμάτων και επιχρισμάτων	18
4. Πειραματικό μέρος	19
5. Αποτελέσματα και σχολιασμός τους	21
5.1 Μακροσκοπική περιγραφή των δειγμάτων	21
5.2 Χημική και ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων	39
5.3 Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης δειγμάτων.....	64
5.4 Μικροσκοπική ανάλυση δειγμάτων και κοκκομετρική διαβάθμιση κονιαμάτων επιχρισμάτων	70
5.4.1 Μικροσκοπική ανάλυση δειγμάτων.....	70
5.4.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση δειγμάτων.....	93
5.4.3 Προφίλ κονιαμάτων και επιχρισμάτων.....	94

6. Χρονολόγηση και ομαδοποίηση των μελετηθέντων κονιαμάτων και επιχρισμάτων	100
6.1 Ιστορικά τεκμήρια και αμφιβολίες	100
6.1.1 Γενικές παραδοχές για τις τεχνολογίες δόμησης των Ενετών και των Οθωμανών	102
6.1.2 Ο παράγοντας της εντοπιότητας στην περίπτωση του Φραγκοκάστελλου	102
6.2 Ομαδοποιήσεις των κονιαμάτων και επιχρισμάτων	104
6.3 Χρονολόγηση των κονιαμάτων και επιχρισμάτων.....	111
7. Σύνθεση κονιάματος αποκατάστασης.....	115
7.1 Εργαστηριακή σύνθεση	115
7.1.1 Επιλογή συμβατών πρώτων υλών.....	115
7.1.2 Σύνθεση του κονιάματος	119
7.1.3 Έλεγχος μηχανικών αντοχών του κονιάματος	120
7.2 Συνθέσεις χρωματικών δοκιμών	121
8. Συμπεράσματα	124
9. Βιβλιογραφία.....	126
10. Παράρτημα - Δελτία δειγμάτων	130

1. Εισαγωγή –στόχος της εργασίας

Το φρούριο Φραγκοκάστελλο βρίσκεται στην ομώνυμη περιοχή του δήμου Σφακίων στο νότο των Χανίων. Οικοδομήθηκε κατά τα έτη 1371-1374 μ.Χ., για αμυντικούς σκοπούς και για τον έλεγχο της περιοχής. Με μακραίωνη αν και ασυνεχή χρήση από Ενετούς, Οθωμανούς και Κρητικούς, το φρούριο αποτελεί ένα μνημείο της πολυπολιτισμικής ιστορίας της Κρήτης, ενώ σε τοπικό επίπεδο αποτελεί ένα κέντρο αναφοράς για τη συλλογική μνήμη.

Σήμερα το φρούριο είναι επισκέψιμο ως μουσείο, χώρο πολιτιστικών εκδηλώσεων και αποτελεί πόλο έλξης της περιοχής. Στην πιο πρόσφατη ιστορία του έχει υποστεί λίγες και σχετικά ατελείς επεμβάσεις για τη συντήρηση και την ανάδειξή του. Στο πλαίσιο της διεπιστημονικής προσέγγισης για μια ολοκληρωμένη και αειφόρα διαχείρισή του μνημείου, μελετήθηκαν τα υλικά δόμησής του μέσω δειγμάτων που λήφθηκαν από την τοιχοποιία.

Η ολιστική ανάλυση των δειγμάτων και η πλήρης αποτύπωση της τεχνολογίας παρασκευής τους είχε ως στόχους:

1. την εξαγωγή πορισμάτων τα οποία αξιοποιήθηκαν για την εργαστηριακή μελέτη και σύνθεση συμβατών κονιαμάτων και επιχρισμάτων αποκατάστασης και
2. την ιστορική τεκμηρίωση και χρονολογική τοποθέτηση των κονιαμάτων και επιχρισμάτων σε συνάρτηση με την αναγνώριση των κατασκευαστικών φάσεων του κτηρίου.

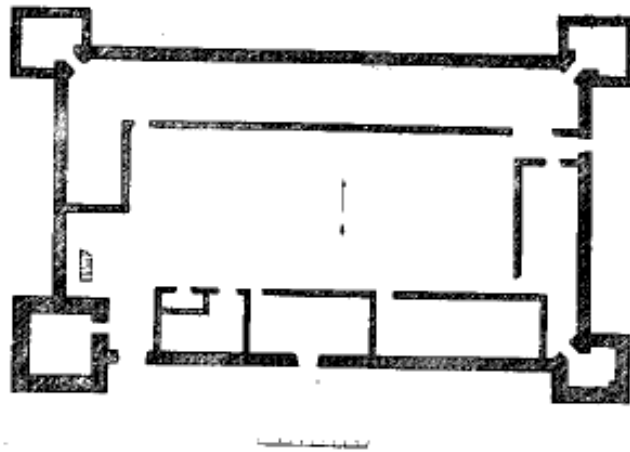
2. Ιστορικά στοιχεία για το φρούριο Φραγκοκάστελλο

Το φρούριο Φραγκοκάστελλο οικοδομήθηκε από τους Βενετούς κατά τα χρόνια 1371-1374 μ.Χ., με σκοπό να ελεγχθούν οι πειρατικές επιδρομές στην περιοχή και η έντονη ανυποταγή του ντόπιου πληθυσμού στην βενετσιάνικη κυριαρχία. Η αντίδραση των ντόπιων ήταν τόσο έντονη, ώστε αρχικά να κατεδαφίζουν κάθε βράδυ ότι ανεγειρόταν την ημέρα. Εξάλλου, η ονομασία «Φραγκοκάστελλο» που επικράτησε, στην ουσία προέρχεται από την περιφρόνηση των ντόπιων για τους κατακτητές. Ιστορικά μαρτυρείται πως το φρούριο δεν εξυπηρέτησε ποτέ το σκοπό για τον οποίο χτίστηκε και υπήρχαν μεγάλες περίοδοι στις οποίες ήταν ερειπωμένο.



Εικόνα 1: Άποψη του φρουρίου Φραγκοκάστελλου από θαλάσσης.
(<https://castlesintheworld.wordpress.com/tag/castelli-sul-mare>, επίσκεψη 23-11-2015)

Ως φρούριο ακολουθεί το οχυρωματικό μοντέλο που προηγείται του προμαχωνικού συστήματος. Δηλαδή έχει ευθείς τοίχους, το κτίσμα είναι ορθογωνικό με τέσσερις πύργους στις γωνίες και καταλήγει σε οδοντωτές πολεμίστρες. Ο νοτιοδυτικός τοίχος είναι ο μεγαλύτερος και προφανώς κατείχε εξέχουσα αμυντική σημασία. Οι τρεις μικρότεροι είναι στην εσωτερική τους γωνία λοξότμητοι, ώστε να χωράει το θύρωμα της εισόδου τους στη λοξή αυτή ακμή. Ορισμένες αναπαραστάσεις του από την ενετική περίοδο, αν και σχεδόν σύγχρονες εμφανίζουν διαφορές οι οποίες οφείλονται σε λάθη ή παραλήψεις, παρά σε πραγματικές διαφοροποιήσεις.



Εικόνα 2: Κάτοψη του φρουρίου Φραγκοκάστελλου κατά G.Gerola [36]

Κατά τη διάρκεια της ενετικής και της οθωμανικής κυριαρχίας το φρούριο δέχθηκε πολυάριθμες μετασκευές που σχετίζονται με διαδοχικές καταστροφές, είτε λόγω ερείπωσης του φρουρίου, είτε λόγω πολέμου. Ωστόσο, στη γενικότερη δομή και μορφή του το φρούριο δεν υπέστη ποτέ σημαντικές αλλαγές και μοιάζει με τις πρώιμες αναπαραστάσεις του. Η πρώτη ανακατασκευή πραγματοποιήθηκε κατά έτη 1593-1597 από το γενικό προβλεπτή Nicolo Dona, ο οποίος το βρήκε τελείως ερειπωμένο, κατά τα γραφόμενα του G.Gerola. Το 1645 ο γενικός προβλεπτής Andrea Corner έκανε ουσιαστικές επισκευές στο φρούριο, στο πλαίσιο των συγκρούσεων με τους Οθωμανούς για την κατάληψη της Κρήτης. Στην ενδιάμεση χρονολογία των παραπάνω υπήρξε και κάποια πρόταση για ανακατασκευή του κτηρίου, που είναι άγνωστο εάν υλοποιήθηκε. Αν και δεν είναι γνωστό τι επεμβάσεις έγιναν στις παραπάνω χρονολογίες, είναι εύλογο να υποθέσουμε πως αφορούν μόνο σε εργασίες στερέωσης και συντήρησης του φρουρίου από τους ίδιους τους Ενετούς, χωρίς δομικές αλλαγές.

Την περίοδο της οθωμανικής κυριαρχίας το φρούριο χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της επανάστασης του Δασκαλογιάννη το 1770 για τη στρατοπέδευση οθωμανικών στρατευμάτων. Εδώ αν και δεν τεκμηριώνεται, δεν αποκλείεται να έγιναν εργασίες συντήρησης του φρουρίου. Κατά την εξέγερση του Χατζή Μιχάλη Νταλιάνη το 1828, ο οποίος οχυρώθηκε στο φρούριο, έγιναν εκτενείς καταστροφές σε αυτό, αφού και μετά τη μάχη ο Μουσταφά Ναϊλή πασάς διέταξε την ανατίναξη του. Ο ίδιος αργότερα, την περίοδο 1866-1869 ανακατασκεύασε το φρούριο. Το έργο συμπεριλαμβανόταν σε ένα ευρύτερο σχέδιο οικοδόμησης κουλέδων για την περιφρούρηση όλης της Κρήτης, λόγω της κρητικής επανάστασης. Σε αυτή την κατασκευαστική φάση του φρουρίου χρονολογούνται οι

σημαντικότερες διαφοροποιήσεις. Πιθανολογείται τότε να διανοίχτηκαν οι χαμηλές πολεμίστρες στο ύψος του ανθρώπου στους περιμετρικούς τοίχους. Ωστόσο, άλλη πηγή αναφέρει τη διάνοιξή τους κατά την επανάσταση του 1821 [38]. Ο Ανδριανάκης δεν αναφέρει πως έγιναν τον 19ο αιώνα, αποφεύγοντας συγκεκριμένη χρονολόγηση [37]. Επίσης, οι τρεις μικροί πύργοι υπέστησαν αρκετές αλλαγές, σημαντικότερη από τις οποίες ήταν η απομείωση του πάχους της τοιχοποιίας τους. Ιδιαίτερα εμφανές είναι αυτό στον βορειοδυτικό πύργο, όπου η τοιχοποιία απέκτησε ένα ενιαίο –και ανεπαρκές- πάχος σε όλο το ύψος του πύργου. Επίσης παρατηρούνται διαφορές στις στάθμες των θυρωμάτων των πύργων καθώς και διαφορές στους ορόφους τους, στις κλίμακες κτλ. Τέλος, κατά την φάση αυτή πιθανότατα διανοίχτηκε και η μικρή ανατολική θύρα του φρουρίου.

Τα επόμενα έτη, το Φραγκοκάστελλο έπαψε να είναι φρούριο, ενώ για κάποια περίοδο τον 19ο αιώνα χρησιμοποιήθηκε ως αποθήκες [37]. Τότε έγιναν ορισμένες διανοίξεις θυρών στο νότιο τοίχο. Τα νεότερα χρόνια έχουν γίνει εργασίες αποκατάστασης, όπως η ανακατασκευή του εσωτερικού χαμηλού τοίχου των ισόγειων κτισμάτων και κατά τόπους αρμολογήματα και επιχρίσεις των τοίχων, αν και με λάθος τρόπο και υλικά. Επίσης, κατά την τελευταία επέμβαση των αρχών της δεκαετίας του 90' αποκαταστάθηκε ο νοτιοδυτικός πύργος με ξύλινα μεσοπατώματα και με επισκέψιμο δώμα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

3. Μεθοδολογία της μελέτης

3.1 Πειραματικό μέρος

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην ανάλυση κονιαμάτων, επιχρισμάτων και λίθων του Φρουρίου Φραγκοκάστελλου με κύριο στόχο την διευκρίνιση της τεχνολογίας παρασκευής, σύνθεσης και φύσης των υλικών αυτών, ώστε να προταθούν κονιάματα και επιχρίσματα αποκατάστασης συμβατά με τα υπάρχοντα. Η πλήρης αποτύπωση της τεχνολογίας παρασκευής των κονιαμάτων-επιχρισμάτων μέσω της ολιστικής ανάλυσης (φυσικοχημική/μηχανική) των υφιστάμενων υλικών, συνέβαλλε στην τελική πρόταση συμβατού κονιάματος-επιχρίσματος αποκατάστασης με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Τα προτεινόμενα κονιάματα ελέγχθηκαν εργαστηριακά με βάση τα ισχύοντα διεθνή πρότυπα. Η συστηματική αυτή μελέτη συμβάλλει στην συντήρηση του μνημείου με υλικά συμβατά με τα ήδη υπάρχοντα, αλλά με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην διάβρωση, ώστε να διασφαλιστεί η αειφορία του μνημείου.

Η πλήρης αναλυτική μελέτη περιελάμβανε τα παρακάτω στάδια:

1. Συστηματική δειγματοληψία κονιαμάτων-επιχρισμάτων και λίθων από το μνημείο με βάση: τις οπτικά διαφορετικά κατασκευαστικές φάσεις, τις περιοχές διαφορετικού βαθμού διάβρωσης και δομικά υλικά με διαφορετικά μακροσκοπικά χαρακτηριστικά.
2. Χημική και ορυκτολογική ανάλυση κονιαμάτων-επιχρισμάτων και λίθων, διαπίστωση της φύσης κονίας και αδρανών, προσδιορισμός ιχνοστοιχείων και υπολογισμός δεικτών υδραυλικότητας.
3. Χαρακτηρισμός της μικροδομής κονιαμάτων, κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών συστατικών και προσέγγιση της σύστασης των κονιαμάτων.
4. Σύνθεση προτεινόμενων κονιαμάτων-επιχρισμάτων αποκατάστασης και έλεγχο των μηχανικών αντοχών τους.

Πιο συγκεκριμένα, στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η κάτοψη του χώρου που εμπεριέχει τα σημεία δειγματοληψίας. Συλλέχθηκαν συνολικά 20 δείγματα, εκ των οποίων τα 16 είναι κονιάματα και επιχρίσματα. Τα δείγματα έλαβαν κωδικό εργαστηρίου, ομαδοποιήθηκαν και εξετάστηκαν μακροσκοπικά. Στη συνέχεια, όλα τα δείγματα εξετάστηκαν με την βοήθεια της οπτικής μικροσκοπίας, ώστε να καταγραφούν χαρακτηριστικά της μικροδομής τους, το είδος αδρανών και κονίας, η συνεκτικότητα της δομής τους καθώς και βασικές διαφορές στην επιλογή πρώτων υλών που θα επέτρεπε την μετέπειτα κατηγοριοποίησή τους. Επιλέχθηκαν στην συνέχεια αρκετά κονιάματα και επιχρίσματα που υποβλήθηκαν σε περαιτέρω αναλύσεις κατά περίπτωση (χημική, ορυκτολογική, στοιχειομετρική, θερμική, μελέτη στιλπνών τομών). Επιπρόσθετα, αναλύθηκαν ένας λίθος με κωδικό ΦΡ4Λ, ένα κεραμικό με κωδικό ΦΡ14ΚΕΡ και δείγμα της εντόπιας θαλάσσιας άμμου (κωδ. ΦΡ ΑΜΜ).

Βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις αναλύσεις των κονιαμάτων-επιχρισμάτων προτάθηκε το κατάλληλο συμβατό κονίαμα αποκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη και τις υψηλές αντοχές που θα έπρεπε να παρουσιάζει για την τοποθέτησή του σε παράκτια περιοχή με έντονα καιρικά φαινόμενα.



Σχήμα 1: Θέσεις δειγματοληψίας.

3.2 Βασικές αρχές των τεχνικών χημικής, ορυκτολογικής και στοιχειακής ανάλυσης

Για τον χαρακτηρισμό των δειγμάτων κονιαμάτων, επιχρισμάτων και λίθων χρησιμοποιήθηκαν αξιόπιστες αναλυτικές τεχνικές όπως η Υπέρυθρη Φασματοσκοπία, περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ, Φθορισμομετρία ενεργειακής διασποράς ακτίνων Χ και η Θερμική ανάλυση. Οι αρχές λειτουργίας των εν λόγω τεχνικών περιγράφονται στα επόμενα υποκεφάλαια.

3.2.1 Υπέρυθρη Φασματοσκοπία με μετασχηματισμό Fourier (FTIR)

Η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη ενός δείγματος παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη σύστασή του. Η φασματοφωτομετρία υπέρυθρου (Infrared spectroscopy, IR) (ή φασματοσκοπία υπέρυθρου) βασίζεται στην απορρόφηση ακτινοβολίας της ύλης στην υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και χαρακτηρίζεται ως μία από τις σημαντικότερες αναλυτικές τεχνικές χαρακτηρισμού της μοριακής σύνταξης και ταυτοποίησης οργανικών ενώσεων [18].

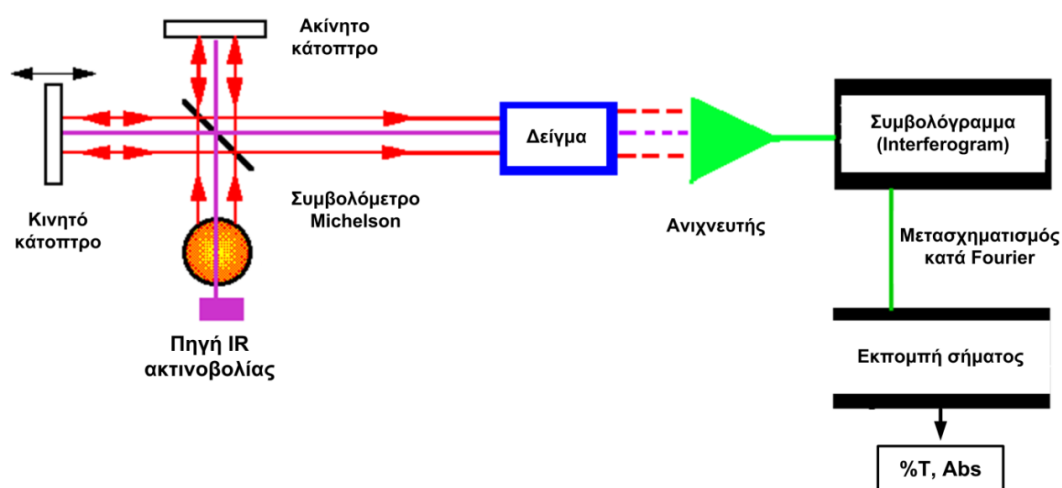
Η υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εκτείνεται από το ορατό μέχρι τα μικροκύματα και περιλαμβάνει ακτινοβολίες των οποίων οι κυματαριθμοί κυμαίνονται από 12.800 έως 10 cm^{-1} . Η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη περιοχή του υπέρυθρου φάσματος είναι αυτή που καλύπτεται από το μέσο υπέρυθρο, από 4000 έως και 400 cm^{-1} .

Η υπέρυθρη ακτινοβολία, λόγω της μικρής της ενέργειας, δεν προκαλεί ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις αλλά διεγέρσεις μεταξύ διαφόρων ενεργειακών σταθμών δόνησης και περιστροφής των μορίων, ενώ το μόριο παραμένει στην θεμελιώδη ενεργειακή του κατάσταση. Ένα μόριο είναι ικανό να απορροφήσει υπέρυθρη ακτινοβολία μόνο στην περίπτωση που μπορεί να μεταβληθεί η διπολική του ροπή κατά τη διάρκεια της δόνησης και η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα τη δονητική ή την περιστροφική κίνησή του [18, 19]. Γνωρίζοντας τον αριθμό ατόμων του μορίου και την γεωμετρία του είναι δυνατόν να υπολογιστεί ο αριθμός των βασικών δονήσεων του μορίου [20]. Οι ταινίες απορρόφησης του φάσματος οδηγούν στην ταυτοποίηση των χημικών ενώσεων. Η παρουσία μεγάλου αριθμού ταινιών απορρόφησης σε παρατηρούμενο φάσμα το καθιστά αρκετά πολύπλοκο

αλλά η πολυπλοκότητα αυτή προσδίδει ιδιαίτερο και μοναδικό χαρακτήρα στην τεχνική IR, η οποία επιτρέπει την ταυτοποίηση ενώσεων με μεγάλη αξιοπιστία.

Μέχρι τη δεκαετία του '80 τα περισσότερα όργανα μετρήσεων υπερύθρου βασίζονταν σε φράγματα διασποράς της ακτινοβολίας. Αυτά τα όργανα σήμερα κατά ένα μεγάλο μέρος έχουν αντικατασταθεί από φασματοφωτόμετρα με μετασχηματισμό Fourier (Fourier Transform Infrared, FTIR) λόγω της βελτιωμένης ταχύτητας, αξιοπιστίας και ευχρηστίας τους.

Τα κλασικά φασματοφωτόμετρα υπερύθρου απαρτίζονται από: την πηγή της ακτινοβολίας, την κυψελίδα του δείγματος, τον μονοχρωμάτορα και τον ανιχνευτή σήματος. Τα ευρέως πλέον χρησιμοποιούμενα όργανα υπέρυθρης φασματοσκοπίας υπερύθρου είναι εκείνα στα οποία ο μονοχρωμάτορας έχει αντικατασταθεί από συμβολόμετρο Michelson (Interferometer). Στα όργανα αυτά η υπέρυθρη ακτινοβολία υφίσταται το φαινόμενο της συμβολής μέσω του συμβολομέτρου, το οποίο όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.2, αποτελείται από έναν διαιρέτη ακτινοβολίας και δύο, κάθετα μεταξύ τους, κάτοπτρα. Η διερχόμενη από το δείγμα ακτινοβολία συλλέγεται από τον ανιχνευτή. Τελικά, το λαμβανόμενο σήμα (συμβολόγραμμα) μετασχηματίζεται κατά Fourier σε τυπικό φάσμα IR.

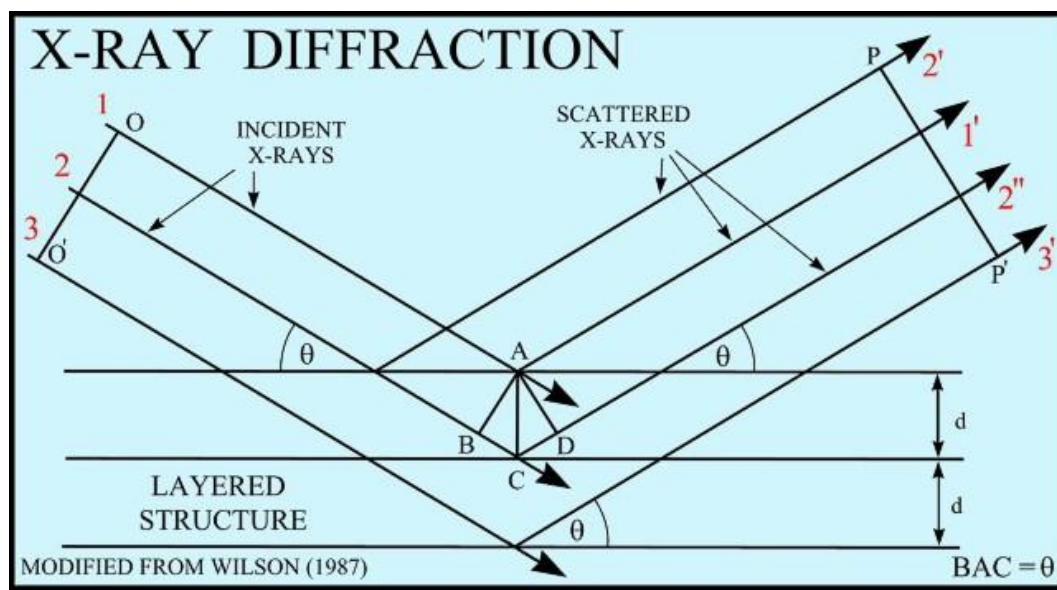


Σχήμα 2: Διάταξη υπέρυθρου φασματοφωτόμετρου με μετασχηματισμό κατά Fourier (FT-IR) [21].

3.2.2 Περιθλασιμετρία ακτίνων X (XRD)

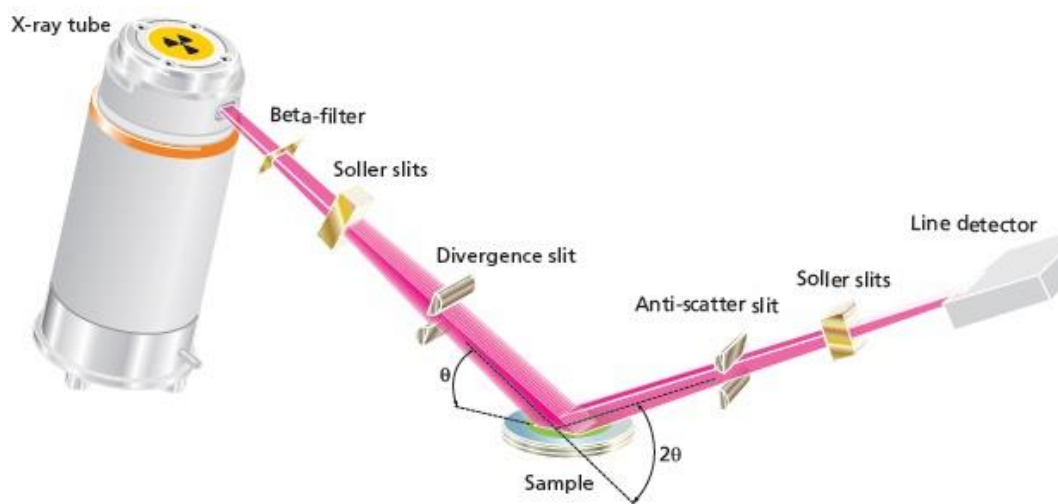
Η μέθοδος της περιθλασιμετρίας ακτίνων X (X-Ray Diffraction, XRD) βασίζεται στην περίθλαση ακτίνων X και είναι μία αξιόπιστη ποιοτική και ποσοτική μέθοδος προσδιορισμού κρυσταλλικών ενώσεων στερών δειγμάτων.

Η περιθλασιμετρία ακτίνων X εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της σκέδασης των ακτίνων X μετά από αλληλεπίδρασή τους με τα ηλεκτρόνια των ατόμων των κρυστάλλων. Όταν η σκέδαση των ακτίνων X λαμβάνει χώρα στο οργανωμένο περιβάλλον του κρυστάλλου, προκαλείται συμβολή των σκεδαζομένων ακτίνων λόγω του ότι οι αποστάσεις μεταξύ των κέντρων σκέδασης είναι του ίδιου μεγέθους με το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Αυτό το είδος σκέδασης παρουσιάζει έντονα φαινόμενα περίθλασης των ακτίνων X, δηλαδή ενισχυμένη ένταση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας προς συγκεκριμένες διευθύνσεις.



Σχήμα 3: Περίθλαση ακτίνων X από έναν κρύσταλλο [22].

Από την καταγραφή της έντασης των περιθλωμένων ακτινοβολιών και των γωνιών περίθλασης λαμβάνεται το φάσμα περίθλασης του δείγματος το οποίο συγκρίνεται με κρυσταλλογραφικά δεδομένα αναφοράς επιτρέποντας την ταυτοποίηση του.

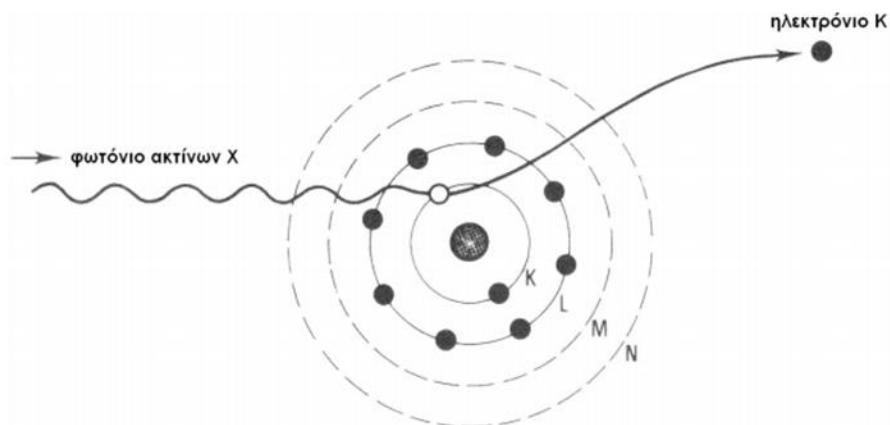


Σχήμα 4: Τυπική διάταξη περιθλασίμετρου ακτίνων X [23].

3.2.3 Φθορισμομετρία ενεργειακής διασποράς ακτίνων X (EDXRF)

Στη φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων X, φωτόνια εκπέμπονται από μία πηγή και χτυπάνε το προς εξέταση δείγμα. Μια τυπική διάταξη της μεθόδου, περιλαμβάνει μια πηγή πρωτογενούς ακτινοβολίας και ένα σύστημα ανίχνευσης δευτερεύουσας ακτινοβολίας του δείγματος.

Κατά την ακτινοβόληση, η διεγείρουσα δέσμη ακτίνων X προσπίπτει στο δείγμα προκαλώντας την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από την εσωτερική ατομική στιβάδα – σειρά K. Η διαδικασία στην οποία οι ακτίνες X απορροφώνται από το άτομο μεταφέροντας όλη τους την ενέργεια σ' ένα εσωτερικό ηλεκτρόνιο ονομάζεται φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Η εκπομπή ηλεκτρονίων συμβαίνει μόνον όταν η προσπίπτουσα ακτινοβολία που απορροφά είναι κατάλληλης ενέργειας, δηλαδή εάν η ενέργεια των φωτονίων ($h\nu$) είναι μεγαλύτερη ή ίση της ενέργειας δεσμού των ηλεκτρονίων που βρίσκονται στα εσωτερικά ενεργειακά επίπεδα. Η πλήρωση της οπής που δημιουργείται, επιτυγχάνεται με την μετάπτωση ηλεκτρονίων των εξωτερικών στιβάδων – σειρά 4L, M και N συνοδεύεται από εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας (ακτίνες X) ή και ηλεκτρονίων Auger. Οι εκπεμπόμενες ακτίνες X που εκπέμπονται από αυτή τη διαδικασία ονομάζονται ακτινοβολία φθορισμού. Η ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου είναι ίση με τη διαφορά ενέργειας των επιπέδων που εμπλέκονται στη μετάπτωση.



Σχήμα 5: Ιοντισμός της στιβάδας K από ένα φωτόνιο ακτίνων X

Επειδή κάθε στοιχείο του περιοδικού πίνακα έχει συγκεκριμένη ενεργειακή διαφορά ανάμεσα στα επίπεδα που καταλαμβάνονται από ηλεκτρόνια, εκπέμπει ακτίνες X χαρακτηριστικής ενέργειας. Επίσης, η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται, καθορίζεται από την ποσότητα ενός στοιχείου στο δείγμα. Έτσι, στο φάσμα ακτίνων X του δείγματος που υποβάλλεται στην ως άνω διαδικασία εμφανίζεται μια σειρά χαρακτηριστικών ενεργειακών κορυφών η θέση των οποίων οδηγεί στην ταυτοποίηση των στοιχείων που περιέχονται στο δείγμα (ποιοτική ανάλυση), ενώ η έντάσή τους είναι χαρακτηριστική της συγκέντρωσης του στοιχείου που αναλύεται (ημιποσοτική ή ποσοτική ανάλυση).

3.2.4 Θερμική ανάλυση (TA)

Η θερμική ανάλυση (Thermal Analysis, TA) περιλαμβάνει μία ομάδα τεχνικών στις οποίες καταγράφεται κάποια φυσική ιδιότητα μία ουσίας συναρτήσει της θερμοκρασίας, όταν αυτή μεταβάλλεται κατά έναν προγραμματισμένο τρόπο. Οι αναλυτικές αυτές τεχνικές βρίσκουν εφαρμογή στον ερευνητικό και στον βιομηχανικό τομέα, τόσο για ποιοτικό όσο και ποσοτικό έλεγχο [19].

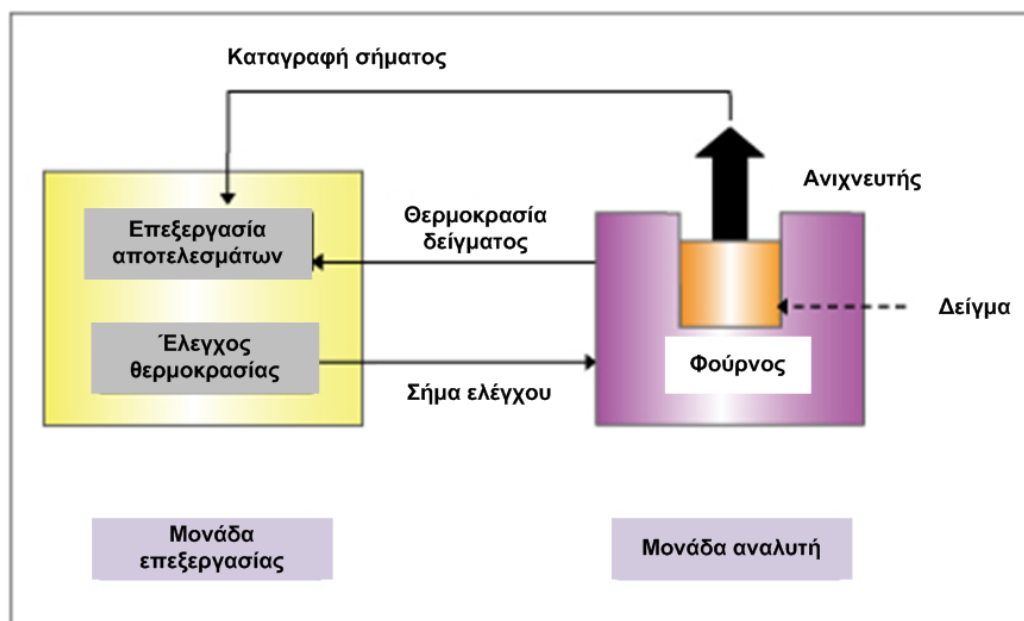
Στις θερμικές αναλυτικές τεχνικές συγκαταλέγονται περισσότερες από 12 επιμέρους τεχνικές οι οποίες διαφέρουν ως προς την καταγραφόμενη ιδιότητα. Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες αναλυτικές τεχνικές είναι: η θερμοσταθμική ανάλυση (Thermogravimetry, TGA), η διαφορική θερμική ανάλυση (Differential Thermal Analysis, DTA) και η διαφορική θερμιδομετρία σάρωσης (Differential Scanning Calorimetry, DSC)

[19]. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν η θερμοσταθμική και η διαφορική θερμική ανάλυση (TGA και DTA).

Η θερμοσταθμική ανάλυση, TGA, βασίζεται στην συνεχή καταγραφή της μάζας του δείγματος συναρτήσει της θερμοκρασίας ή του χρόνου και καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Το προκύπτον διάγραμμα της μεταβολής της μάζας συναρτήσει του χρόνου καλείται θερμογράφημα (thermogram) ή καμπύλη θερμικής διάσπασης (thermal decomposition curve). Η μεταβολή της μάζας που προκύπτει αφορά τόσο αντιδράσεις διάσπασης ή οξείδωσης όσο και φυσικές διεργασίες όπως εξάτμιση, εξάχνωση και εκρόφηση [19, 24].

Κατά την διαφορική θερμική ανάλυση, DTA, καταγράφεται η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ του δείγματος και ενός υλικού αναφοράς συναρτήσει της θερμοκρασίας. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το δείγμα και η ουσία αναφοράς να θερμαίνονται ομοιόμορφα με συγκεκριμένο θερμοκρασιακό πρόγραμμα. Η διαφορική θερμική ανάλυση παρακολουθεί τις ενεργειακές μεταβολές οι οποίες συνοδεύονται από μεταβολή της ενθαλπίας, χωρίς όμως να είναι αναγκαία και η μεταβολή της μάζας. Οι μεταβολές αυτές προκύπτουν κατά την πραγματοποίηση φυσικών διεργασιών ή χημικών μεταβολών. Μέσω της διαφορικής θερμικής ανάλυσης μελετάται η θερμική συμπεριφορά ουσιών και καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός των σημείων βρασμού, τήξεως και διάσπασης ουσιών [19, 24].

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζονται σχηματικά τα κύρια μέρη ενός θερμικού αναλυτή. Μία κλασική διάταξη αποτελείται από: (α) αναλυτικό ζυγό, (β) φούρνο, (γ) σύστημα διαβίβασης αερίου ώστε να εξασφαλίζεται αδρανής ή δραστική ατμόσφαιρα και (δ) ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του οποίου ελέγχονται οι παράμετροι διεξαγωγής των αναλύσεων αλλά και η καταγραφή/επεξεργασία των λαμβανόμενων σημάτων.



Σχήμα 6: Σχηματικό διάγραμμα διάταξης θερμικού αναλυτή [25].

3.3 Συνδυαστική χρονολόγηση των κονιαμάτων και επιχρισμάτων

Το μνημείο παρουσιάζει ένα έντονο ενδιαφέρον ως προς τις ιστορικές κατασκευαστικές φάσεις του, οι οποίες είναι αρκετές, ποικίλουν ως προς το βαθμό επέμβασης αν και οι περισσότερες αποτέλεσαν πιθανότατα απλές εργασίες συντήρησης και στερέωσης, παρά ριζικές τροποποιήσεις. Ωστόσο αυτές δεν είναι πλήρως τεκμηριωμένες ιστορικά, ενώ ακόμη πιο ασαφής είναι η χρονολόγηση των υλικών, βασικά των κονιαμάτων και των επιχρισμάτων.

Η προσπάθεια χρονολογικής κατάταξης που έγινε αποτελεί καρπό συνδυαστικής μελέτης της υπάρχουσας γνώσης για τα ιστορικά υλικά, των ιστορικών στοιχείων και των ιδιοτεροτήτων του συγκεκριμένου μνημείου και της ολιστικής ανάλυσης και αποτύπωσης της τεχνολογίας παρασκευής τους

Αφού τέθηκε μια βάση αποτελούμενη από όλη την ιστορική γνώση και ορισμένες παραδοχές που πρόέκυψαν, όλα τα δεδομένα που αποκτήθηκαν αξιολογούνται παράλληλα και συγκριτικά. Αυτή θεωρήθηκε η μόνη οδός, αν και αναγκαστικά πολύπλοκη, για να γίνουν οι ομαδοποιήσεις των κονιαμάτων και η χρονολόγησή τους με τρόπο αρκετά ασφαλή και –κυριότερα– επιστημονικά έγκυρο.

4. Πειραματικό μέρος

Τα κονιάματα-επιχρίσματα και λίθοι μελετήθηκαν αρχικά μακροσκοπικά και στη συνέχεια ακολούθησε η συστηματική μικροσκοπική, χημική, ορυκτολογική, και φυσικο-μηχανική μελέτη τους με τη βοήθεια κατάλληλων αναλυτικών τεχνικών.

Η ποιοτική χημική ανάλυση των δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο της υπέρυθρης φασματοσκοπίας (FTIR) και με την φθορισμομετρία ενεργειακής διασποράς ακτίνων Χ (XRD). Για την υπέρυθρη φασματοσκοπία χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένα δείγματα, ώστε σε συνδυασμό με την ανάλυση προτύπων δειγμάτων να εξαχθούν συμπεράσματα ποσοτικής ανάλυσης [1]. Για την ποσοτική χημική ανάλυση των δειγμάτων εφαρμόστηκε κατ' αρχάς η θερμική ανάλυση (DTA–TGA) με σκοπό τον προσδιορισμό των ανθρακικών συστατικών, και των χημικά ενωμένων υδροξυλίων (OH) και νερού (H₂O), που μετέπειτα αποτελούν τα βασικά συστατικά για την εκτίμηση των δεικτών υδραυλικότητας των κονιαμάτων, σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία [2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16,). Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των στοιχείων και ιχνοστοιχείων χρησιμοποιήθηκε επίσης η μέθοδος EDXRF: φθορισμομετρία ενεργειακής διασποράς ακτίνων Χ. Η ορυκτολογική σύσταση των κονιαμάτων-επιχρισμάτων επιβεβαιώθηκε μέσω της περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ (XRD). Με τις παραπάνω τεχνικές η χημική και ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων διασταυρώθηκαν και επιβεβαιώθηκαν.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση των κονιαμάτων-επιχρισμάτων προσδιορίστηκε τόσο με την χρήση κόσκινων (ASTM E 11-70, κόσκινα διαμέτρων 4.5, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 και 0.063 mm), όσο και μέσω της μικροσκοπικής μελέτης των δειγμάτων. Η μικροσκοπική μελέτη των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε: (α) σε αντιπροσωπευτικά τμήματά τους, και (β) σε στιλπνές τομές των αντιπροσωπευτικών τμημάτων, εγκυβωτισμένων σε ειδική ρητίνη, που παρασκευάστηκαν ειδικά στο Εργαστήριο, ώστε να υπάρξει η καλύτερη δυνατή μελέτη και διάκριση κονίας και αδρανών. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων της μικροσκοπικής μελέτης των κονιαμάτων παρουσιάζονται στα υποκεφάλαια 3.1 και 3.2.3 της παρούσης ερευνητικής εργασίας.

Μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης των δειγμάτων συντέθηκαν επισκευαστικά κονιάματα στο εργαστήριο. Τα προτεινόμενα κονιάματα-επιχρίσματα τα οποία συντέθηκαν στο εργαστήριο εξετάστηκαν ως προς τις μηχανικές τους αντοχές (αντοχές σε θλίψη,

κάμψη) και το μέτρο ελαστικότητας σύμφωνα με προτυποποιημένες δοκιμές. Επίσης πραγματοποιήθηκαν δοκιμές ως προς την απόχρωση του κονιάματος – επιχρίσματος, ώστε να προσδιοριστεί η κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα χρωστικής ουσίας που πρέπει να προστεθεί.

5. Αποτελέσματα και σχολιασμός τους

5.1 Μακροσκοπική περιγραφή των δειγμάτων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων καθώς και τα σημεία δειγματοληψίας τους.

1. Το επίχρισμα ΦΡ1Ε (Σχήμα 7) συλλέχθηκε από το νότιο τοίχο του ΝΑ πύργου του φρουρίου και είναι εκτεθειμένο σε θάλασσα και ανέμους. Σώζεται σε μια συνεχή ζώνη στο νότιο τοίχο του ΝΑ πύργου. Κάτω και πάνω από αυτή έχει διαβρωθεί πλήρως. Στα λιγότερο διαβρωμένα σημεία μπορεί να παρατηρηθεί πιθανότατα το «δούλεμα» με το εργαλείο κατά την εφαρμογή του επιχρίσματος.

Έχει απόχρωση ώχρας και εμφανείς μεγάλους πόρους ή έγκοιλα. Με γυμνό μάτι ελέγχεται μια ισοκατανομή κονίας και λεπτόκοκκων αδρανών με σχετική διαφοροποίηση μεγέθους. Δε μπορεί να παρατηρηθεί η χρήση κεραμικού στο κονίαμα. Στο πίσω μέρος βρίσκεται σε πρόσφυση με το προηγούμενο στρώμα επιχρίσματος.



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 7: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ1Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

2. Το επίχρισμα ΦΡ2Ε (Σχήμα 8) προέρχεται από τη γωνία του ίδιου τοίχου με το ΦΡ1Ε. Αν δεν πρόκειται για το ίδιο ακριβώς κονίαμα, τότε σίγουρα είναι πολύ παραπλήσιο, αφού ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις με τις παραπάνω. Και τα υλικά φαίνονται να είναι τα ίδια, με τη μακροσκοπική παρατήρηση.



(α)



(β)



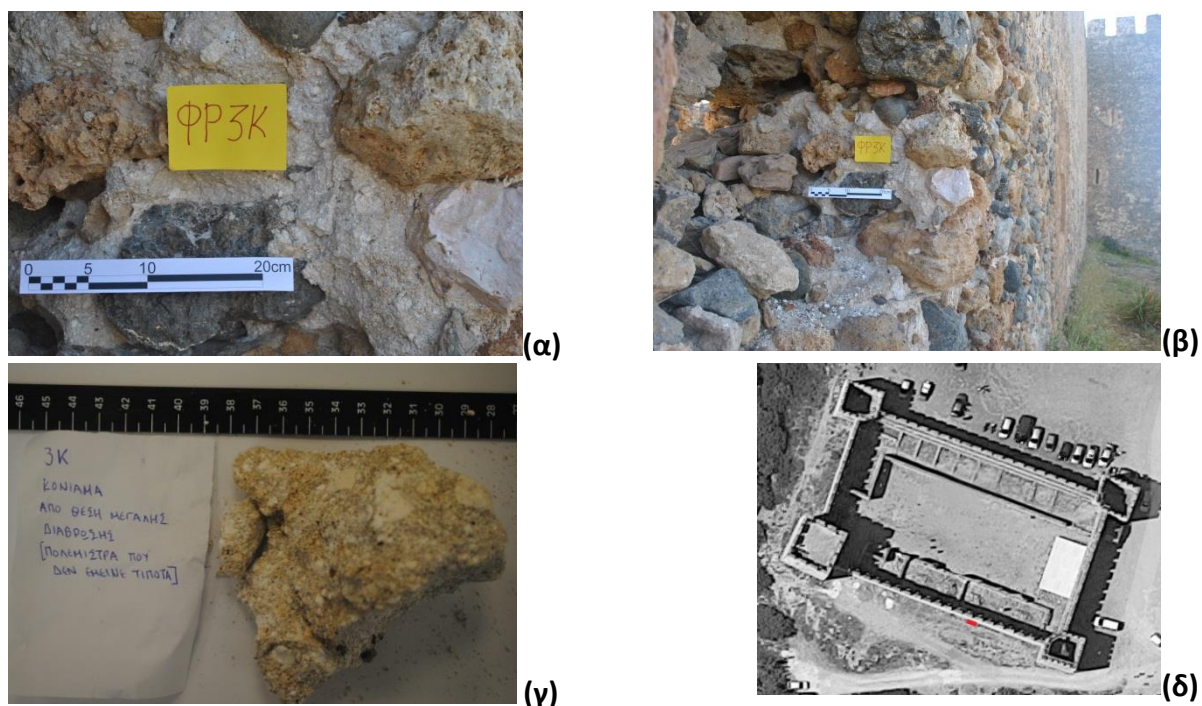
(γ)



(δ)

Σχήμα 8: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ2Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

3. Το δείγμα **ΦΡ3Κ** (Σχήμα 9) πρόκειται για συνδετικό κονίαμα της τοιχοποιίας σε σημείο με μεγάλη φθορά σε πολεμίστρα του νότιου τοίχου του φρουρίου. Παρουσιάζει πολύ λευκό χρώμα, που πιθανώς οφείλεται σε μεγάλη ποσότητα ασβέστη. Μπορεί να υποτεθεί πως πρόκειται για το αυθεντικό ενετικό κονίαμα λόγω της εμφάνισής του. Σε μοναδικό σημείο φαίνεται εγκλωβισμένο θραύσμα κεραμικού περίπου 2,7 χιλιοστών.



Σχήμα 9: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ3Κ: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος κονιάματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

4. Το δείγμα **ΦΡ4Λ** (Σχήμα 10) πρόκειται για λίθο που βρίσκεται σε πρόσφυση με το κονίαμα ΦΡ3Κ και χρωματικά μοιάζει με τα αδρανή που περιέχονται σε αυτό. Το πέτρωμα αυτό όμως δε μοιάζει με το υλικό της υπόλοιπης τοιχοποιίας και εντοπίζεται μόνο σε αυτό το σημείο (επιφανειακά τουλάχιστον). Μοιάζει να έχει συμπαγή δομή χωρίς μακροπορώδες.



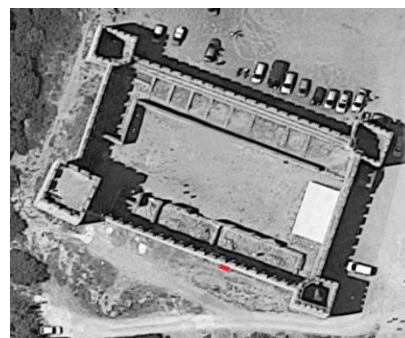
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 10: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ4Λ: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος δείγματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

5. Το δείγμα **ΦΡ5Κ** (Σχήμα 11) είναι τσιμεντιτικό κονίαμα που προφανώς είναι μεταγενέστερο και εφαρμόστηκε σε επισκευαστικές εργασίες. Συλλέχθηκε από το μέσο του νοτίου τοίχου, αλλά το ίδιο κονίαμα- αρμολόγημα εντοπίζεται και σε άλλα σημεία στο φρούριο, όπως και στον εσωτερικό αποκατεστημένο χαμηλό τοίχο των εντός του φρουρίου κτισμάτων. Ωστόσο είναι ιδιαίτερα εύθρυπτο. Παρατηρούνται αρκετά αδρανή μέσου μεγέθους. Επίσης είναι εμφανής μια μικρή κατανομή κεραμικών θραυσμάτων μεγέθους 0,4 -1 χιλ.



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 11: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ5Κ: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος κονιάματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

6. Το επίχρισμα **ΦΡ6Ε** (Σχήμα 12) αφορά σε λεπτό επίχρισμα, σπαράγματα του οποίου σώζονται στο δυτικό τοίχο του ΝΔ πύργου. Γειτνιάζει άμεσα με κάποια τσιμεντιτικά επιχρίσματα νεότερης επέμβασης. Φέρει χρωματισμούς ώχρας, ενώ σε σημεία διακρίνεται η διαστρωμάτωση με την τελική επίστρωση από σχεδόν καθαρό ασβέστη. Από τη μικρή ποσότητα δείγματος, παρατηρείται πιθανώς μεγάλη ποσότητα κονίας, αλλά και δείγματα λεπτών κόκκων κεραμικού.



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 12: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ6Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

7. Το επίχρισμα ΦΡ7Ε (Σχήμα 13) συλλέχθηκε από το δυτικό τοίχο και έχει χρωματισμούς ώχρας, ανομοιομορφους. Παρατηρείται με γυμνό μάτι και θραύσμα κεραμικού που πρέπει να διερευνηθεί εάν αποτελεί τυχαίο εύρημα ή εάν υπάρχει στη σύσταση του κονιάματος. Στην επιφάνεια υπάρχει λεπτή κρούστα χρώματος ώχρας.



(α)



(β)



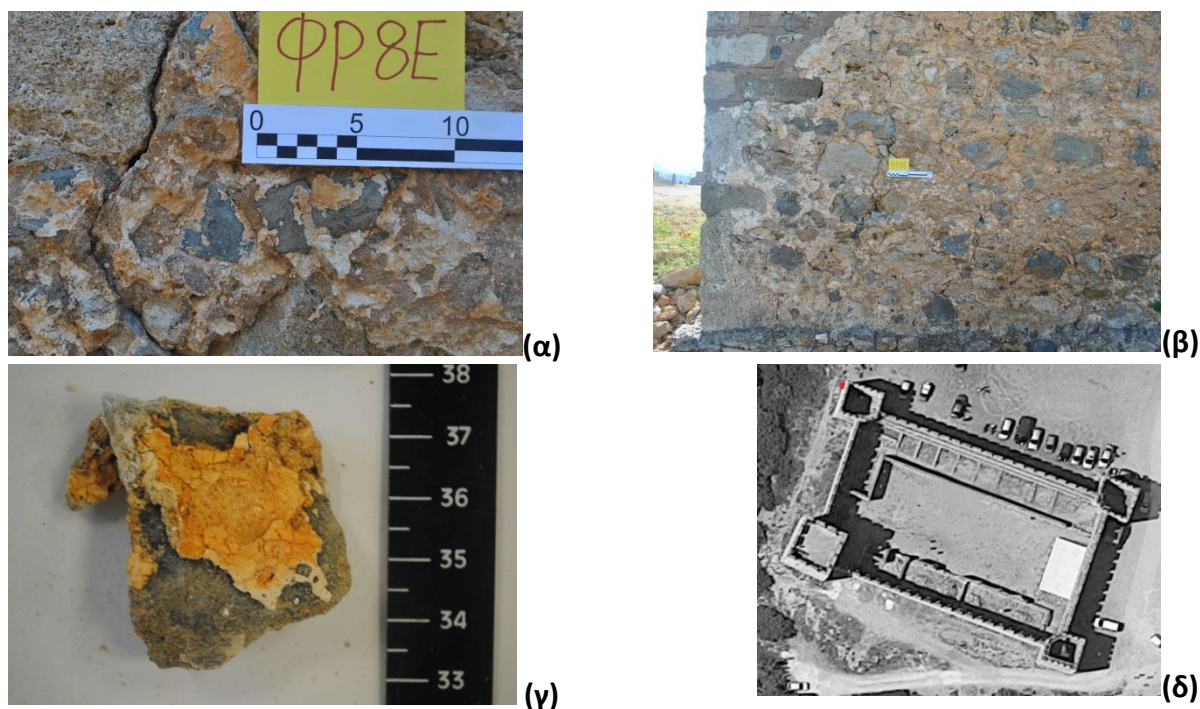
(γ)



(δ)

Σχήμα 13: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ7Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

8. Το επίχρισμα ΦΡ8Ε (Σχήμα 14) είναι μια πολύ λεπτή στρώση ασβεστοκονιάματος όπου μια τομή θα έδειχνε καθαρότερα πως το χρώμα ώχρας είναι το τελικό χρώμα που έχει προστεθεί και έχει προσροφηθεί από τον ασβέστη. Σώζεται σε αποσπασματικά σημεία στο εξωτερικό δυτικό τοίχο του ΒΔ πύργου και έχει υποστεί πολλές ρηγματώσεις. Βρίσκεται στην επιφάνεια μικρού λίθου που μάλλον χρησιμοποιήθηκε επιπροσθέτως ώστε να καλύψει την ανωμαλία της επιφάνειας της τοιχοποιίας.



Σχήμα 14: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ8Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

9. Το επίχρισμα **ΦΡ9Ε** (Σχήμα 15) γειτνιάζει με το ΦΡ8Ε, έχει χρώμα καστανέρυθρο με λεπτόκοκκη άμμο (<1,5χιλ) και σπαράγματα του τελικού χρώματος ώχρας. Δε φαίνεται με γυμνό μάτι χρήση κεραμικών, παρά μόνο αποσπασματικά σε τμήμα του προηγούμενου στρώματος κονιάματος που αποσπάστηκε μαζί.



(α)



(β)



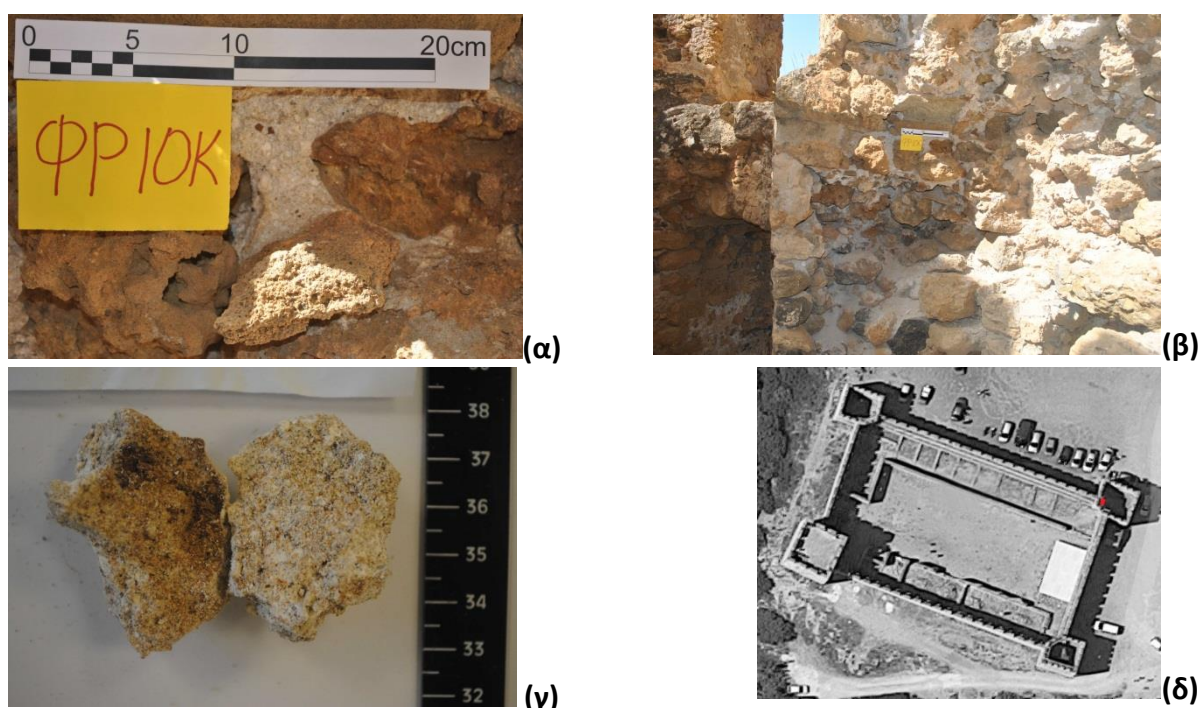
(γ)



(δ)

Σχήμα 15: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ9Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

10. Το κονίαμα ΦΡ10Κ (Σχήμα 16) συλλέχθηκε έντονα κατεστραμμένο σημείο στο εσωτερικό του ΒΑ πύργου. έχει με μεγάλες λευκές κηλίδες που (πιθανότατα είναι ασβέστης), άμμο (έως 2,5χιλ), λίγα μεγαλύτερα καστανά αδρανή μάλλον ψαμμιτικά (περ. 4χιλ.) και διάσπαρτα θραύσματα κεραμικού (έως 2χιλ). Σε σχέση με το ΦΡ3Κ, το κονίαμα αυτό έχει μικρότερο λόγο κονίας προς αδρανή και με την έως τώρα παρατήρηση μεγαλύτερο εύρος υλικών και κοκκομετρίας των αδρανών. Σε αρκετά επιφανειακά σημεία παρουσιάζει εκτενείς μαύρες βιολογικές κρούστες. Επίσης σε αρκετά σημεία έχει χρωματισμούς καφε-κίτρινους που μοιάζουν με τους γειτονικούς ψαμμιτικούς λίθους της τοιχοποιίας.



Σχήμα 16: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ10Κ: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος κονιάματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

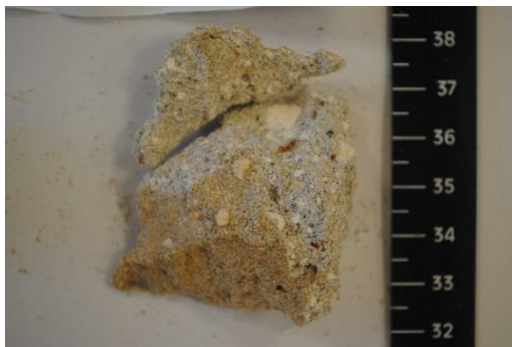
11. Το κονίαμα ΦΡ11Κ (Σχήμα 17) ομοιάζει με το ΦΡ10Κ και δεν υπάρχουν περαιτέρω παρατηρήσεις. Η γειννίαση των δειγμάτων είναι ενδεικτική (εσωτερικό ΒΑ πύργου).



(α)



(β)



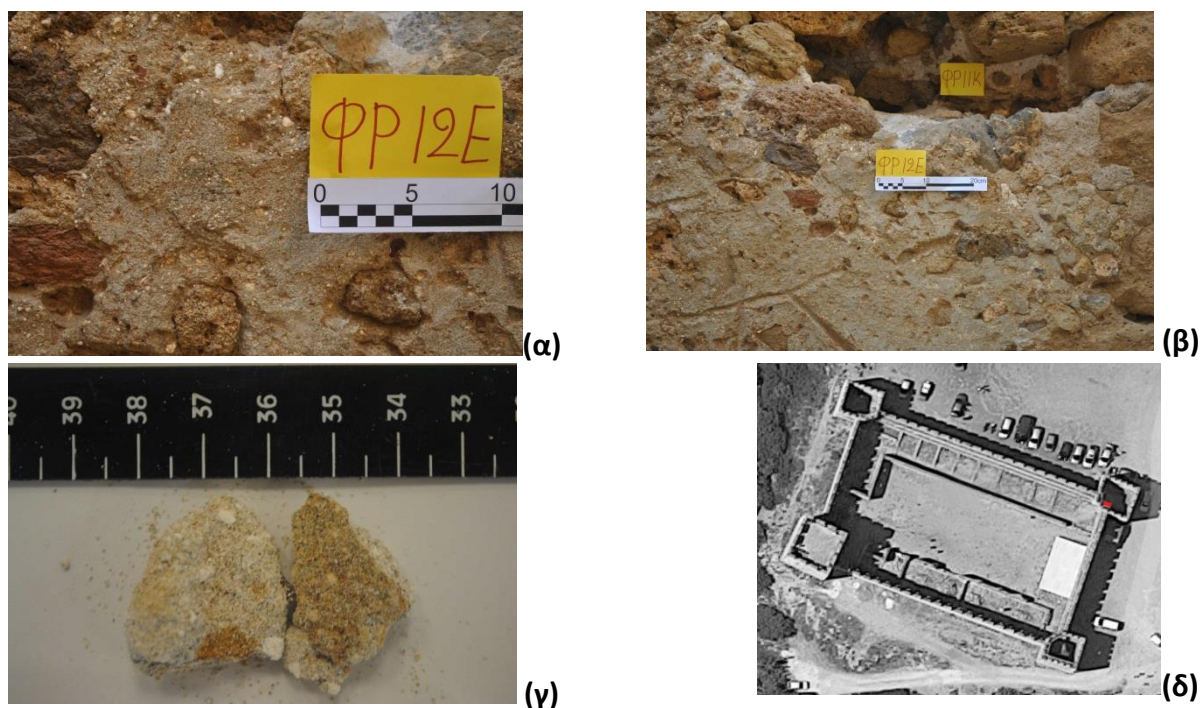
(γ)



(δ)

Σχήμα 17: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ11Κ: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος κονιάματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

12. Το επίχρισμα ΦΡ12Ε (Σχήμα 18) μακροσκοπικά φαίνεται να παρουσιάζει ποικιλία και αρκετό εύρος μεγέθους αδρανών (λευκά, μάλλον ασβεστολιθικά και άμμο). Παρόμοιο επίχρισμα βρίσκεται στα εσωτερικά των πύργων του κτηρίου και μάλλον είναι οθωμανικής ή νεότερης επέμβασης, εάν κρίνουμε από την σχετικά καλή κατάσταση διατήρησής του.



Σχήμα 18: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ12Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

13. Το δείγμα **ΦΡ13Κ** (Σχήμα 19) συλλέχθηκε από σωρό υλικών πλησίον της εισόδου του ΒΔ πύργου. Πρόκειται για λευκό ασβεστολιθικό πέτρωμα σε πρόσφυση με κονίαμα, με συμπαγή δομή. Η θέση όπου βρέθηκε και το γεγονός πως δεν ταυτοποιείται με κάποιο άλλο σωζόμενο κονίαμα στο κτήριο, κάνουν τη μελέτη του προβληματική.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 19: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ13Κ: (α) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος κονιάματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

14. Το δείγμα **ΦΡ14ΚΕΡ** (Σχήμα 20) είναι θραύσμα κεραμικού στοιχείου το οποίο όμως μοιάζει πολύ λεπτό για να ήταν δομικός πλίνθος. Συλλέχθηκε από την ίδια σωρό υλικών με το ΦΡ13Κ. Έχει κυρίως σκουρόχρωμα αλλά και λίγα ανοιχτόχρωμα αδρανή. Περιβάλλεται από ένδειξης ανάπτυξης βιολογικών παραγόντων και φθορά εκφυλλισμού στη μία όψη.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 20: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ14ΚΕΡ: (α) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος δείγματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

15. Το κονίαμα ΦΡ15Κ (Σχήμα 21) λήφθηκε από μεγάλο βάθος στο εσωτερικό του ΒΔ πύργου. Έχει αρκετά μεγάλα αδρανή ασβεστολιθικά (έως 6 αλλά και 16 χιλιοστά), ένα ψαμμιτικό 3,5 χιλιοστών, ενώ τα λεπτόκοκκά του είναι θαλάσσια, όλων των χρωματισμών. Ο λόγος κονίας προς αδρανή φαίνεται να είναι ο μικρότερος από όλα τα προηγούμενα κονιάματα. Δεν παρατηρείται καθόλου χρήση κεραμικού.



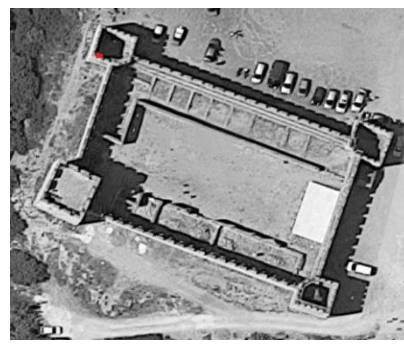
(α)



(β)



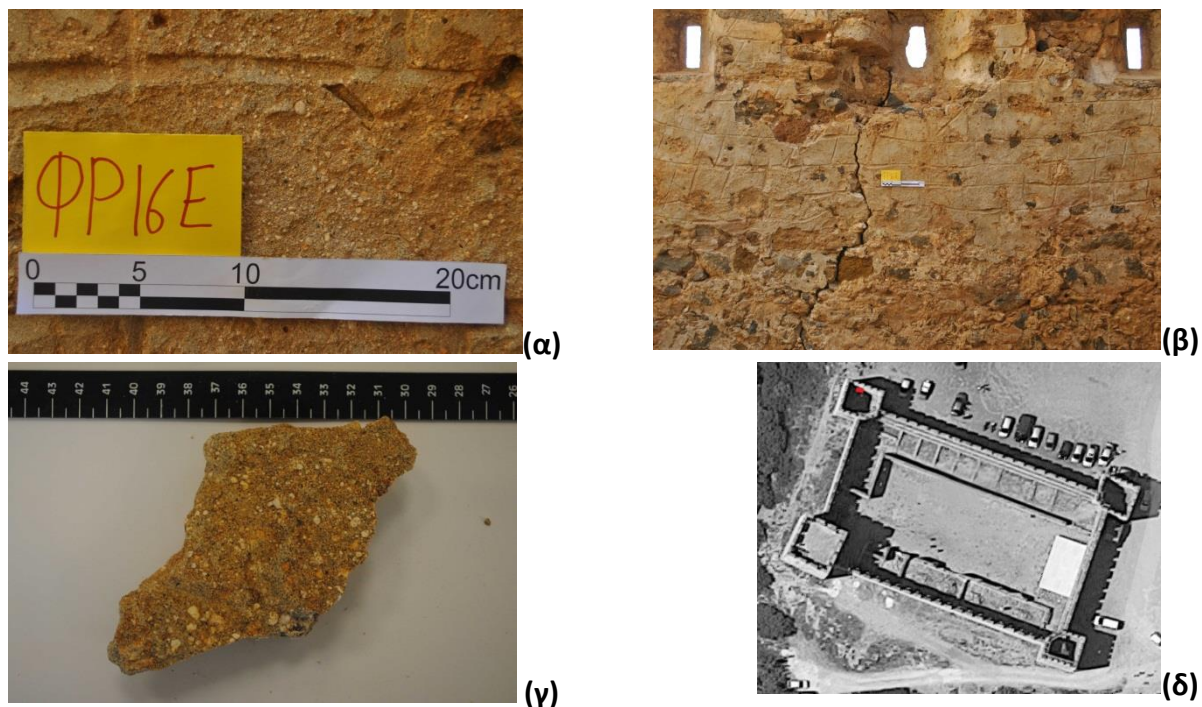
(γ)



(δ)

Σχήμα 21: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ15Κ: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος κονιάματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

16. Το επίχρισμα **ΦΡ16Ε** (Σχήμα 22) σώζεται στο εσωτερικό του ΒΔ πύργου, καθώς και σε άλλους τοίχους του εσωτερικού του φρουρίου. Επίχρισμα με χρήση πιθανώς αρκετών μεσόκοκκων ασβεστολιθικών αδρανών και πολύ λίγα θραύσματα κεραμικού. Στην επιφάνεια έχει χρωματισμό ώχρας. Στο σημείο δειγματοληψίας φαίνεται καθαρά και ένα μοτίβο που σχηματίστηκε στην επιφάνεια του επιχρισμένου τοίχου, κατά την εφαρμογή αυτού, το οποίο μάλιστα παραπέμπει άμεσα στο ΦΡ12Ε.



Σχήμα 22: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ16Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

17. Το επίχρισμα ΦΡ17Ε (Σχήμα 23) συλλέχθηκε επίσης από το εσωτερικό του ΒΔ πύργου. Το δείγμα έχει ένα παρόμοιο χαρακτηριστικό μοτίβο με το ΦΡ16Ε και το ΦΡ12Ε, γενικά ομοιάζει πολύ, όμως το επίχρισμά αυτό παρουσιάζει χρωματισμούς ερυθρότερους, ενώ διακρίνονται και εξωτερική λεπτή τελική επίστρωση.



(α)



(β)



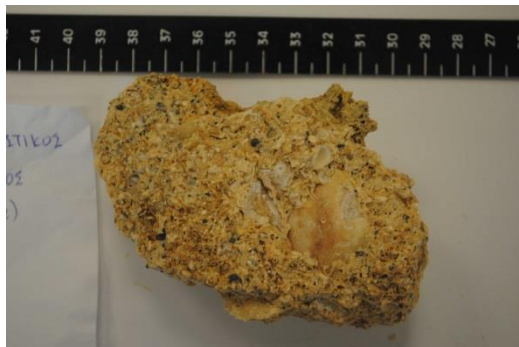
(γ)



(δ)

Σχήμα 23: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ17Ε: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

18. Το δείγμα **ΦΡ18Λ** (Σχήμα 24) συλλέχθηκε πεσμένο από το εσωτερικό του ΝΔ πύργου. Ο λίθος έχει πολύ συνεκτική δομή και μεγάλη ποικιλία υλικών και μεγεθών. Επίσης λίθοι του ίδιου πετρώματος εντοπίζονται και σε άλλα σημεία της τοιχοποιίας.



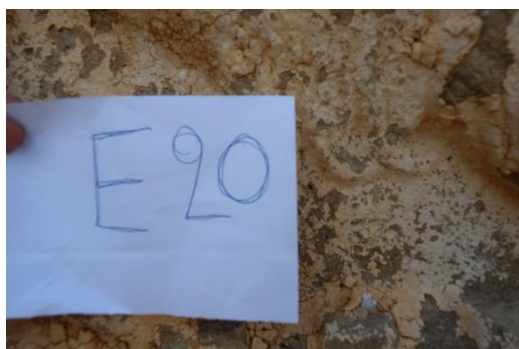
(α)



(β)

Σχήμα 24: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ18Λ: (α) ληφθέντος λίθου και (β) θέσης στο υπόμνημα.

19. Το επίχρισμα **ΦΡLeonE** (Σχήμα 25) συλλέχθηκε εκ των υστέρων από τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Σκουτέλη από το σημείο όπου απουσιάζει το υπέρθυρο της νότιας πύλης του φρουρίου. Παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα χρωματικά αλλά και στην υφή με τα επιχρίσματα ΦΡ6Ε και ΦΡ7Ε.



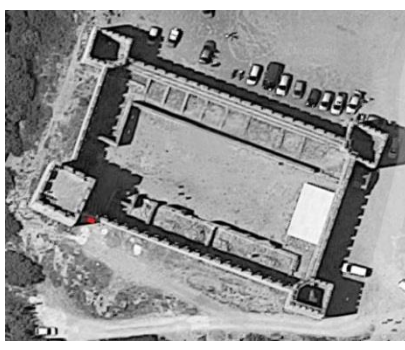
(α)



(β)



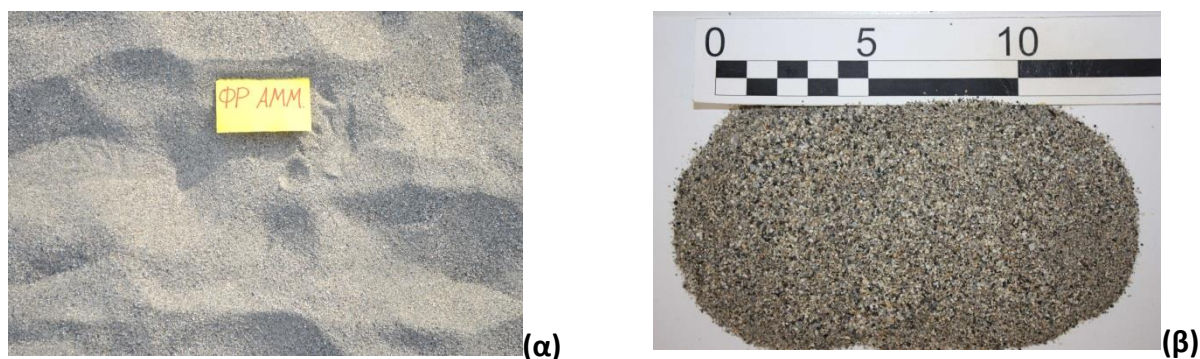
(γ)



(δ)

Σχήμα 25: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡLeonE: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος (β) ληφθέντος επιχρίσματος και (γ) θέσης στο υπόμνημα.

20. Το δείγμα **ΦΡ ΑΜΜ** (Σχήμα 26) είναι θαλάσσια άμμος από την παραλία του Φραγκοκάστελλου, ακριβώς κάτω από το φρούριο. Το δείγμα λήφθηκε ώστε να εξεταστεί η εντοπιότητα της άμμου που χρησιμοποιήθηκε στα κονιάματα και τα επιχρίσματα.

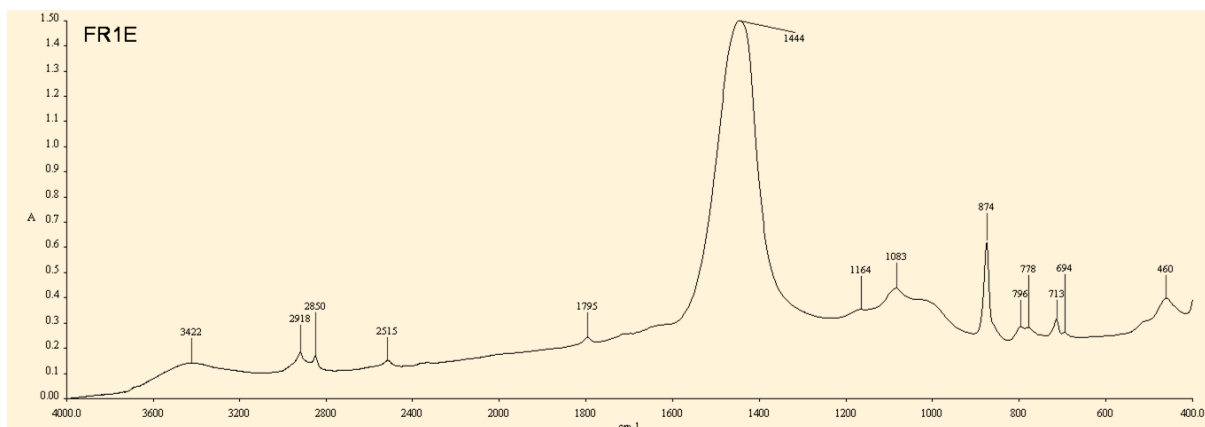


Σχήμα 26: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος ΦΡ ΑΜΜ: (α) σημείου δειγματοληψίας δείγματος και (β) ληφθείσας άμμου.

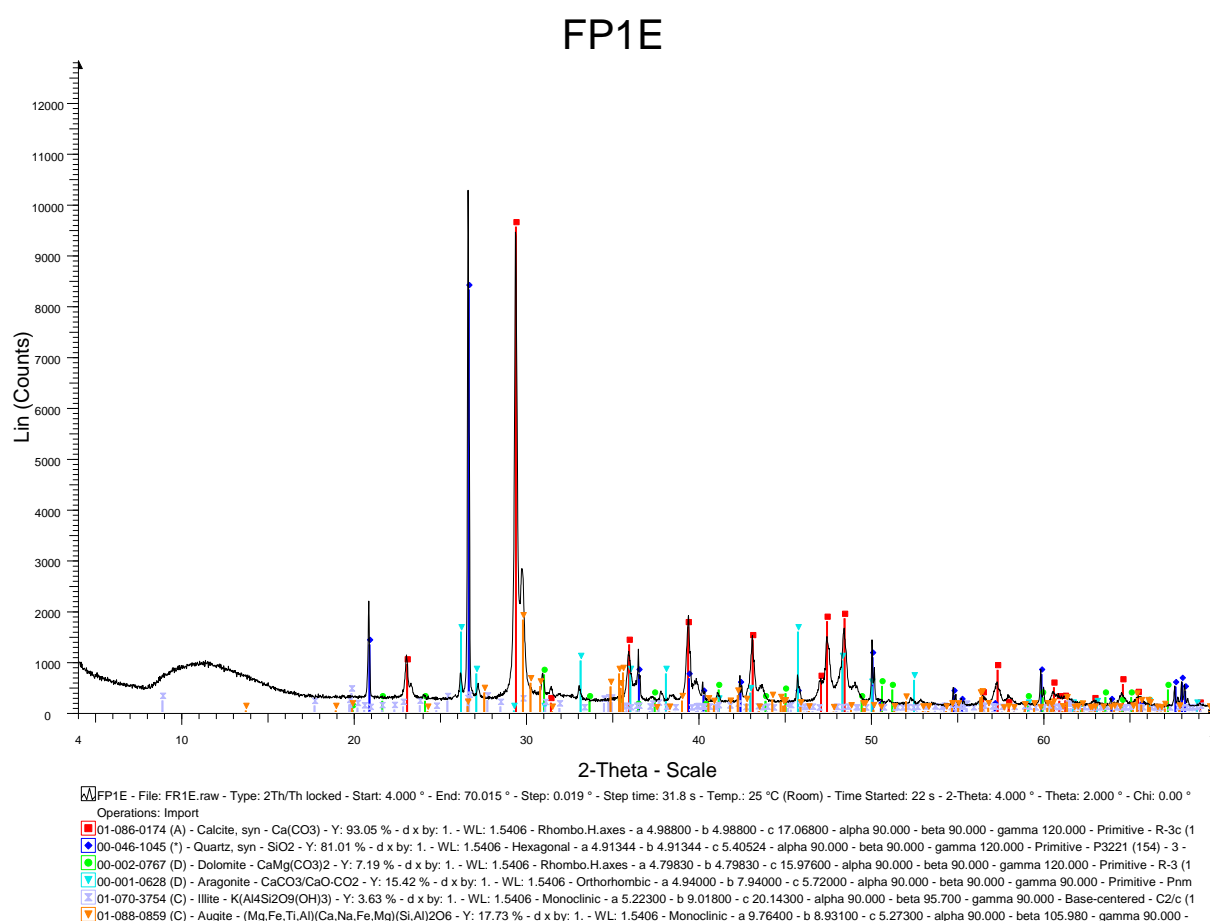
5.2 Χημική και ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ποιοτικής και στοιχειακής ανάλυσης των δειγμάτων με FTIR και EDXRF, καθώς και της ορυκτολογικής με XRD των κονιαμάτων-επιχρισμάτων.

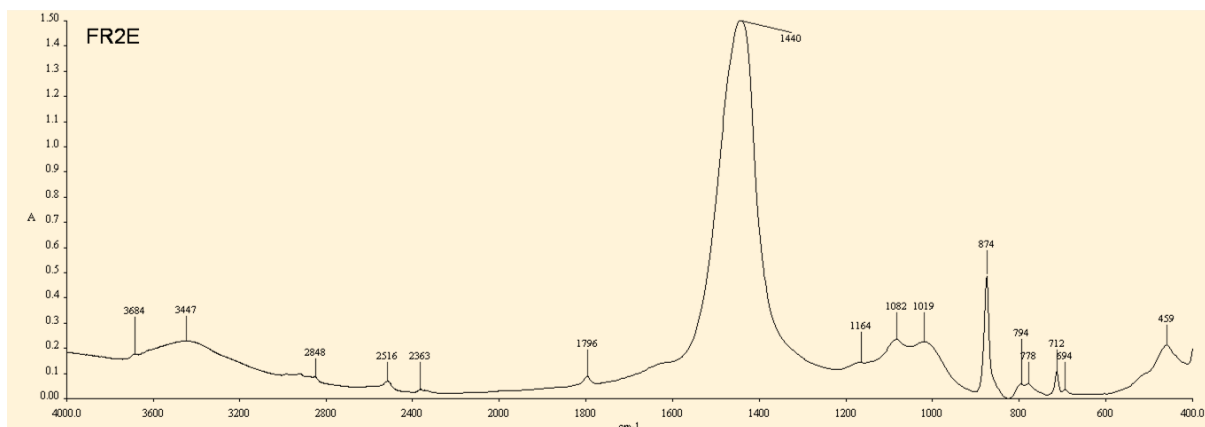
Στα Σχήματα 27 έως και 69 παρουσιάζονται τα φάσματα FTIR και τα διαγράμματα XRD των κονιαμάτων-επιχρισμάτων. Όπως φαίνεται από τη μελέτη των φασμάτων FTIR, τα κονιάματα-επιχρίσματα είναι κυρίως ασβεστιτικής φύσεως, αλλά είναι έντονη και η παρουσία αργιλοπυριτικών συστατικών. Ειδικότερα, οι κορυφές 2514 , 1798 cm^{-1} , οι φασματικές περιοχές 1420 έως 1490 cm^{-1} , και 874 και 712 cm^{-1} αφορούν ασβεστιτικής σύστασης δείγματα, ενώ οι κορυφές των πυριτικών φαίνονται στα 1081 και 469 cm^{-1} . Στα κονιάματα ΦΡ10Κ, ΦΡ11Κ, ΦΡ13Κ, ΦΡ12Ε ΚΑΙ ΦΡ16Ε γίνεται αντιληπτή η παρουσία γύψου με τις χαρακτηριστικές κορυφές του στα: 3584 - 3482 , 1620 - 1626 , 1159 - 1153 και 673 - 660 cm^{-1} . Η ύπαρξη γύψου δεν αποδίδεται σε δευτερογενείς αντιδράσεις σχηματισμού από την αλληλοεπίδραση των αλάτων με τη θάλασσα. Αυτό συνδυάζεται και από το γεγονός ότι γύψος εντοπίστηκε σε κονιάματα που βρέθηκαν στο εσωτερικό, ενώ τα εκτεθειμένα στη θάλασσα του εξωτερικού νοτίου τοίχου δεν περιείχαν γύψο. Επομένως αποδίδεται ως συστατικό της κονίας, η οποία εικάζουμε πως προήλθε από τοπικά μη καθαρά ασβεστολιθικά που περιέχουν και γύψο.



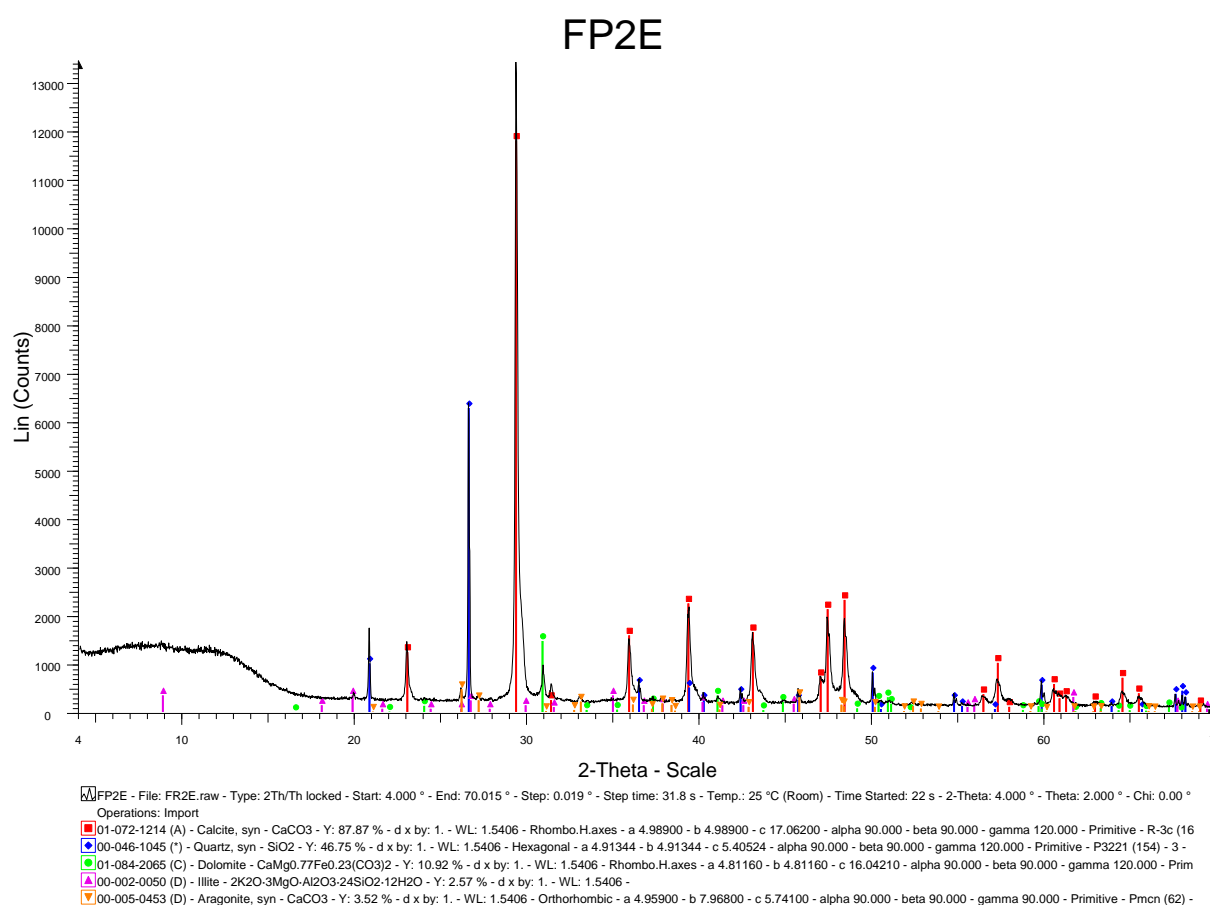
Σχήμα 27: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ1Ε.



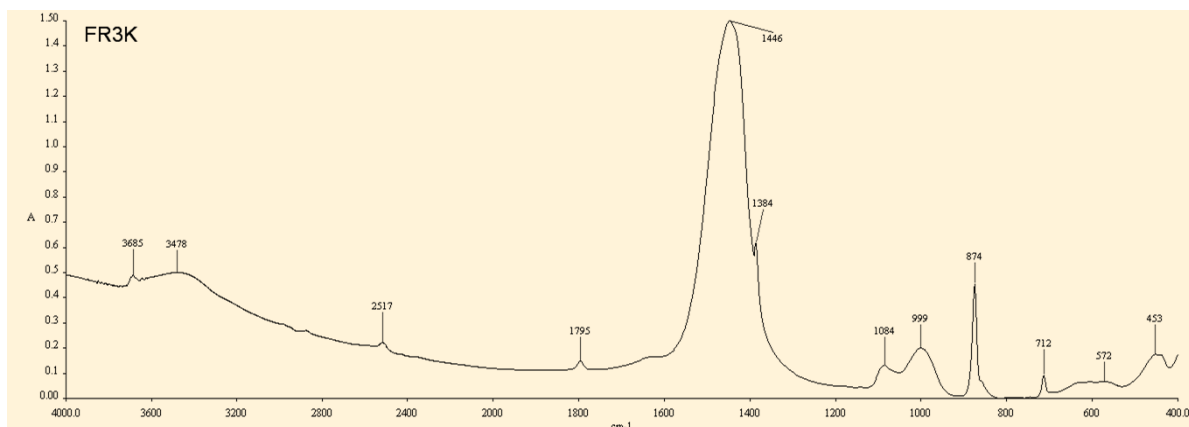
Σχήμα 28: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ1Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



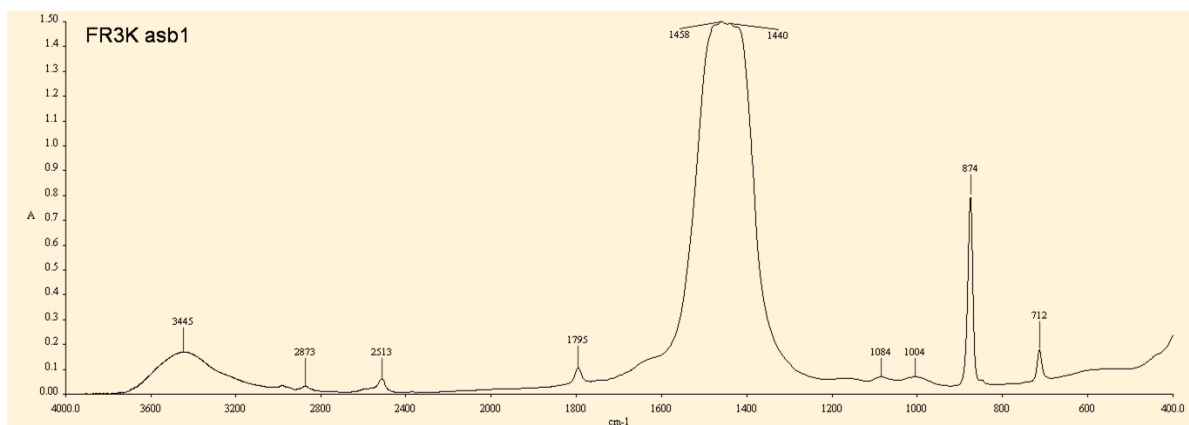
Σχήμα 29: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ2Ε



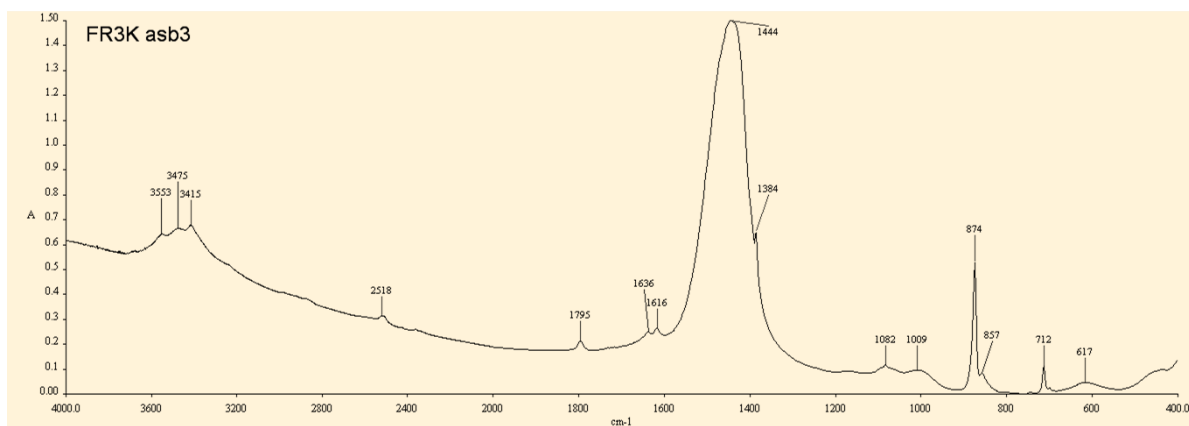
Σχήμα 30: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ2Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



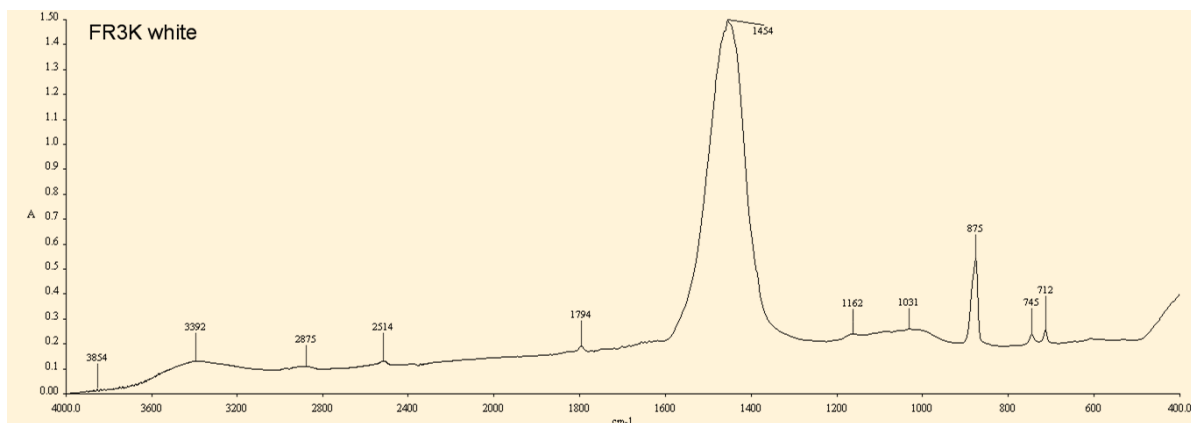
Σχήμα 31: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του κονιάματος ΦΡ3Κ.



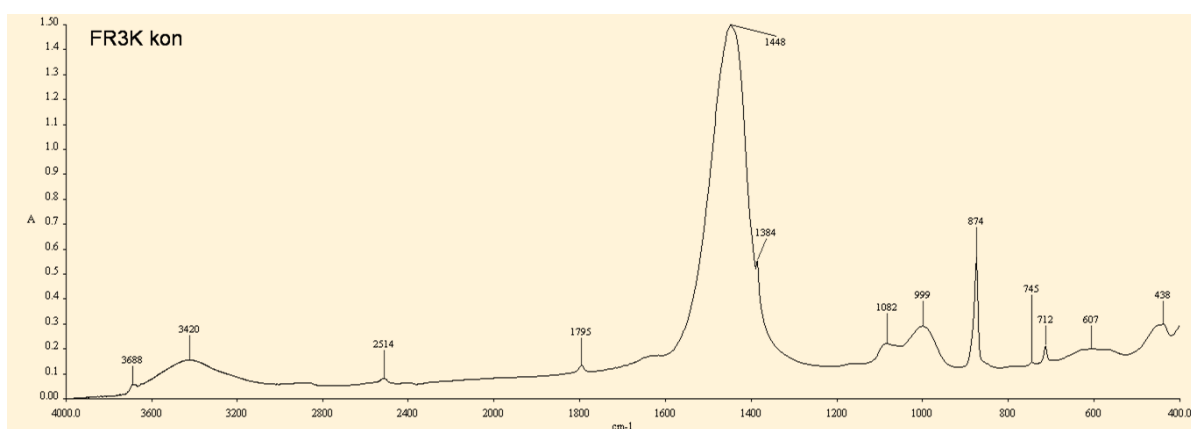
Σχήμα 32: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) λευκού τμήματος “αβ.1” του κονιάματος ΦΡ3Κ.



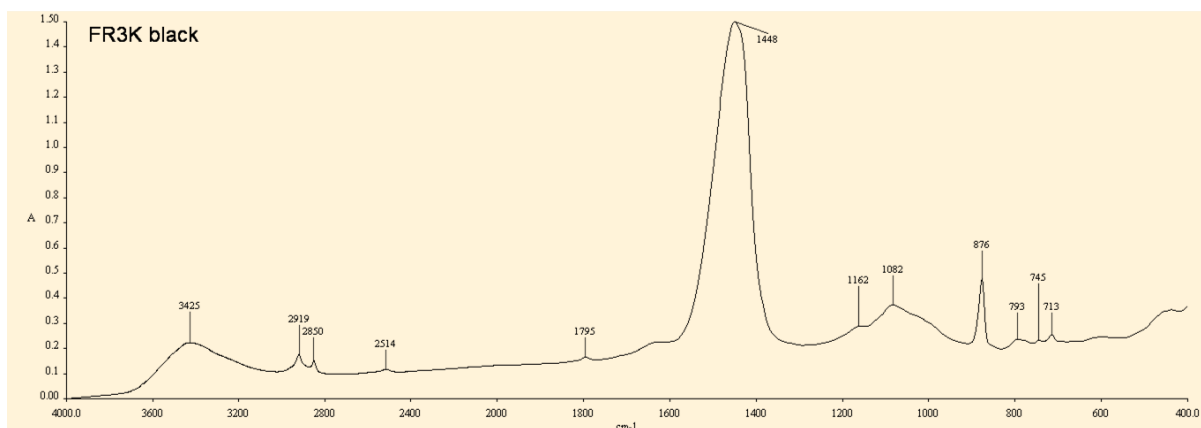
Σχήμα 33: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) λευκού τμήματος “αβ.3” του κονιάματος ΦΡ3Κ.



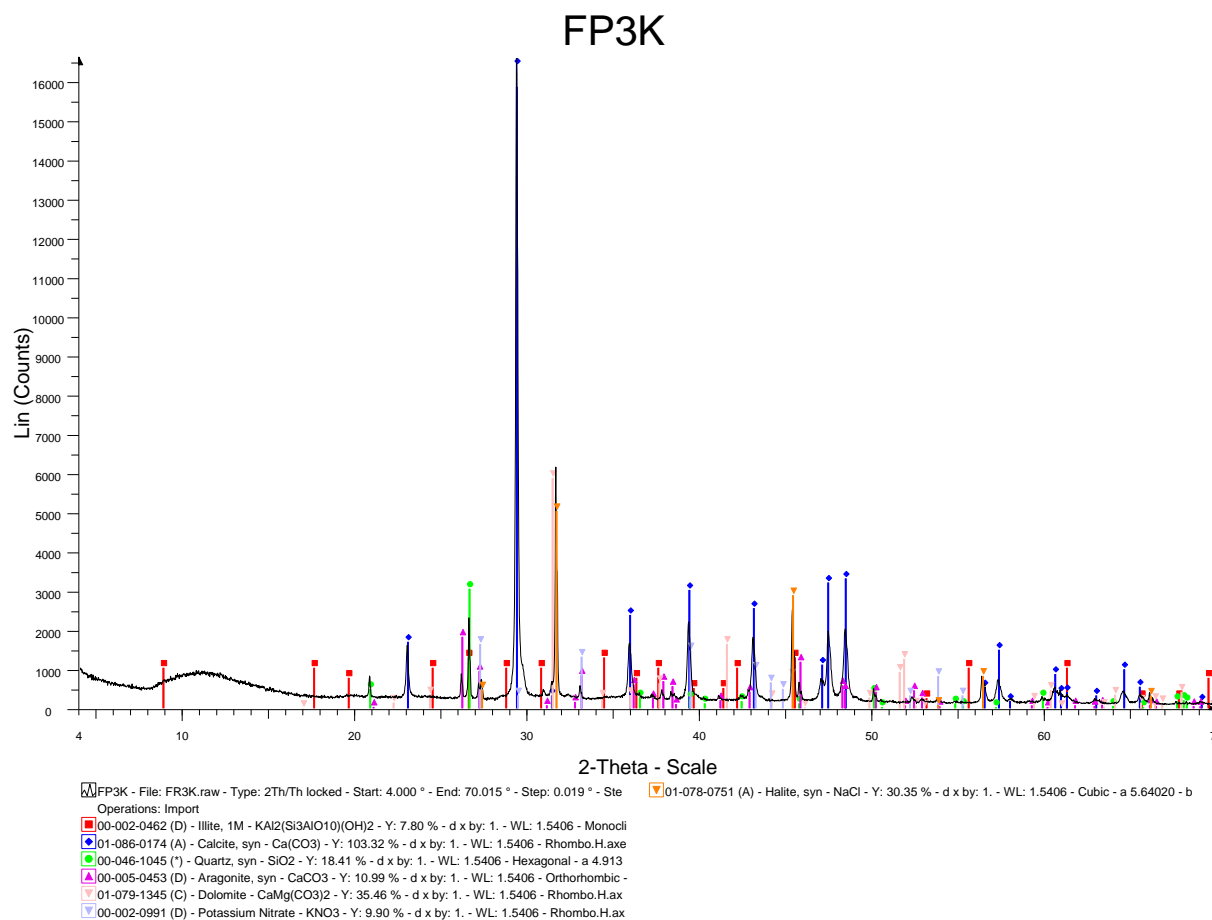
Σχήμα 34: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) λευκού αδρανούς του κονιάματος ΦΡ3Κ.



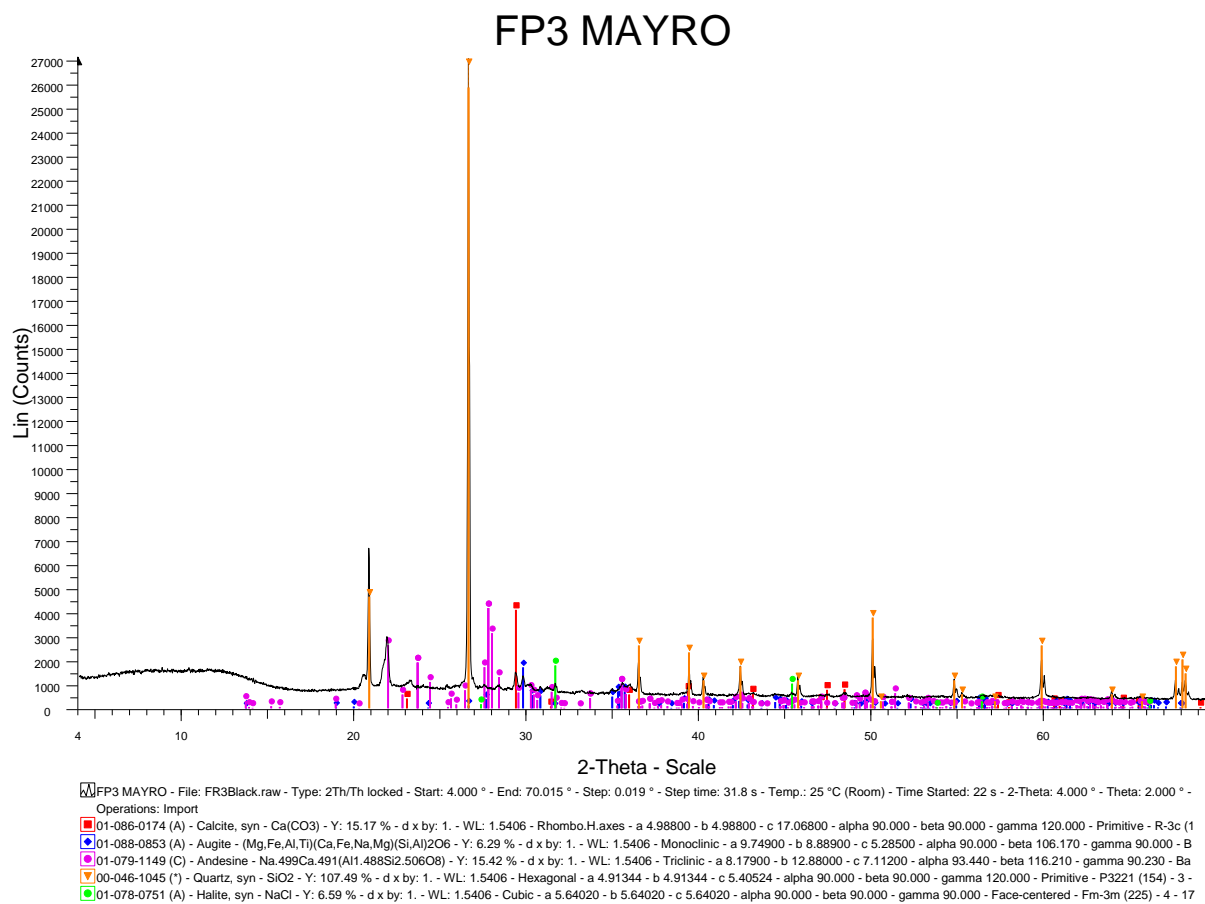
Σχήμα 35: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) της κονιάς (παιπάλης) του κονιάματος ΦΡ3Κ.



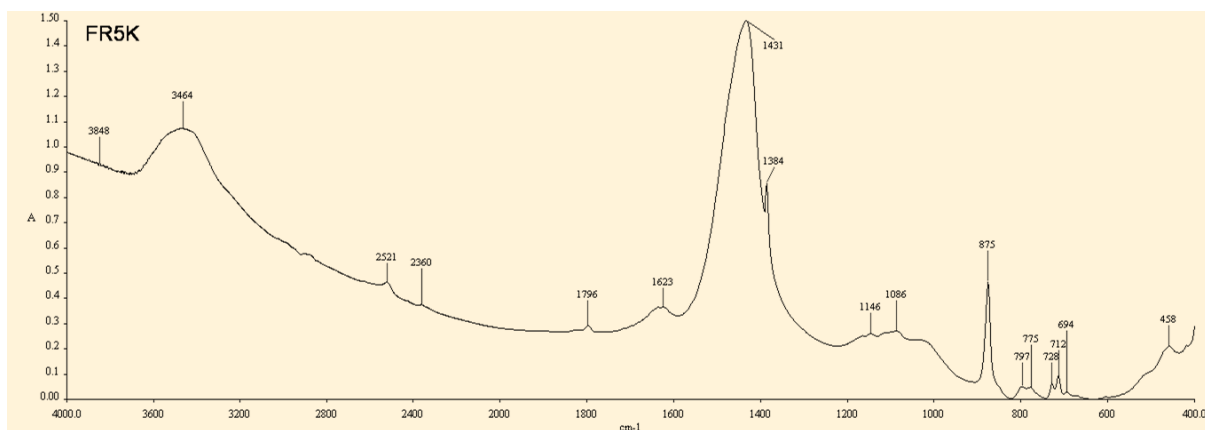
Σχήμα 36: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) μαύρου αδρανούς του κονιάματος ΦΡ3Κ.



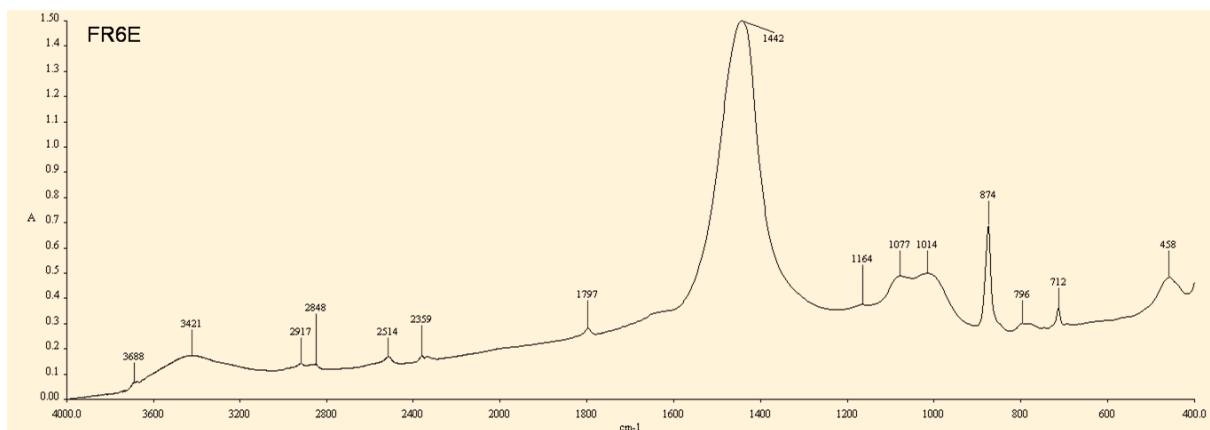
Σχήμα 37: Ανάλυση του κονιάματος ΦΡ3Κ με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



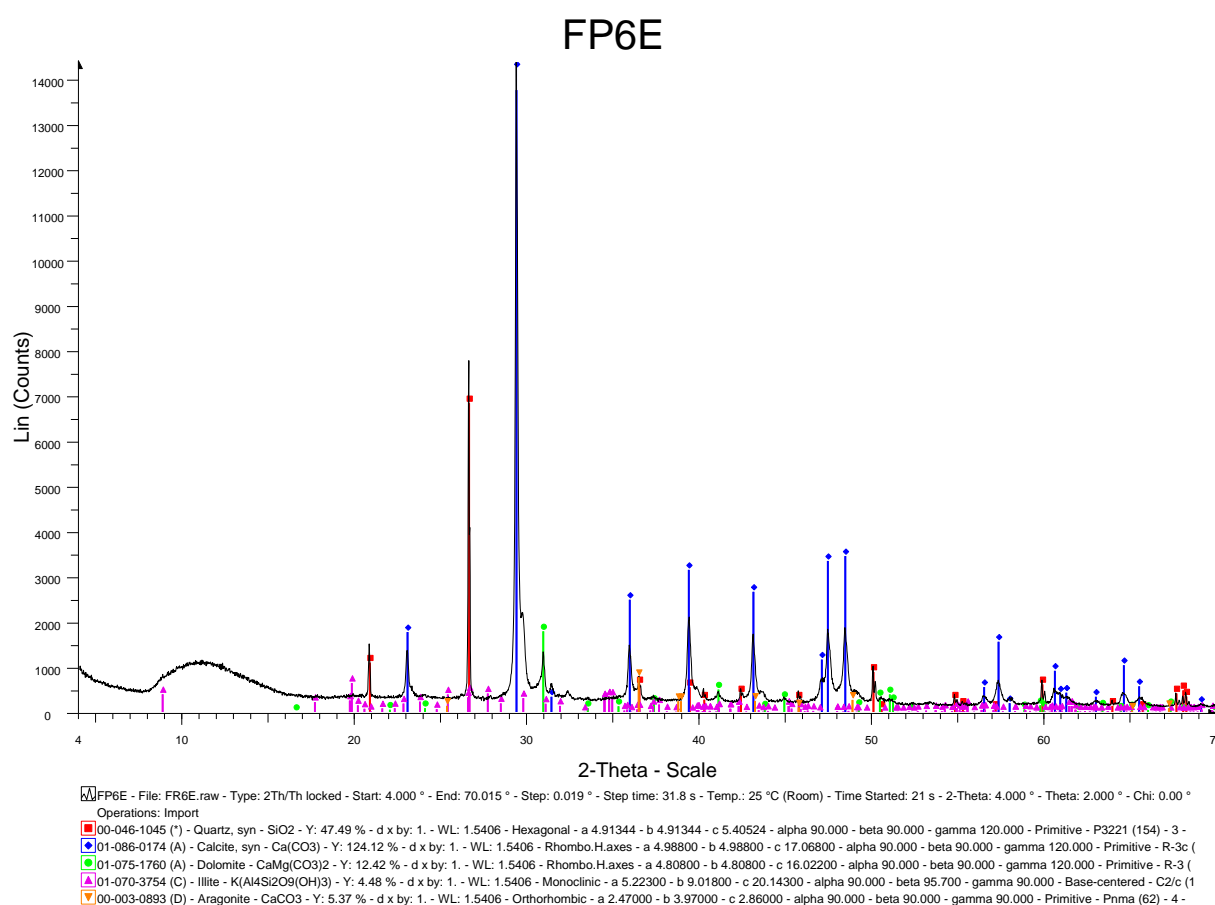
Σχήμα 38: Ανάλυση του μαύρου αδρανούς του κονιάματος ΦΡ3Κ με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



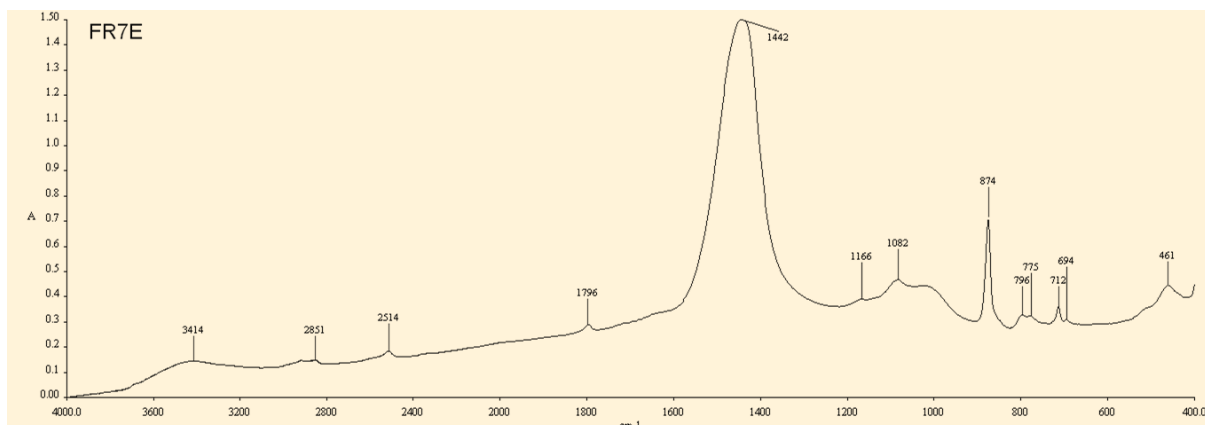
Σχήμα 39: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του κονιάματος ΦΡ5Κ.



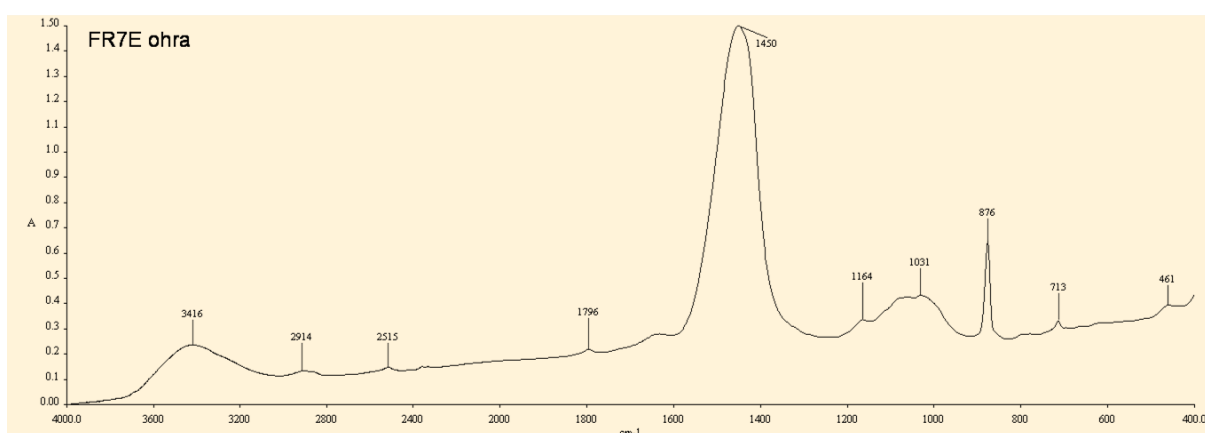
Σχήμα 40: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ6Ε.



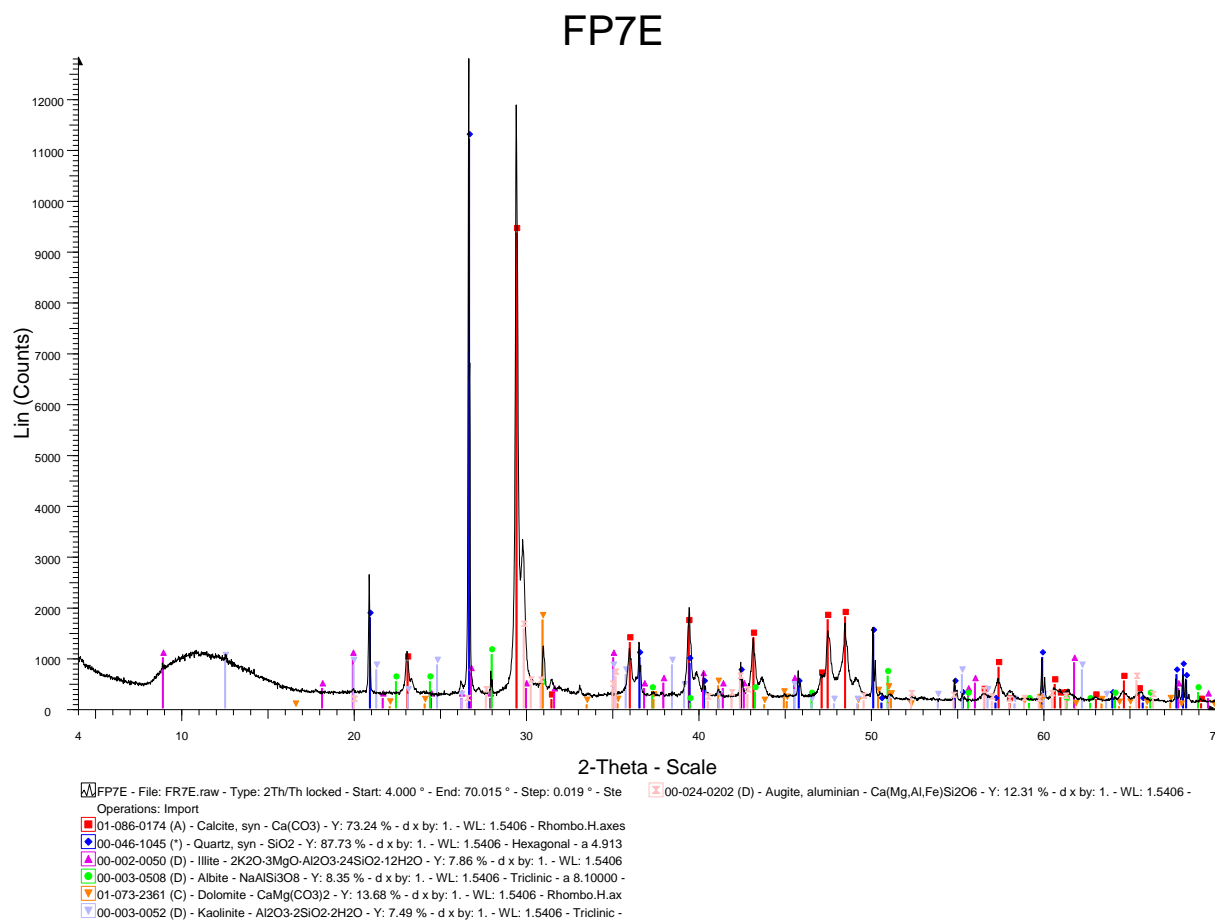
Σχήμα 41: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ6Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



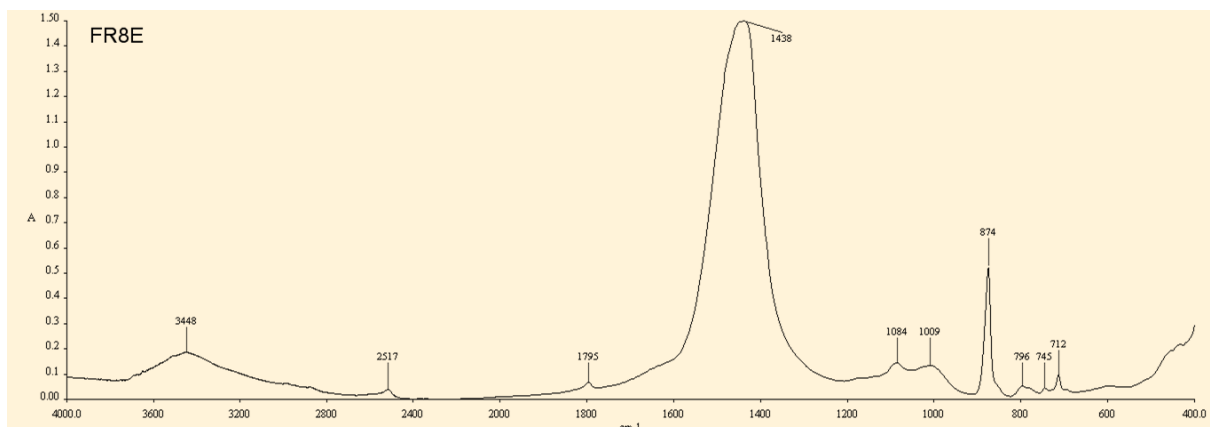
Σχήμα 42: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ7Ε.



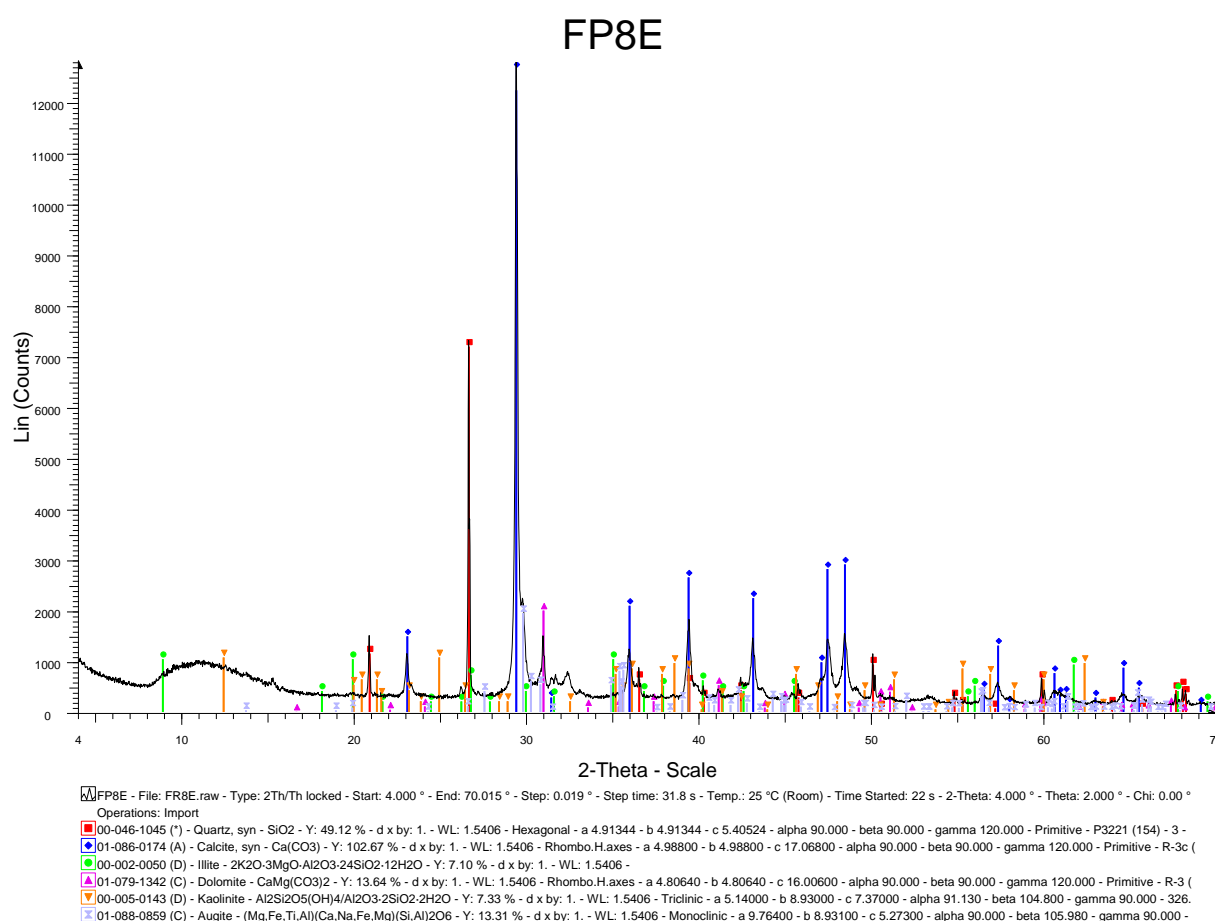
Σχήμα 43: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) της επιφανειακής στρώσης ώχρας του επιχρίσματος ΦΡ7Ε.



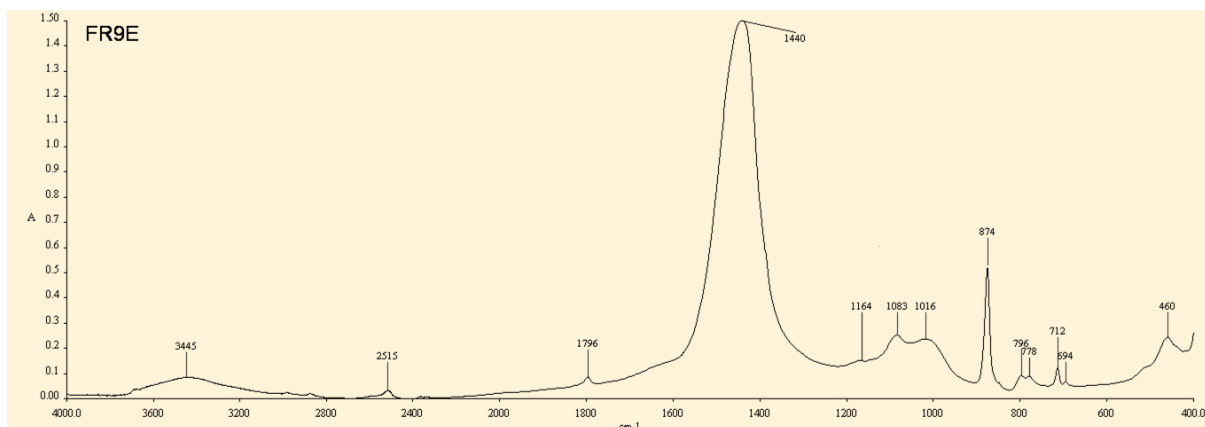
Σχήμα 44: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ7Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



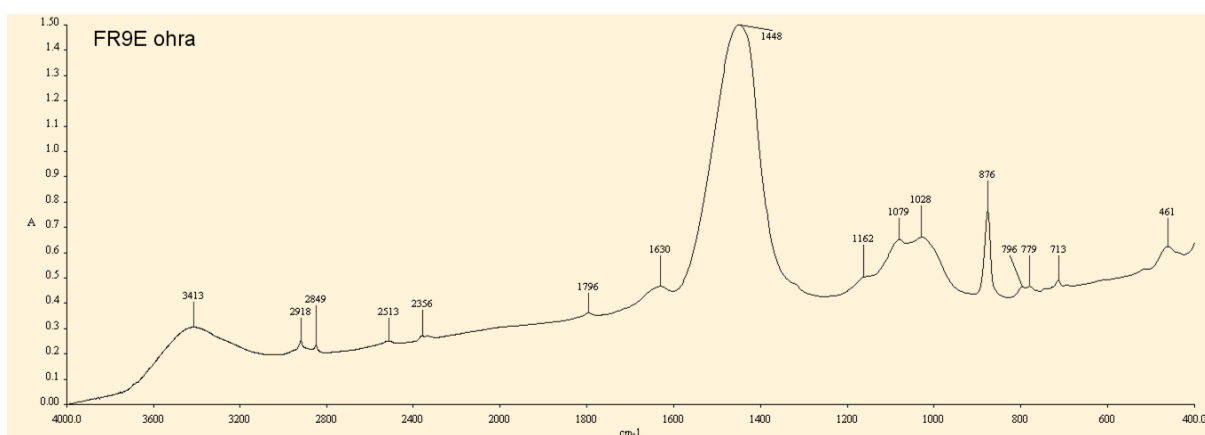
Σχήμα 45: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ8Ε.



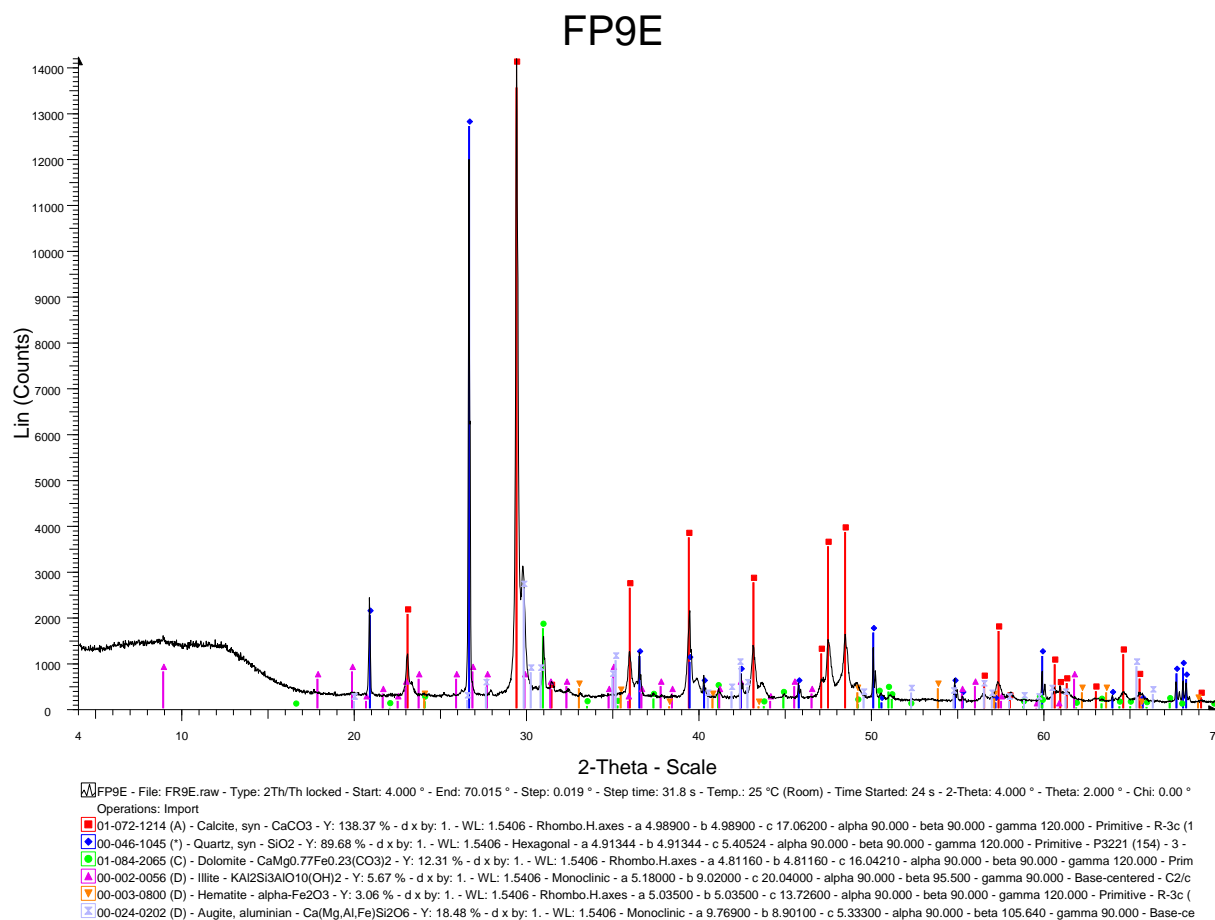
Σχήμα 46: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ8Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



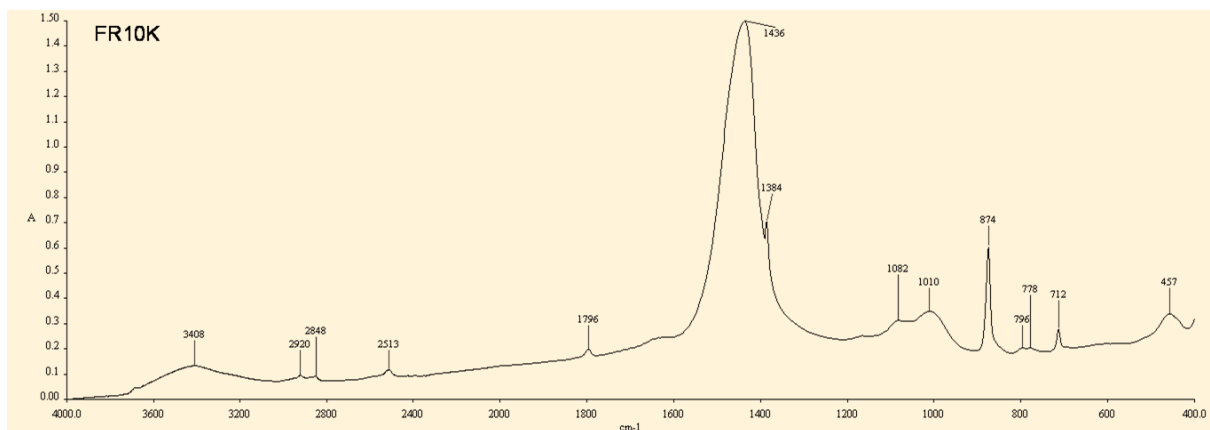
Σχήμα 47: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ9Ε.



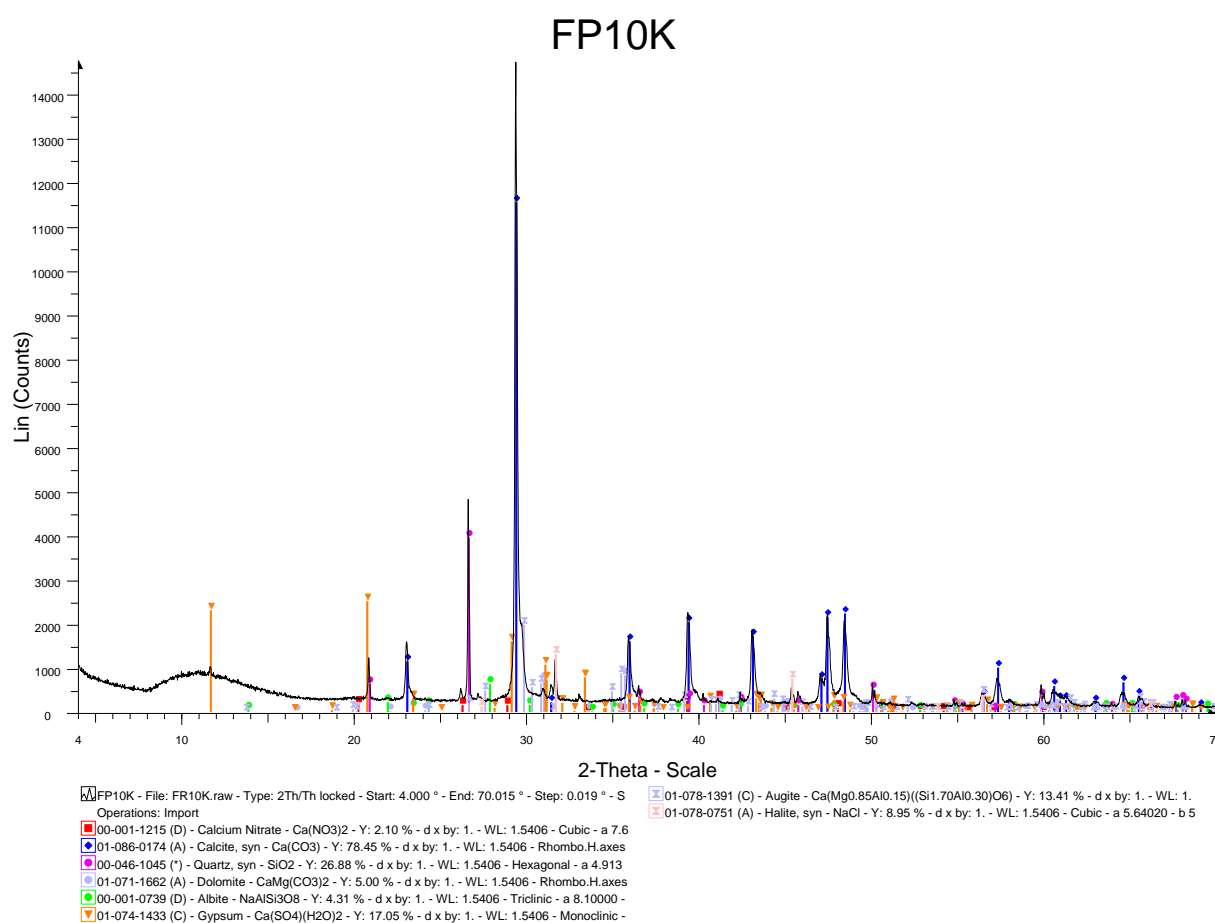
Σχήμα 48: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) της επιφανειακής στρώσης ώχρας του επιχρίσματος ΦΡ9Ε.



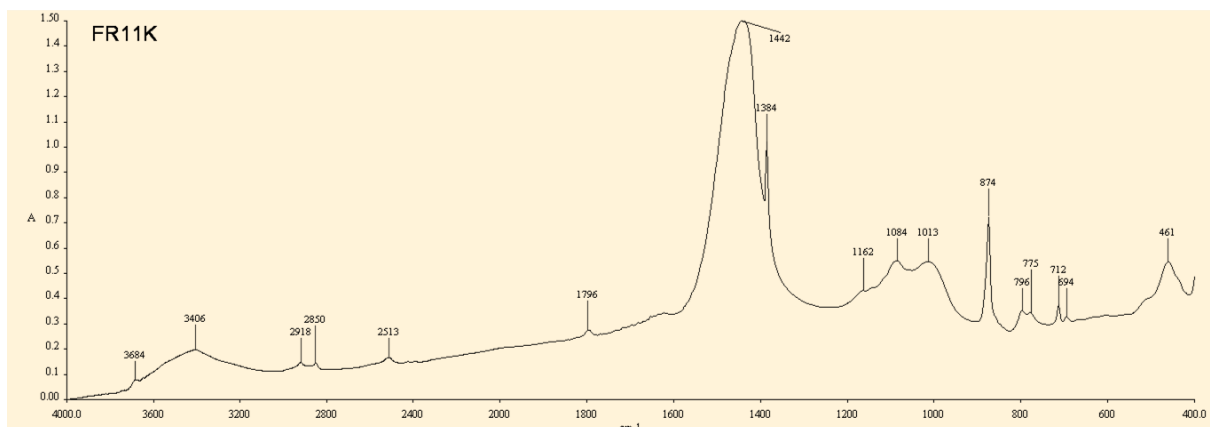
Σχήμα 49: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ9Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



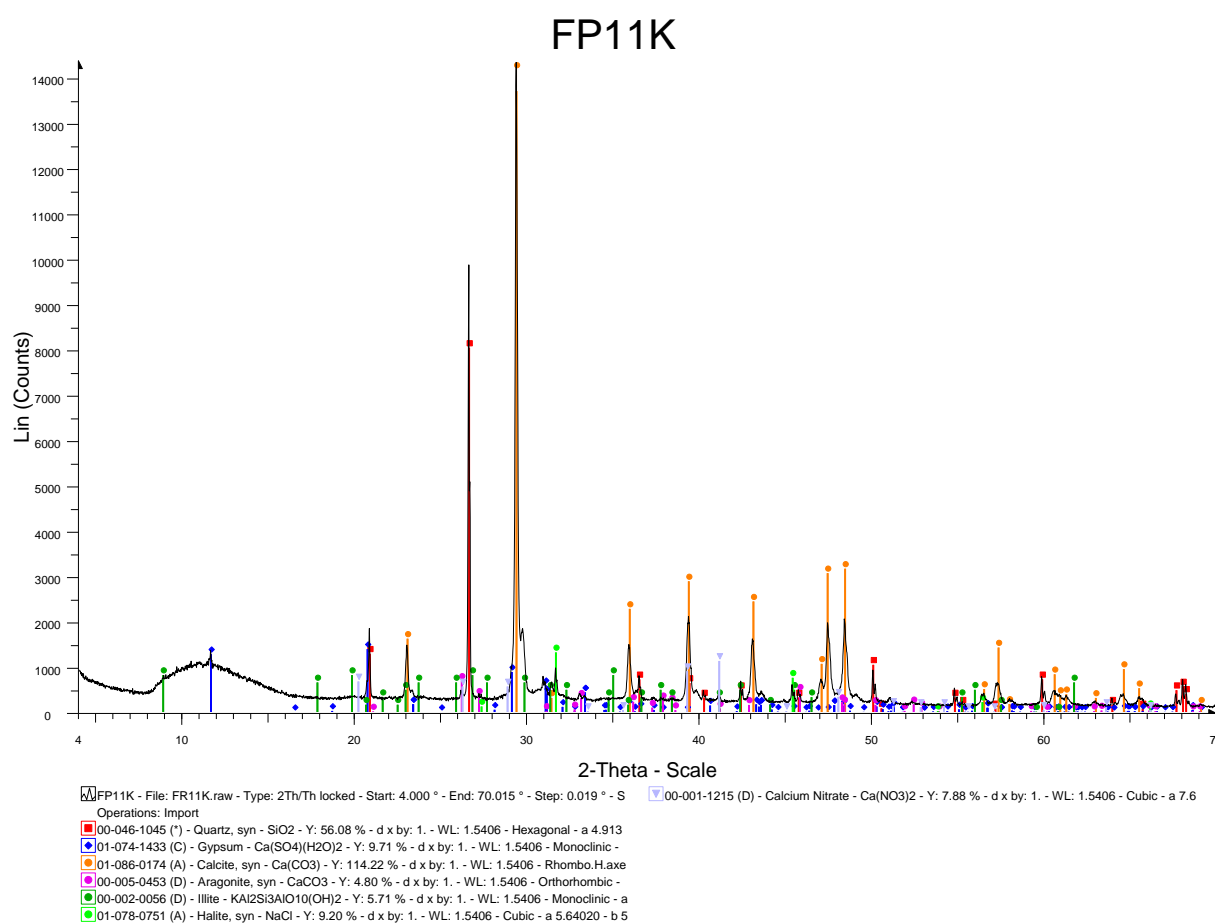
Σχήμα 50: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του κονιάματος ΦΡ10Κ.



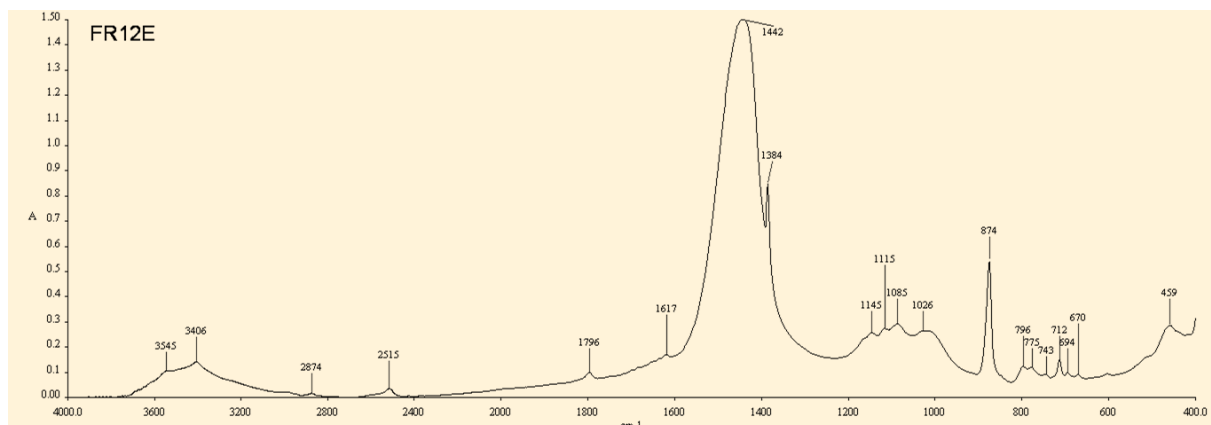
Σχήμα 51: Ανάλυση του κονιάματος ΦΡ10Κ με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



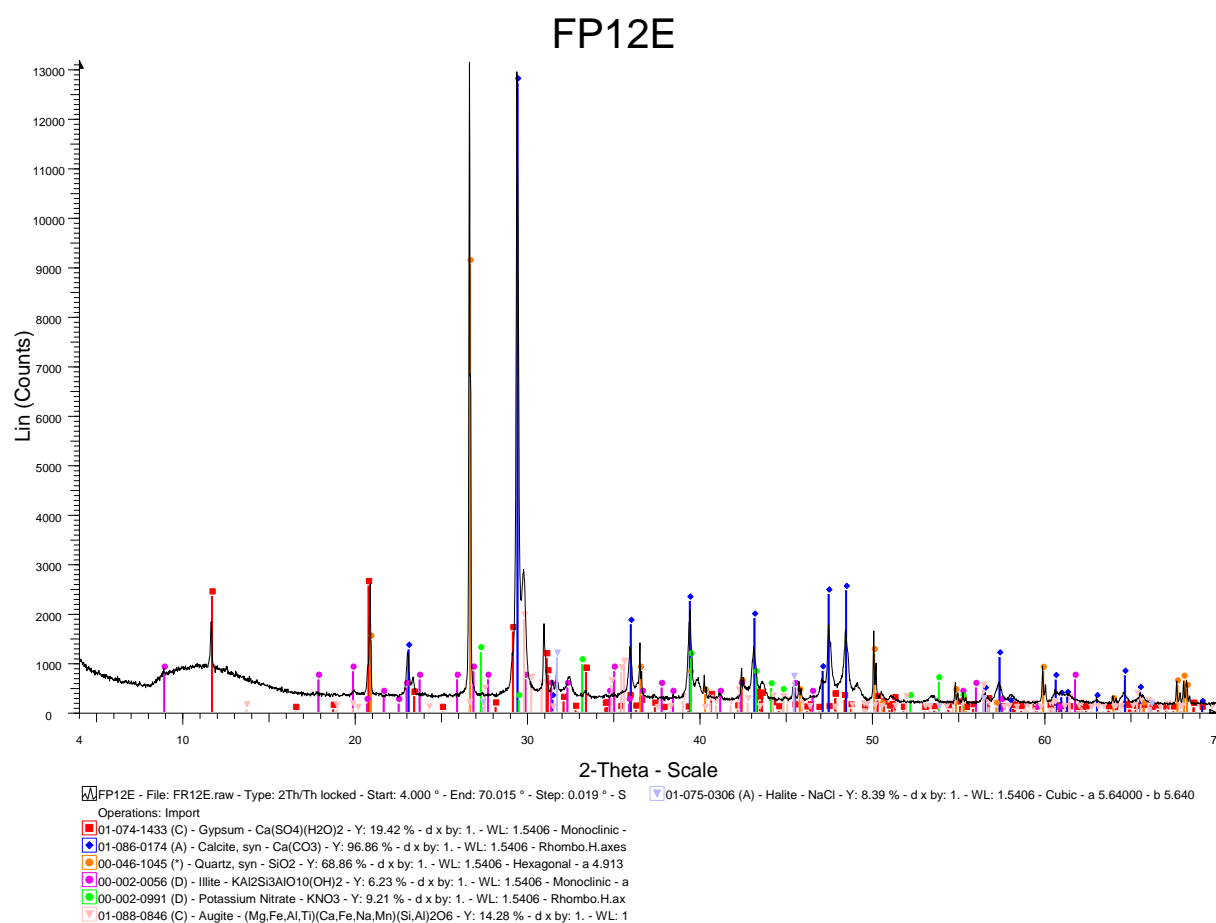
Σχήμα 52: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του κονιάματος ΦΡ11Κ.



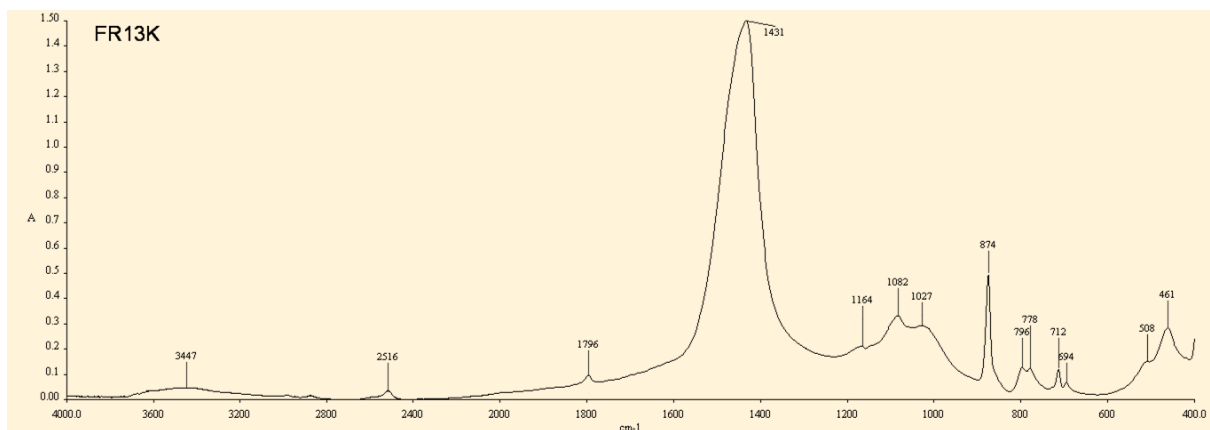
Σχήμα 53: Ανάλυση του κονιάματος ΦΡ11Κ.με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



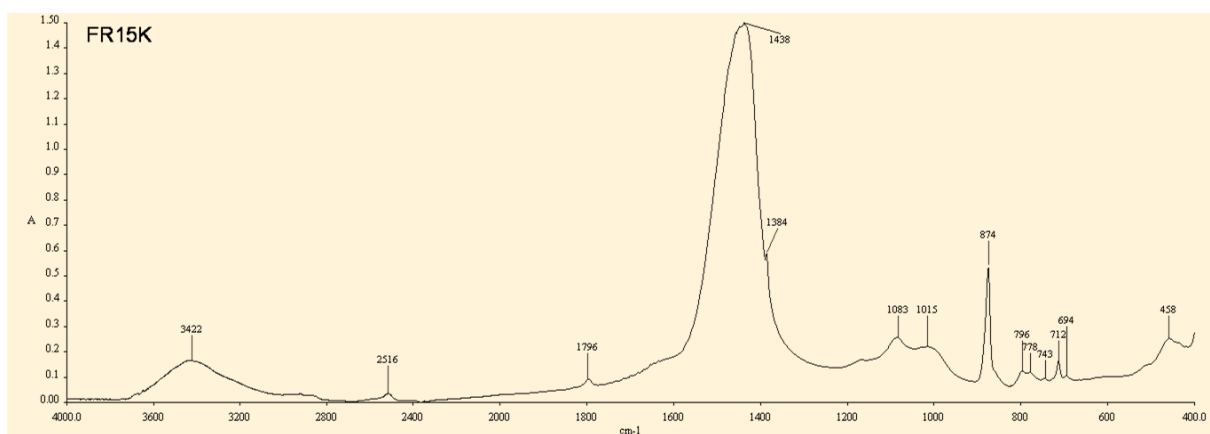
Σχήμα 54: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ12Ε.



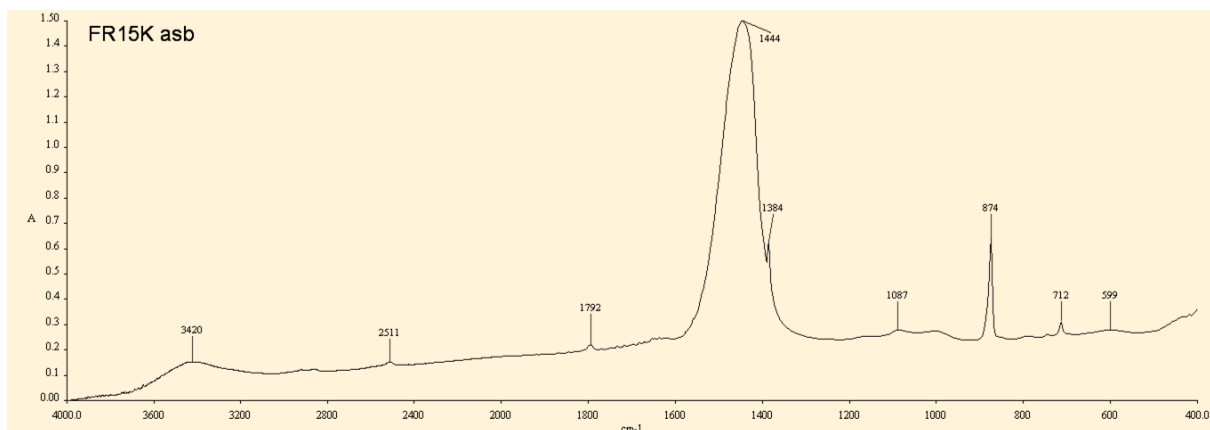
Σχήμα 55: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ12Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



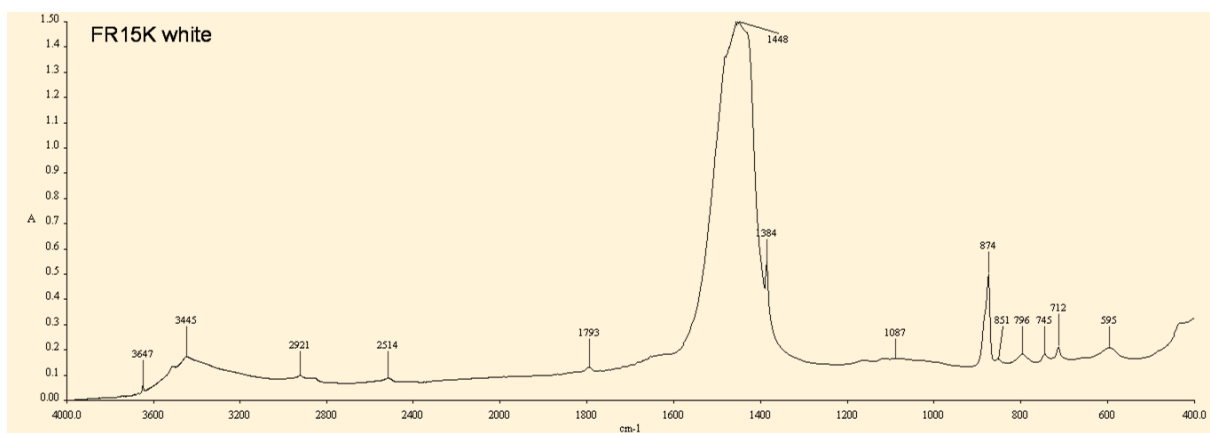
Σχήμα 56: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του κονιάματος ΦΡ13Κ.



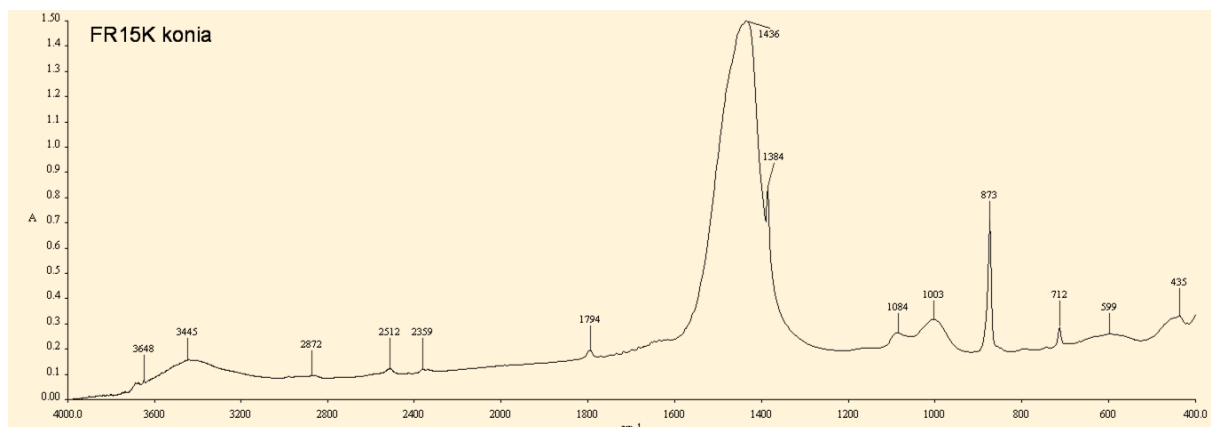
Σχήμα 57: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του κονιάματος ΦΡ15Κ



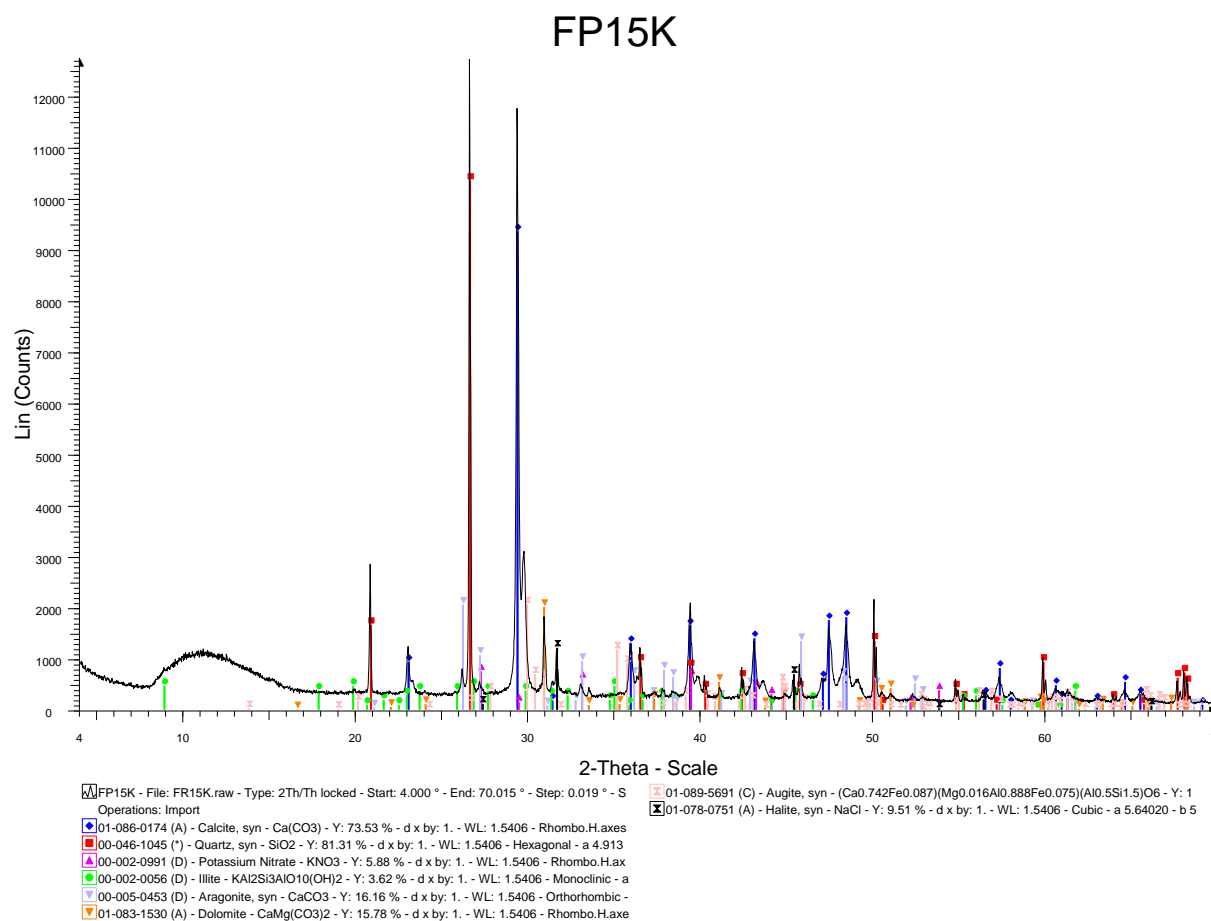
Σχήμα 58: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) λευκού τμήματος του κονιάματος ΦΡ15Κ.



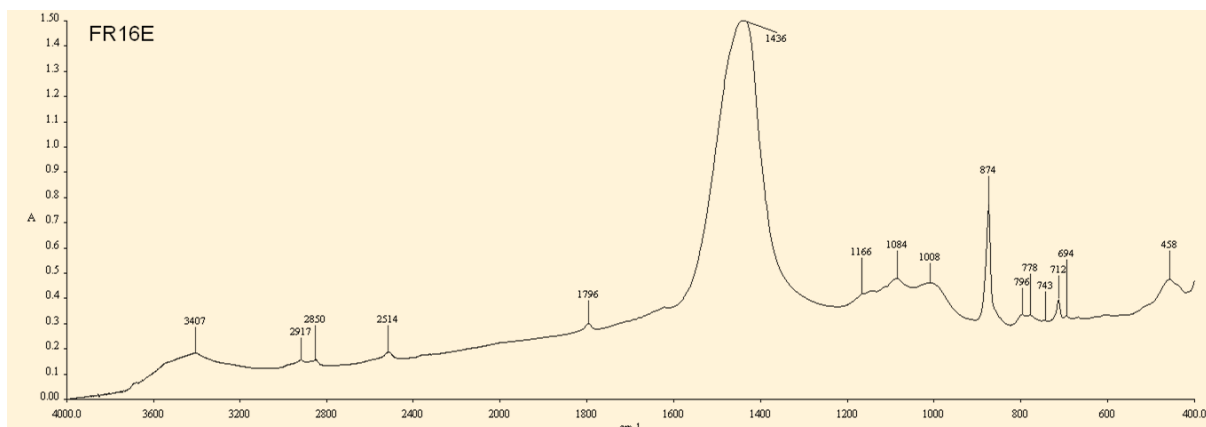
Σχήμα 59: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) λευκού αδρανούς του κονιάματος ΦΡ15Κ.



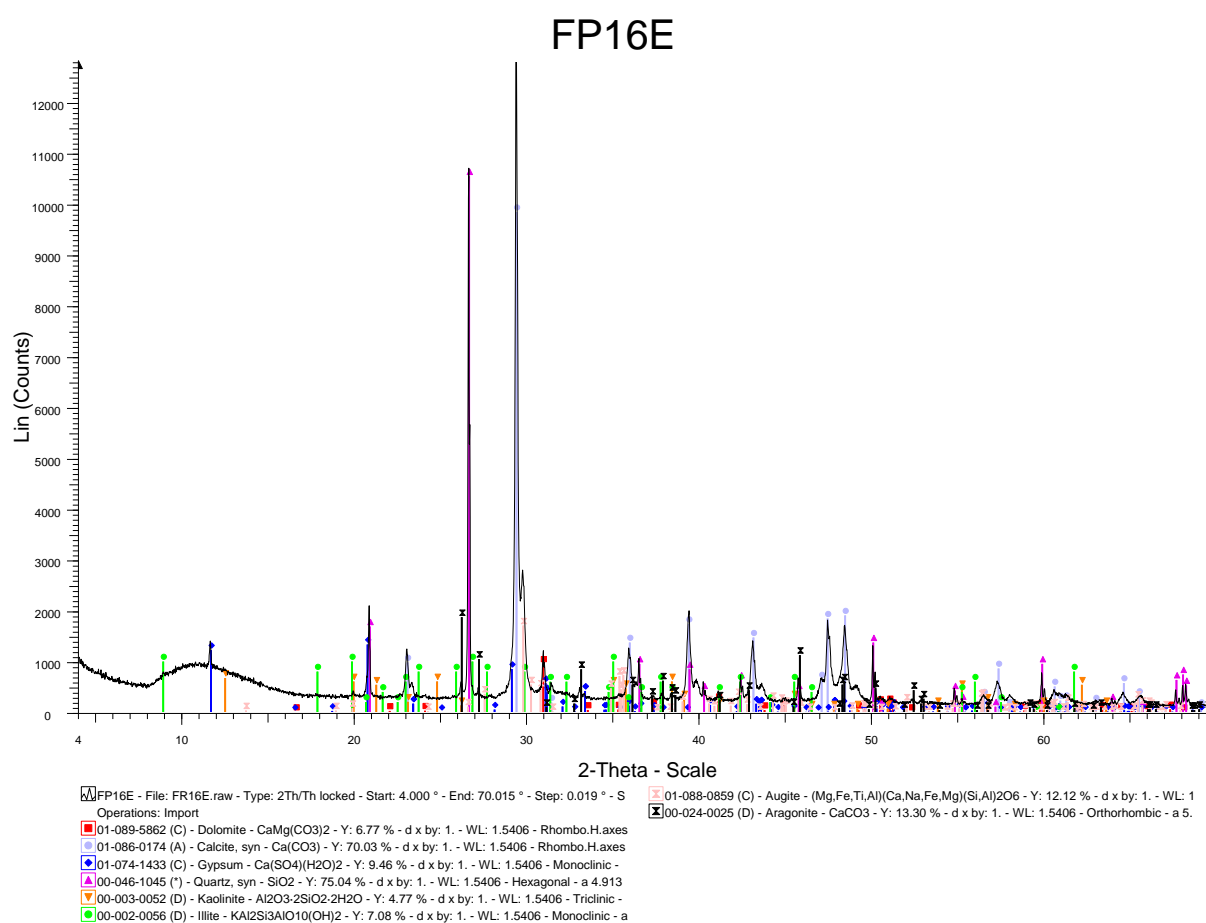
Σχήμα 60: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) της κονιάς (παιπάλης) του κονιάματος ΦΡ15Κ.



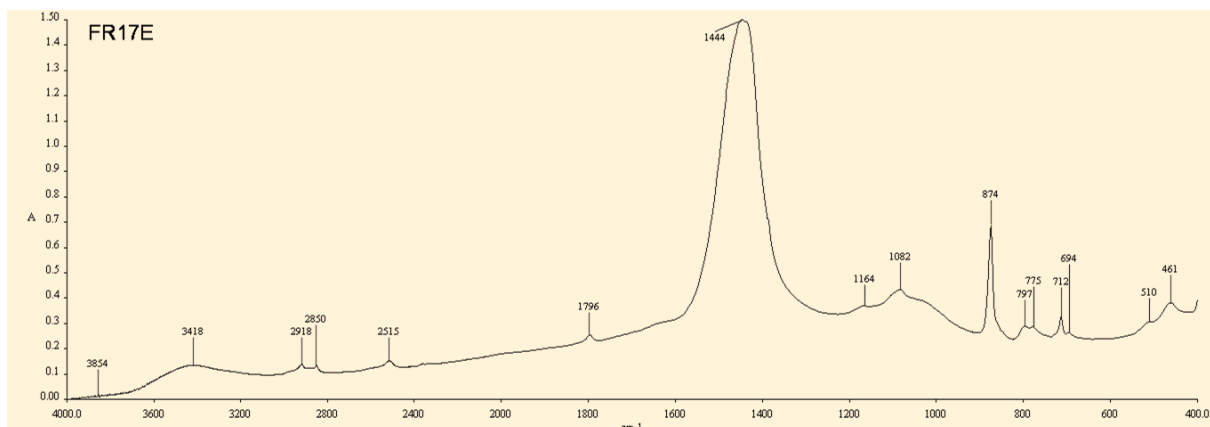
Σχήμα 61: Ανάλυση του κονιάματος ΦΡ15Κ με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



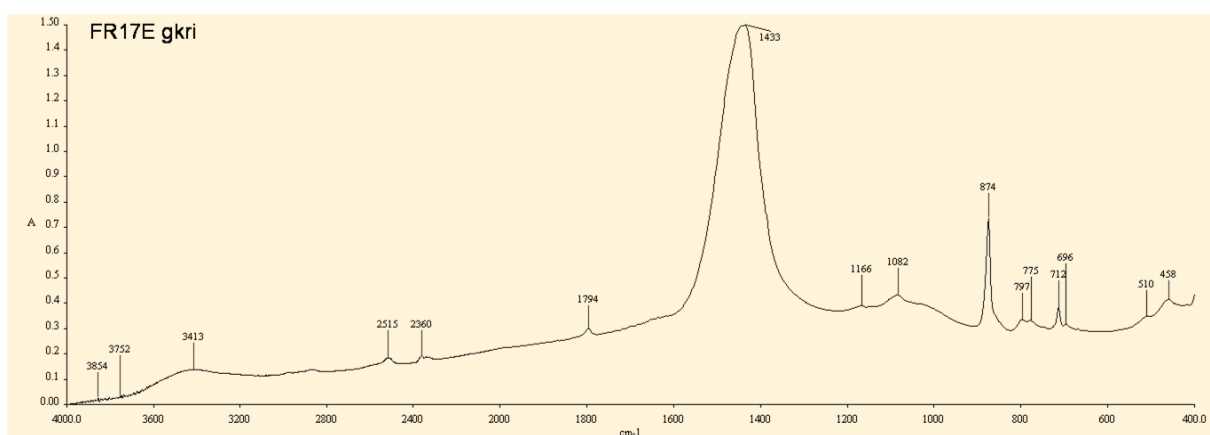
Σχήμα 62: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ16Ε.



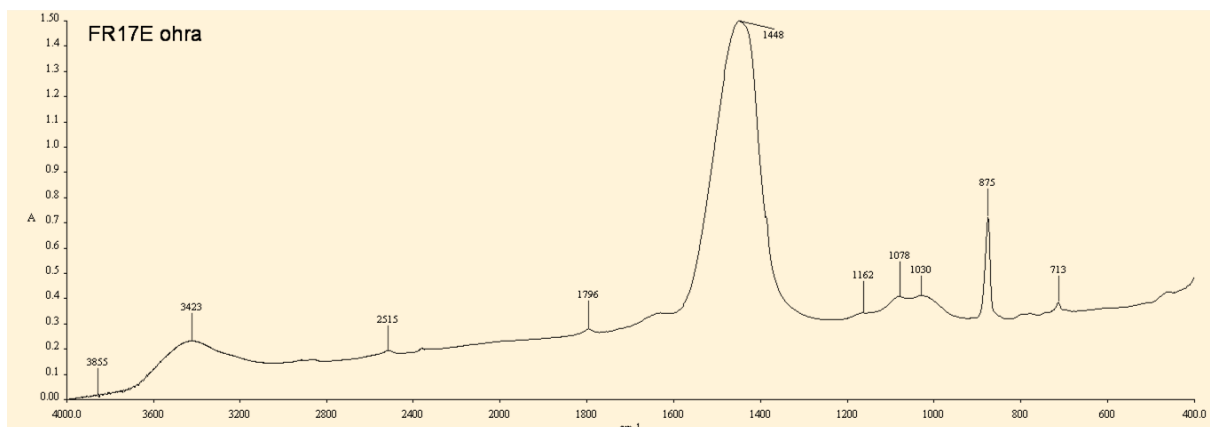
Σχήμα 63: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ16Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



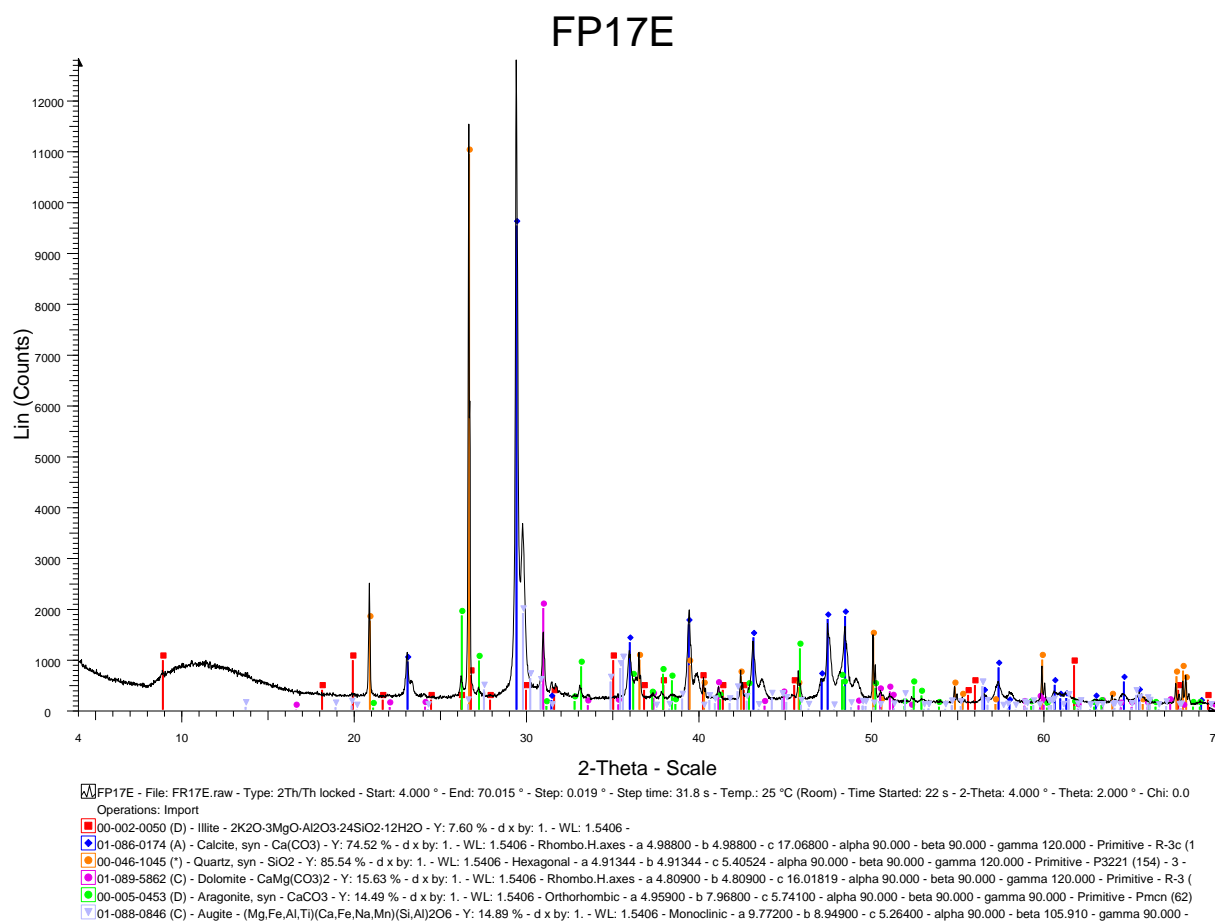
Σχήμα 64: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡ17Ε.



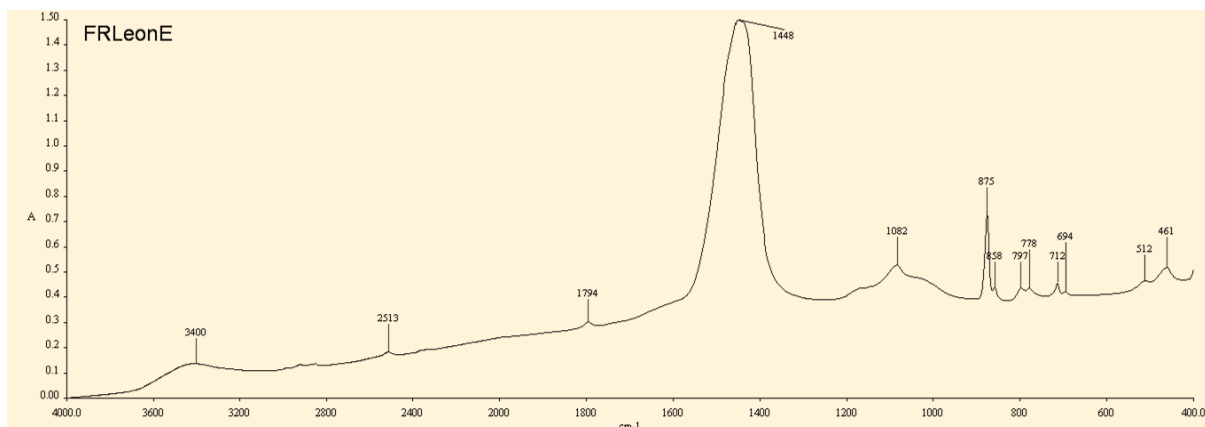
Σχήμα 65: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του γκρίζου τμήματος του επιχρίσματος ΦΡ17Ε.



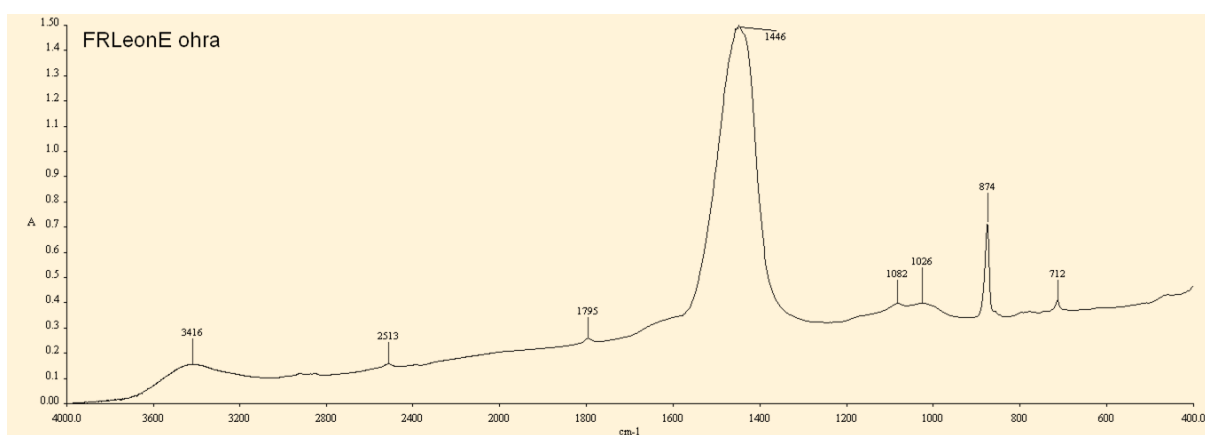
Σχήμα 66: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του τμήματος με ώχρα του επιχρίσματος ΦΡ17Ε.



Σχήμα 67: Ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ17Ε με περιθλασιμετρία ακτίνων Χ.



Σχήμα 68: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του επιχρίσματος ΦΡLeonE.



Σχήμα 69: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του τμήματος με ώχρα του επιχρίσματος ΦΡLeonE.

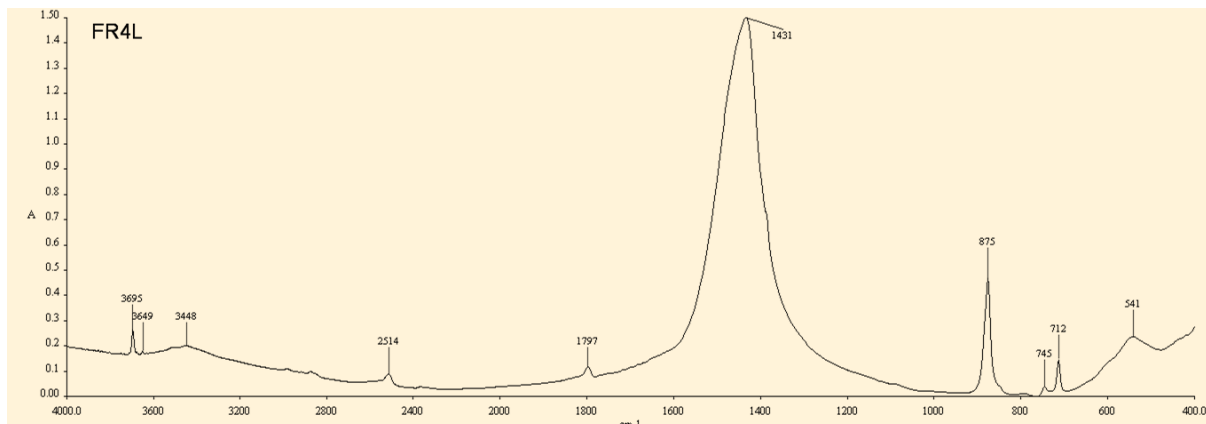
Τα περισσότερα από τα τμήματα ώχρας που αναλύθηκαν δεν έδωσαν κάποιο αξιόλογο αποτέλεσμα, παρά μόνο ότι απουσιάζουν κάποιες χαρακτηριστικές κορυφές όπως του χαλαζία, διότι στις λεπτές εξωτερικές επιστρώσεις δεν υπάρχουν αδρανή. Το μαύρο αδρανές από το κονίαμα ΦΡ3Κ (ΦΡ3Κ μαύρο), αναλύθηκε και σε XRD, ώστε να διερευνηθεί τυχόν ηφαιστειακή προέλευσή του, η οποία θα το χρονολογούσε ως ενετικό κονίαμα. Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν ταυτοποιήθηκε.

Η ορυκτολογική σύσταση των κονιαμάτων η οποία προέκυψε από συνδυασμό μελέτης των υπέρυθρων φασμάτων (FTIR) και από τις αναλύσεις μέσω της περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ (XRD) παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

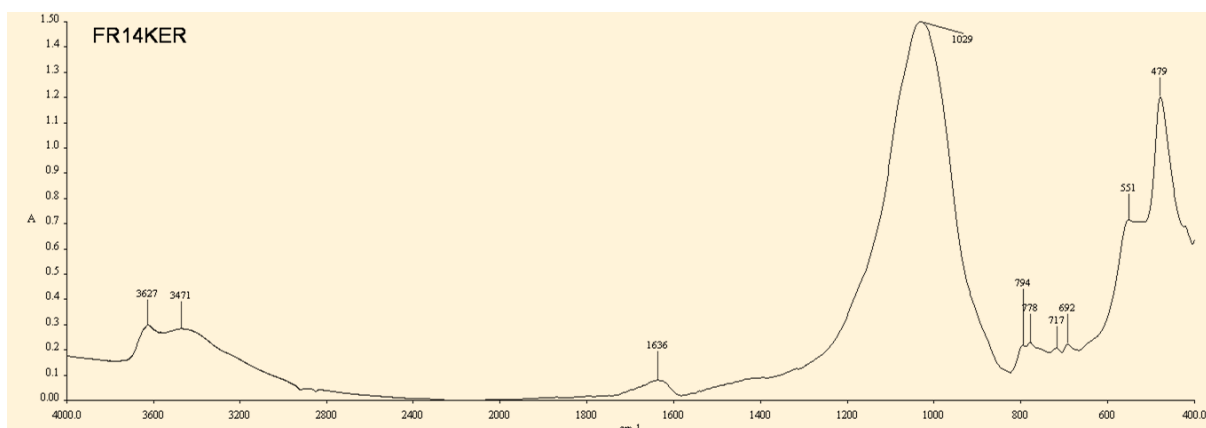
Πίνακας 1: Ορυκτολογική σύσταση κονιαμάτων-επιχρισμάτων.

Κονίαμα/Επιχρισμα	Ορυκτολογική σύσταση
ΦΡ1Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Αραγωνίτης, Ιλλίτης, Αυγίτης
ΦΡ2Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Αραγωνίτης, Ιλλίτης
ΦΡ3Κ	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Αραγωνίτης, Ιλλίτης, Νιτρικό Κάλιο, Αλίτης
ΦΡ6Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Αραγωνίτης, Ιλλίτης
ΦΡ7Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Καολινίτης, Ιλλίτης, Αλβίτης, Αυγίτης
ΦΡ8Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Καολινίτης, Ιλλίτης, Αυγίτης
ΦΡ9Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Ιλλίτης, Αιματίτης, Αυγίτης
ΦΡ10Κ	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Γύψος, Αλβίτης, Αυγίτης, Νιτρικό Ασβέστιο, Αλίτης
ΦΡ11Κ	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Γύψος, Ιλλίτης, Αραγωνίτης, Νιτρικό Ασβέστιο Αλίτης
ΦΡ12Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Γύψος, Ιλλίτης, Αυγίτης, Νιτρικό Κάλιο, Αλίτης
ΦΡ13Κ	Ασβεσίτης, Αργιλοπυριτικά συστατικά, γύψος
ΦΡ15Κ	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Αραγωνίτης, Ιλλίτης, Αυγίτης, Νιτρικό Κάλιο, Αλίτης
ΦΡ16Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Γύψος, Αραγωνίτης, Καολινίτης, Ιλλίτης, Αυγίτης
ΦΡ17Ε	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Δολομίτης, Αραγωνίτης, Ιλλίτης, Αυγίτης
ΦΡLeonΕ	Ασβεσίτης, Χαλαζίας, Αργιλοπυριτικά συστατικά

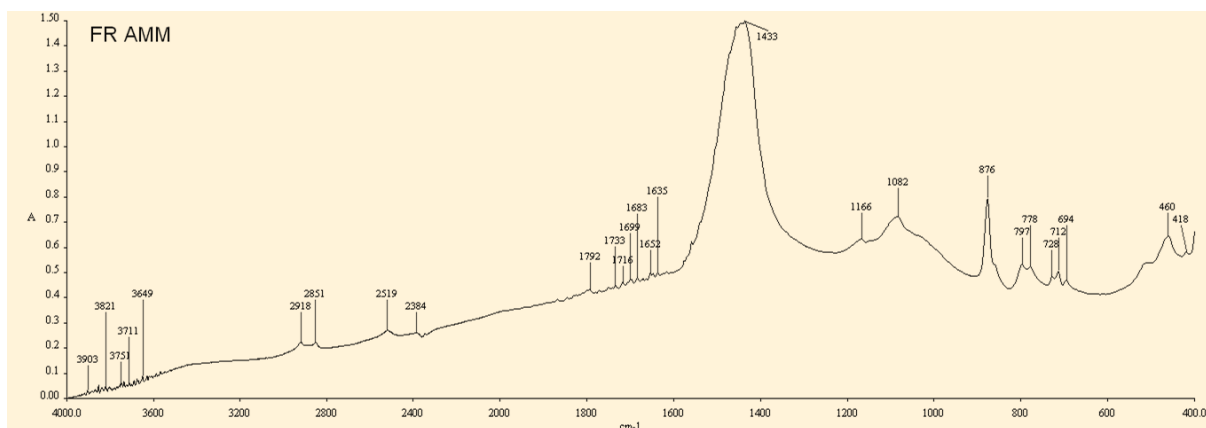
Στα Σχήματα 70, 71 και 72 παρουσιάζονται τα φάσματα υπέρυθρης φασματοσκοπίας του λίθου ΦΡ4Λ, του κεραμικού ΦΡ14ΚΕΡ και της θαλάσσιας άμμου ΦΡ ΑΜΜ, αντιστοίχως



Σχήμα 70: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του λίθου ΦΡ4Λ.



Σχήμα 71: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) του κεραμικού ΦΡ14ΚΕΡ



Σχήμα 72: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) της θαλάσσιας άμμου ΦΡ ΑΜΜ.

Ο λίθος ΦΡ4Λ παρουσιάζει έντονη ασβεστιτική φύση, όπως δείχνει το φάσμα FTIR. Όσον αφορά στο κεραμικό ΦΡ14ΚΕΡ, επιβεβαιώνουμε την κεραμική του σύσταση, με έντονες κορυφές των αργιλοπυριτικών συστατικών. Η άμμος ΦΡ ΑΜΜ παρουσιάζει βασικά ασβεστιτική και πυριτική φύση.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκατοστιαίας στοιχειακής χημικής ανάλυσης των κονιαμάτων-επιχρισμάτων.

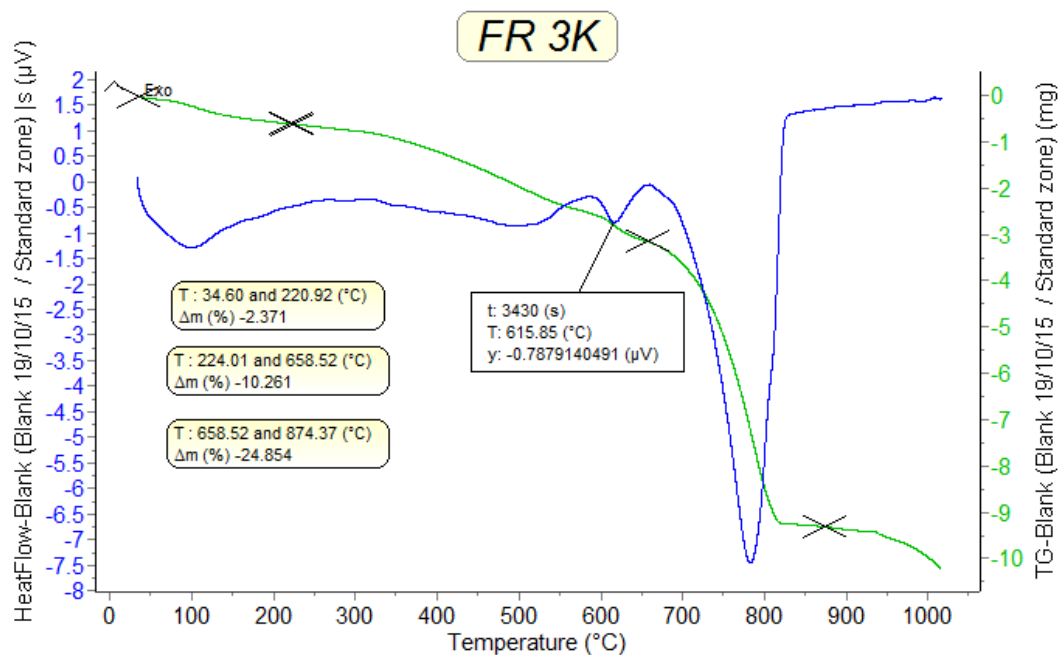
Πίνακας 2: Εκατοστιαία στοιχειακή σύσταση κονιαμάτων-επιχρισμάτων.

Δείγμα	Ca	Si	Cl	K	Fe	Ti	Mn	Cr	Ni	Cu	Sr
ΦΡ1Ε	31,75	17,57	0,59	0,43	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06
ΦΡ3Κ	26,82	10,62	8,11	0,54	0,08	0	0,01	0	0	0,02	0,05
ΦΡ6Ε	35,28	20,01	0,20	0,43	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,08
ΦΡ7Ε	28,18	16,14	0,20	0,45	0,18	0,01	0,01	0,01	0	0,02	0,05
ΦΡ10Κ	32,08	11,57	2,50	0,84	0,10	0,01	0	0	0	0,02	0,05
ΦΡ11Κ	29,40	11,39	2,16	0,86	0,13	0,01	0,01	0,01	0	0,02	0,05
ΦΡ12Ε	23,49	11,49	1,17	0,75	0,27	0,02	0,01	0,01	0	0,02	0,04
ΦΡ15Κ	25,50	13,42	2,08	0,72	0,19	0,01	0,01	0,01	0	0,02	0,06
ΦΡ16Ε	30,04	15,11	0,98	0,42	0,16	0,01	0,01	0	0,01	0,02	0,07
ΦΡ17Ε	30,65	13,54	1,25	0,50	0,15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06

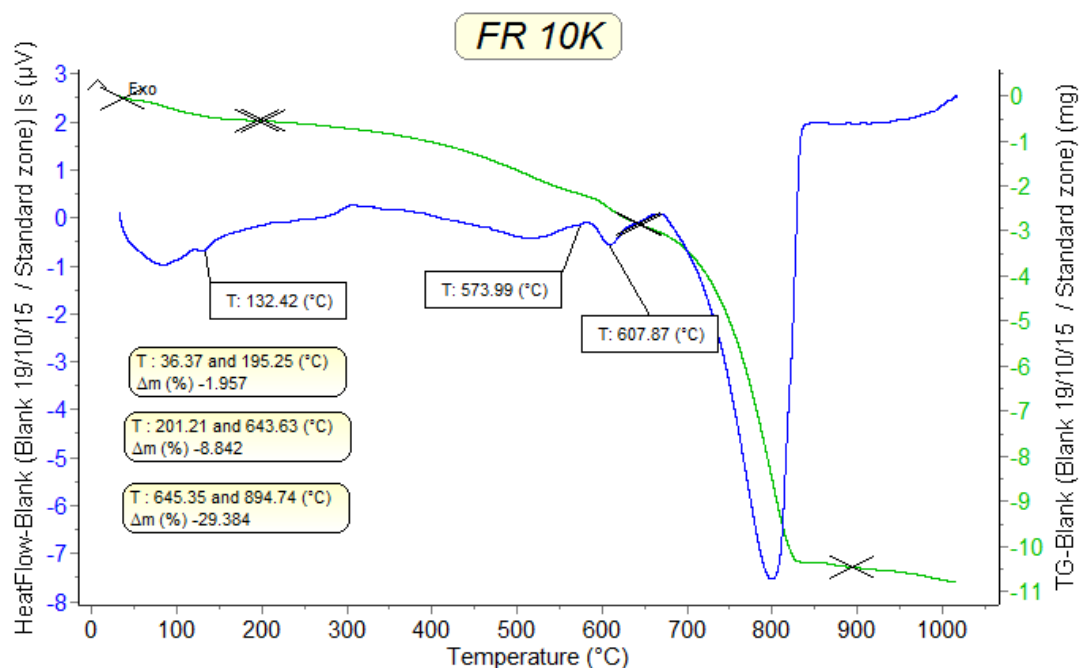
5.3 Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης δειγμάτων

Τα Σχήματα 73 έως 79 προέκυψαν από τη θερμική ανάλυση των κονιαμάτων που σκοπό είχαν τον προσδιορισμό των ανθρακικών μαζί με τα χημικά ενωμένα υδροξύλια (OH) και νερά (H₂O) που αποτελούν μέρος της δομής των υδραυλικών συστατικών. Να σημειωθεί ότι τα δείγματα πριν την θερμική ανάλυση μπήκαν στον φούρνο στους 100 °C για 24 h με σκοπό την απομάκρυνση της υγρασίας. Από τη βιβλιογραφία είναι γνωστό, ότι ενδόθερμες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή 550 έως 580 °C, χωρίς να συνοδεύονται από απώλεια βάρους, οφείλονται στην μεταβολή από α- σε β- φάση του χαλαζία [16]. Επίσης οι ενδόθερμες αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στη θερμοκρασιακή περιοχή 550-650 °C, υποδηλώνουν την ύπαρξη πλαγιόκλαστων [16]. Τέλος, οι απώλειες των φυσικά ενωμένων νερών (physio-adsorbed) συνοδεύονται από

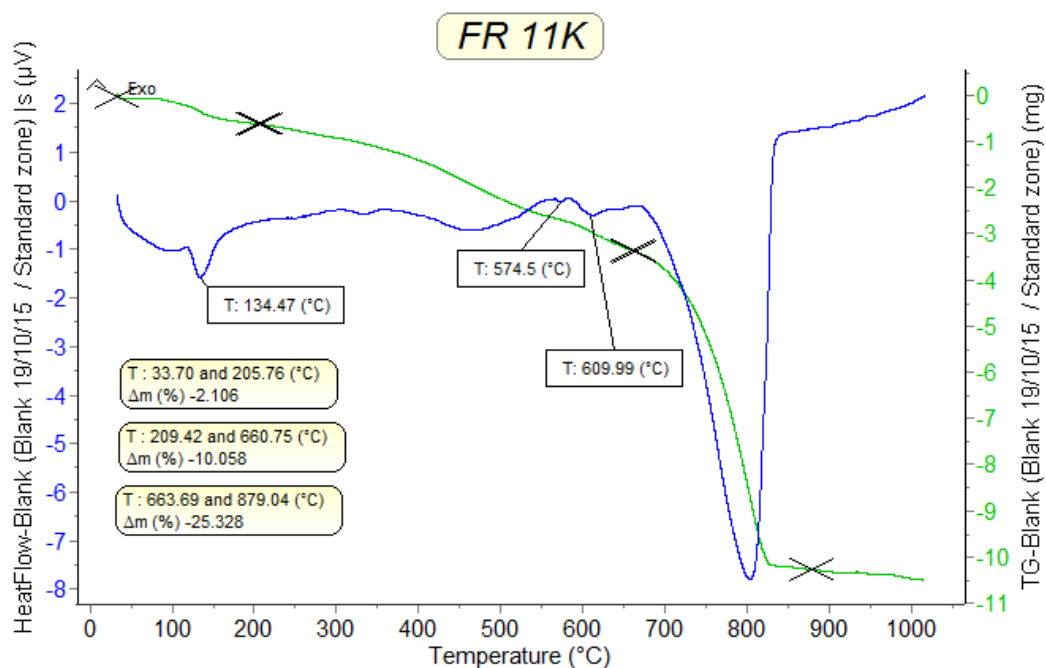
ενδόθερμες αντιδράσεις στην περιοχή 40-100 °C. Εάν στην ευρύτερη περιοχή 50-180 °C παρατηρηθούν θερμικές μεταβολές, τότε είναι πολύ πιθανόν να συμμετέχουν και κρυσταλλικές φάσεις χημικά ενωμένου νερού αλλά και νερό των φυλλοπυριτικών ορυκτών στην μετρούμενη απώλεια μάζας.



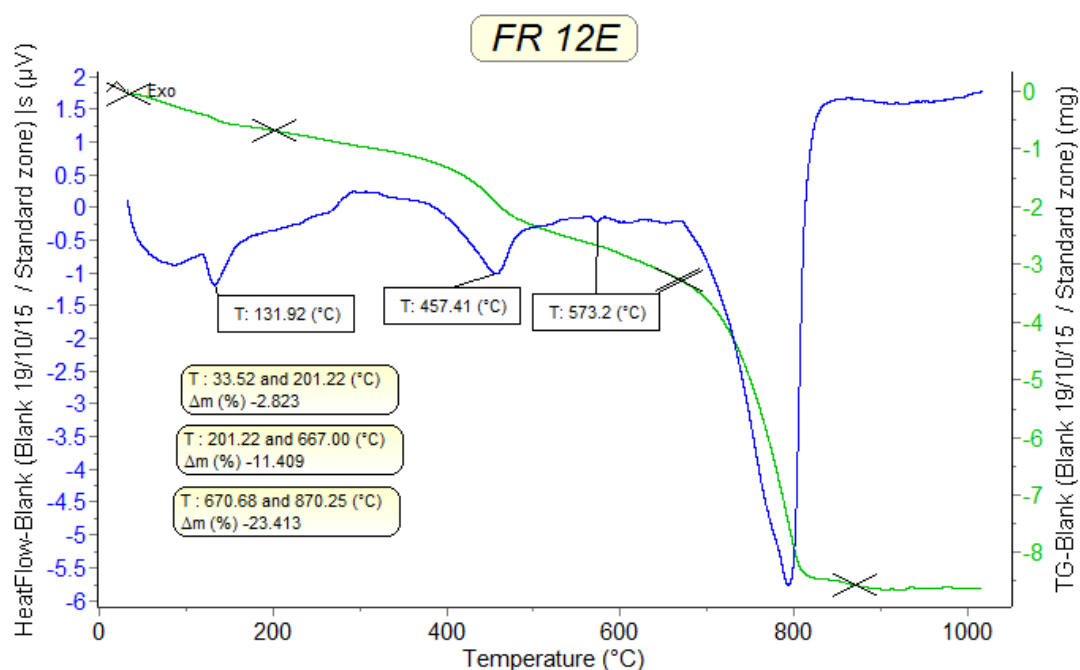
Σχήμα 73: Θερμική ανάλυση του κονιάματος ΦΡ3Κ.



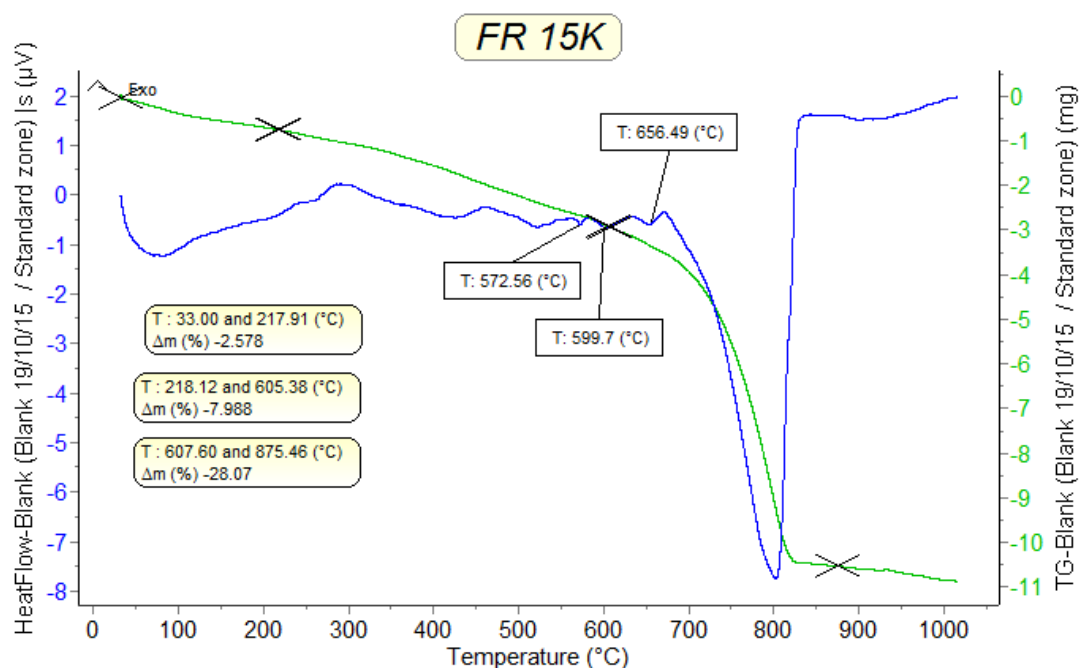
Σχήμα 74: Θερμική ανάλυση του κονιάματος ΦΡ10Κ.



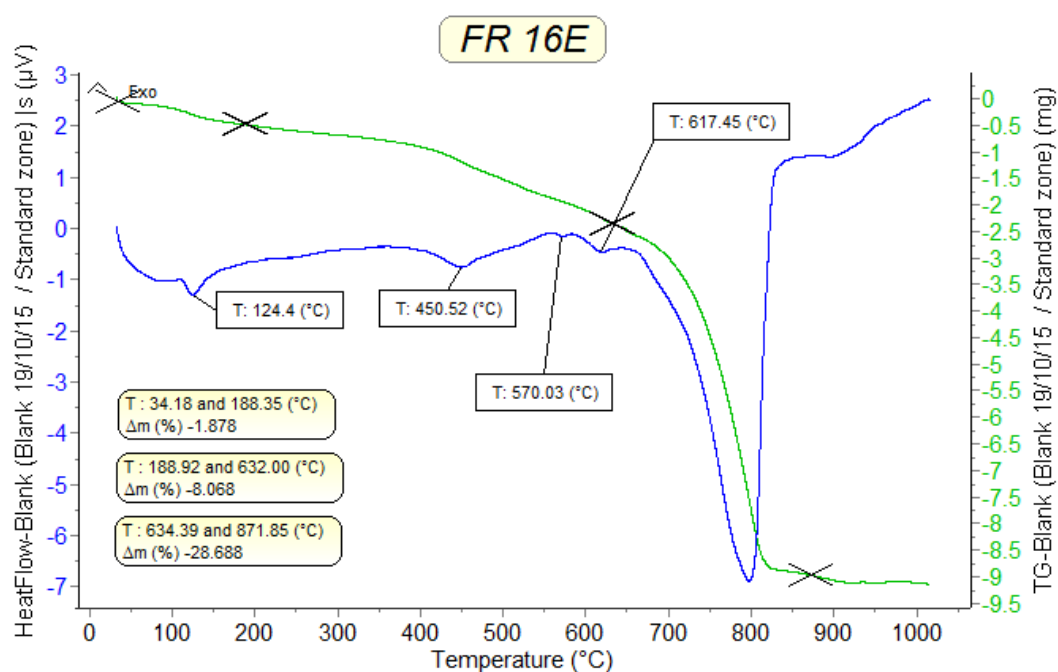
Σχήμα 75: Θερμική ανάλυση του κονιάματος ΦΡ11Κ.



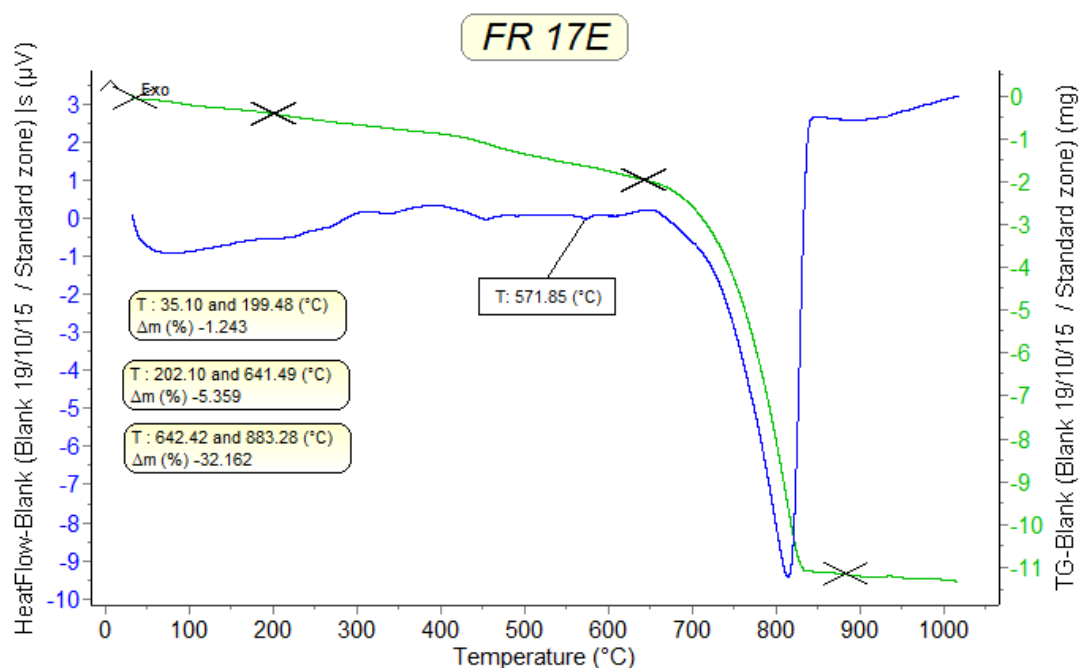
Σχήμα 76: Θερμική ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ12Ε.



Σχήμα 77: Θερμική ανάλυση του κονιάματος ΦΡ15Κ.



Σχήμα 78: Θερμική ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ16Ε.



Σχήμα 79: Θερμική ανάλυση του επιχρίσματος ΦΡ17Ε.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα των θερμικής συμπεριφοράς των κονιαμάτων - επιχρισμάτων φαίνεται η παρουσία μικρής ποσότητας γύψου με την ενδόθερμη κορυφή στους 125-135 °C. Πιο συγκεκριμένα, η παρουσία γύψου φαίνεται στα ΦΡ10Κ, ΦΡ11Κ, ΦΡ12Ε και ΦΡ16Ε επιβεβαιώνοντας τις προηγούμενες χημικές και ορυκτολογικές αναλύσεις.

Επίσης, τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν δύο βασικές απώλειες μάζας: η μία αφορά στα υδροξύλια (OH^-), των οποίων η κορυφή είναι πολύ χαρακτηριστική, ενώ η άλλη στην μετατροπή του ανθρακικού ασβεστίου σε οξείδιο του ασβεστίου και έκλυση CO_2 . Από τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης των δειγμάτων επιβεβαιώνεται η παρουσία ασβεστίτη σε όλα τα δείγματα, καθώς και η αξιοσημείωτη περιεκτικότητά τους σε αργιλοπυριτικά. Το τελευταίο, φαίνεται από την απώλεια βάρους από 200 έως 600 °C (λόγω των OH^-).

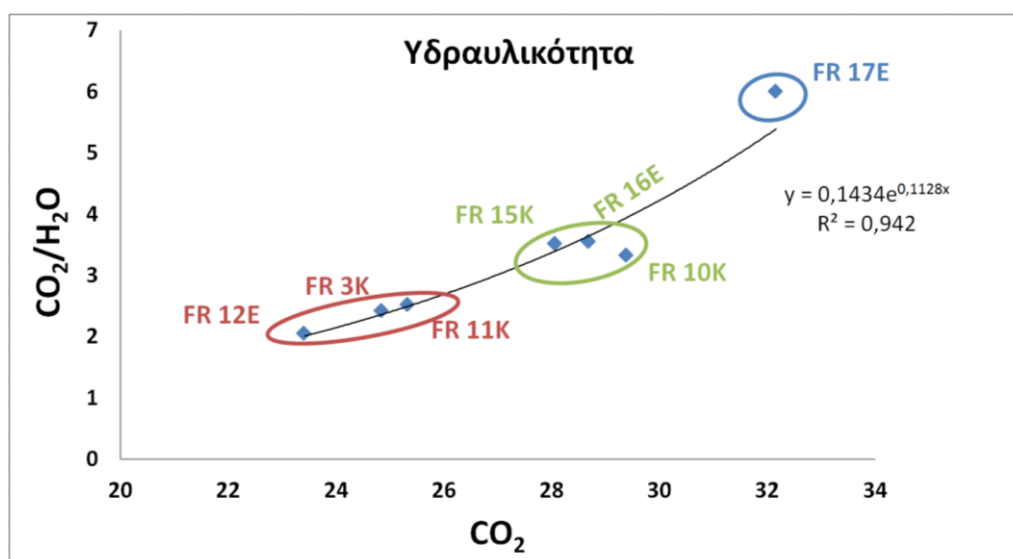
Ο Πίνακας 3 περιέχει την απώλεια βάρους σε συγκεκριμένες θερμοκρασιακές περιοχές, καθώς και τον λόγο $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, ο οποίος εκφράζει την υδραυλικότητα των δειγμάτων (θεωρούνται υδραυλικά τα υλικά με τιμή κάτω από 5 και μετρίως υδραυλικά

κάτω από 10)[13,14]. Πιο συγκεκριμένα, όσο μικρότερος είναι ο λόγος $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ τόσο περισσότερα υδραυλικά συστατικά περιέχονται στο δείγμα. Όλα τα υπό εξέταση δείγματα χαρακτηρίζονται ως υδραυλικά, όπως φαίνεται στον τον Πίνακα 3, με λιγότερο υδραυλικό να παρουσιάζεται το επίχρισμα ΦΡ17Ε.

Τα υδραυλικά συστατικά έχουν την ιδιότητα να πήζουν και να σκληραίνουν τόσο στον αέρα όσο και σε υγρό περιβάλλον ή ακόμα και μέσα στο νερό. Η ιδιότητα αυτή προσδίδει στα υλικά αυξημένες μηχανικές αντοχές και αντοχή στην διάβρωση από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης των κονιαμάτων

Δείγμα	Απώλεια μάζας % (g)			$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$
	30-200 °C	200-640 °C	640-870 °C	
ΦΡ3Κ	2,37	10,26	24,85	2,42
ΦΡ10Κ	1,96	8,84	29,38	3,32
ΦΡ11Κ	2,11	10,06	25,33	2,52
ΦΡ12Ε	2,82	11,41	23,41	2,05
ΦΡ15Κ	2,58	7,99	28,07	3,51
ΦΡ16Ε	1,88	8,07	28,69	3,56
ΦΡ17Ε	1,24	5,36	32,16	6,00



Σχήμα 80: Διάγραμμα υδραυλικότητας όλων των δειγμάτων.

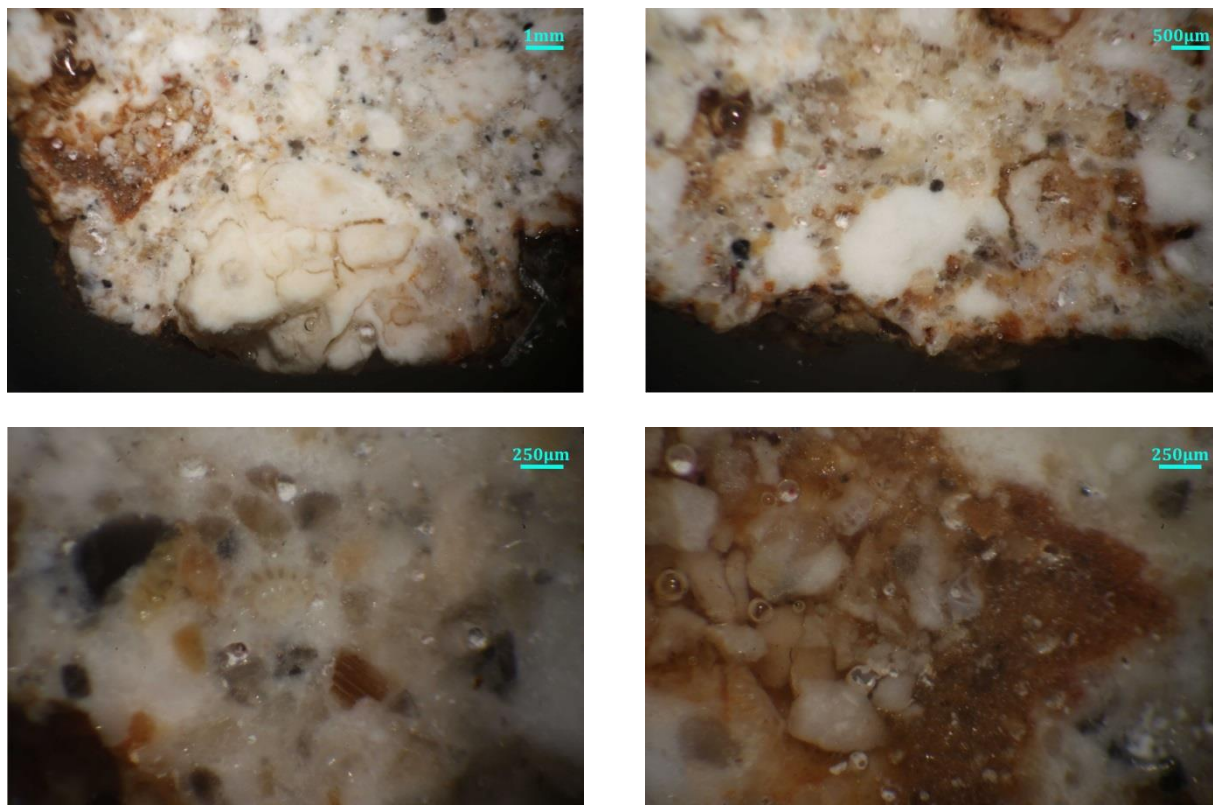
5.4 Μικροσκοπική ανάλυση δειγμάτων και κοκκομετρική διαβάθμιση κονιαμάτων επιχρισμάτων

5.4.1 Μικροσκοπική ανάλυση δειγμάτων

Στα Σχήματα 81 έως και 105 παρουσιάζονται οι φωτογραφίες των δειγμάτων οι οποίες ελήφθησαν με οπτικό μικροσκόπιο. Παράλληλα παρουσιάζονται και οι φωτογραφίες των στιλπνών τομών, για όσα δείγματα παρασκευάστηκαν. Επίσης, δίδεται πίνακας για την κοκκομετρία κάθε κονιάματος/επιχρίσματος, όπως αυτή προέκυψε από την παρατήρηση και μετρήσεις στις φωτογραφίες με ψηφιακή κλίμακα.

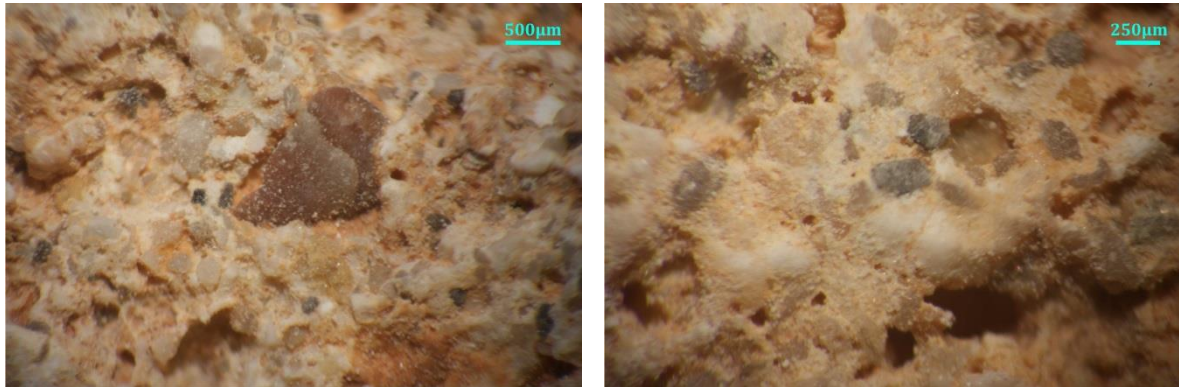


Σχήμα 81: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦΡ1Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Είναι εμφανής η καλή επαφή μεταξύ κονίας και λίθου, όπως και η συμπαγής δομή της κονίας, η οποία έχει χρωματισμό ώχρας.

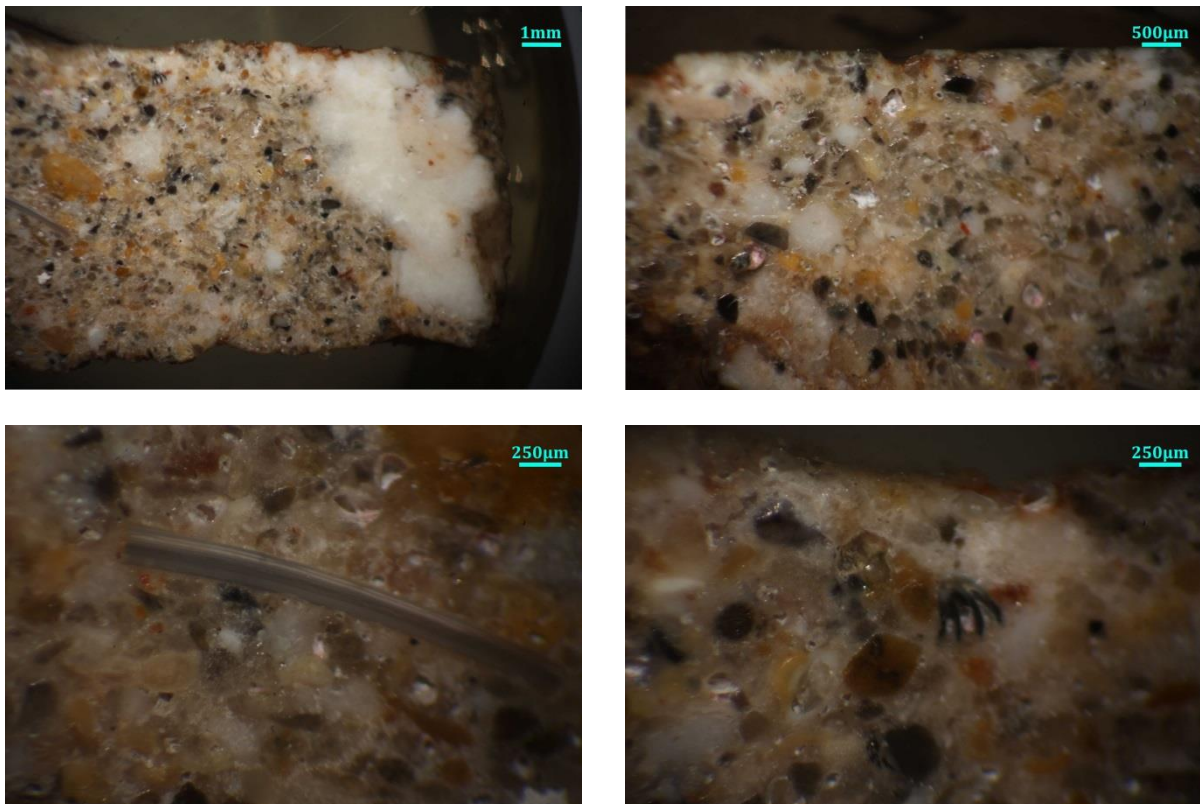


Σχήμα 82: Φωτογραφίες στιλπνών τομών επιχρίσματος ΦΡ1Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Η κονία είναι ασβεστίτης, ενώ τα αδρανή υλικά είναι λεπτόκοκκη θαλάσσια άμμος. Υπάρχουν κηλίδες χρωματισμών ώχρας, στο κονίαμα.

Επίχρισμα	ΦΡ1Ε
Χρώμα	Ωχρα, αρκετά καστανή
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή, πρόσφυση με προηγούμενο λευκό στρώμα
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος με ύπαρξη κελυφών, κόκκοι ασβεστίτη
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,7 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 1,6 χιλ Κίτρινα έως καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 1,1 χιλ Ασβεστιτικά (αδρανή ή λιθωμένη κονία), έως 3,2 χιλ
Κονία	Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι
Εγκλωβισμένα υλικά	Συσσωματώματα ασβεστίτη έως 3,2 χιλ. (κυρίως στο κονίαμα του υποστρώματος) και κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 1 χιλ.
Παρατηρήσεις	Πιθανότατα επίχρισμα νεότερης επέμβασης, χωρίς σημαντική διάβρωση, όπου σώζεται.



Σχήμα 83: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦΡ2Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Το κονίαμα φαίνεται πολύ συνεκτικό και ανθεκτικό. Δε φαίνονται κομμάτια κεραμικού, παρά μόνο ελάχιστα ερυθρόχρωμα λεπτόκοκκα αδρανή. Παρατηρούνται μάλλον μικροεξανθίσεις αλάτων.

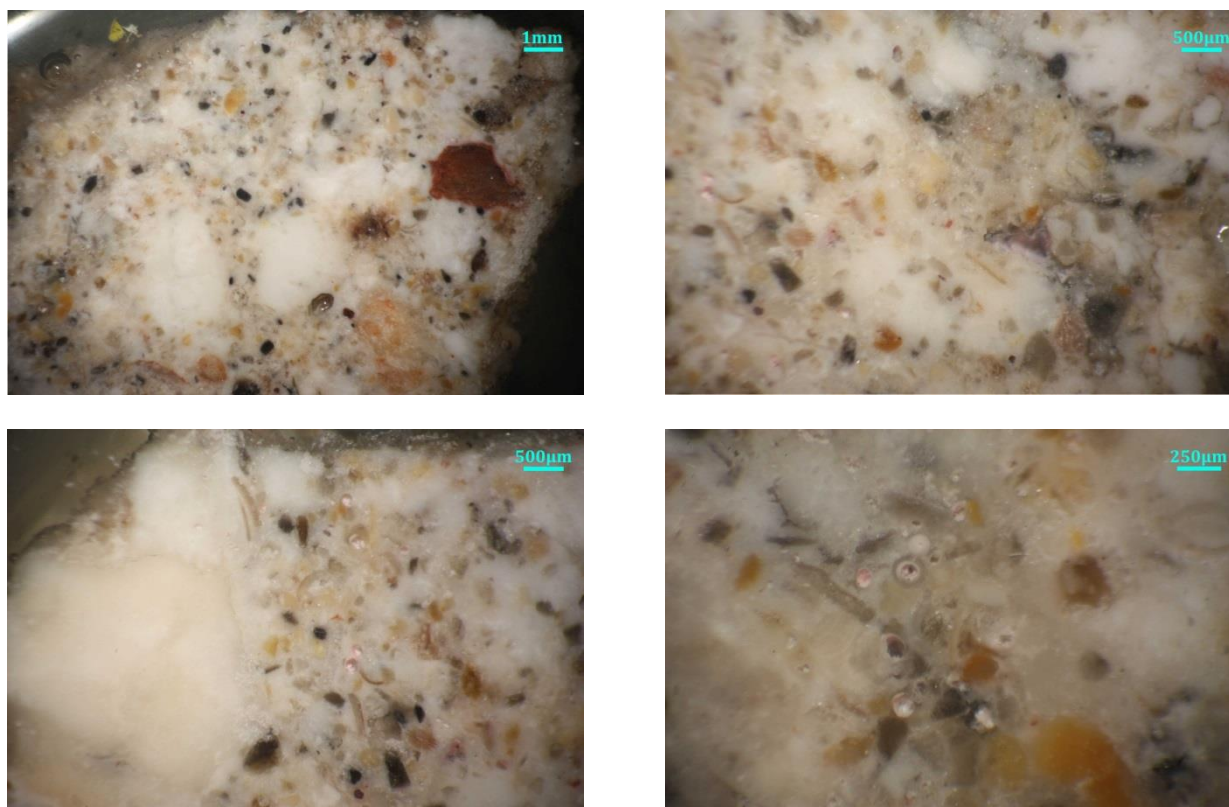


Σχήμα 84: Φωτογραφίες στιλπνών τομών του επιχρίσματος ΦΡ2Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Σε σύγκριση με το ΦΡ1Ε, με το οποίο μοιάζει πολύ μακροσκοπικά, έχει μικρότερο λόγο κονίας/αδρανών και πολύ πιο ομοιόμορφη δομή.

Επίχρισμα	ΦΡ2Ε
Χρώμα	Ωχρα, αρκετά καστανή
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή, πρόσφυση με προηγούμενο λευκό στρώμα
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, κόκκοι ασβεστίτη
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,8 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 2 χιλ Κίτρινα έως καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 2,5 χιλ Ασβεστιτικά (αδρανή ή λιθωμένη κονία), έως 2,1
Κονία	Συνεκτική δομή κονίας-αδρανών, αρκετά έγκοιλα-πόροι
Εγκλωβισμένα υλικά	Συσσωματώματα ασβεστίτη (κυρίως στο κονίαμα του υποστρώματος), έως 2,3 χιλ
Παρατηρήσεις	Μακροσκοπικά φαίνεται ίδιο με το ΦΡ1Ε, όμως οι στιλπνές τομές διαφέρουν

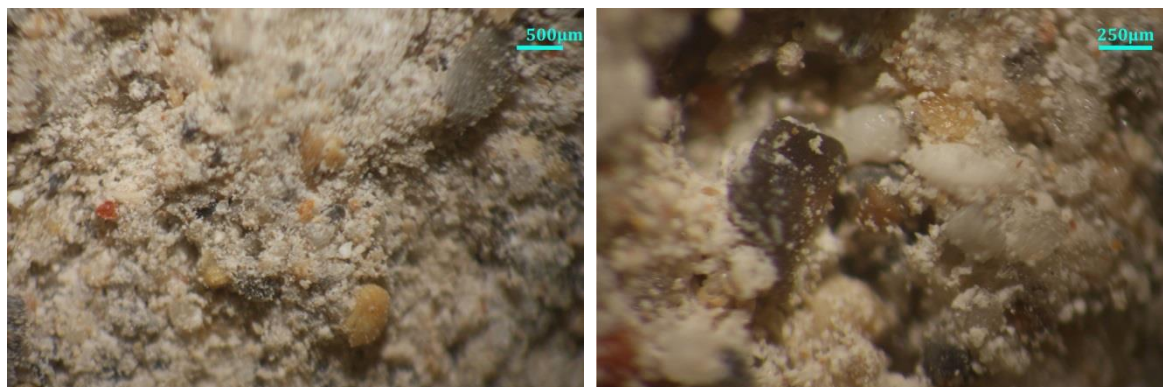


Σχήμα 85: Φωτογραφίες του κονιάματος ΦΡ3Κ από οπτικό μικροσκόπιο. Το κονίαμα είναι συμπαγές με καλή επαφή και συγκόλληση αδρανών-κονίας. Εμφανίζει επιφανειακά εξανθήσεις αλάτων.



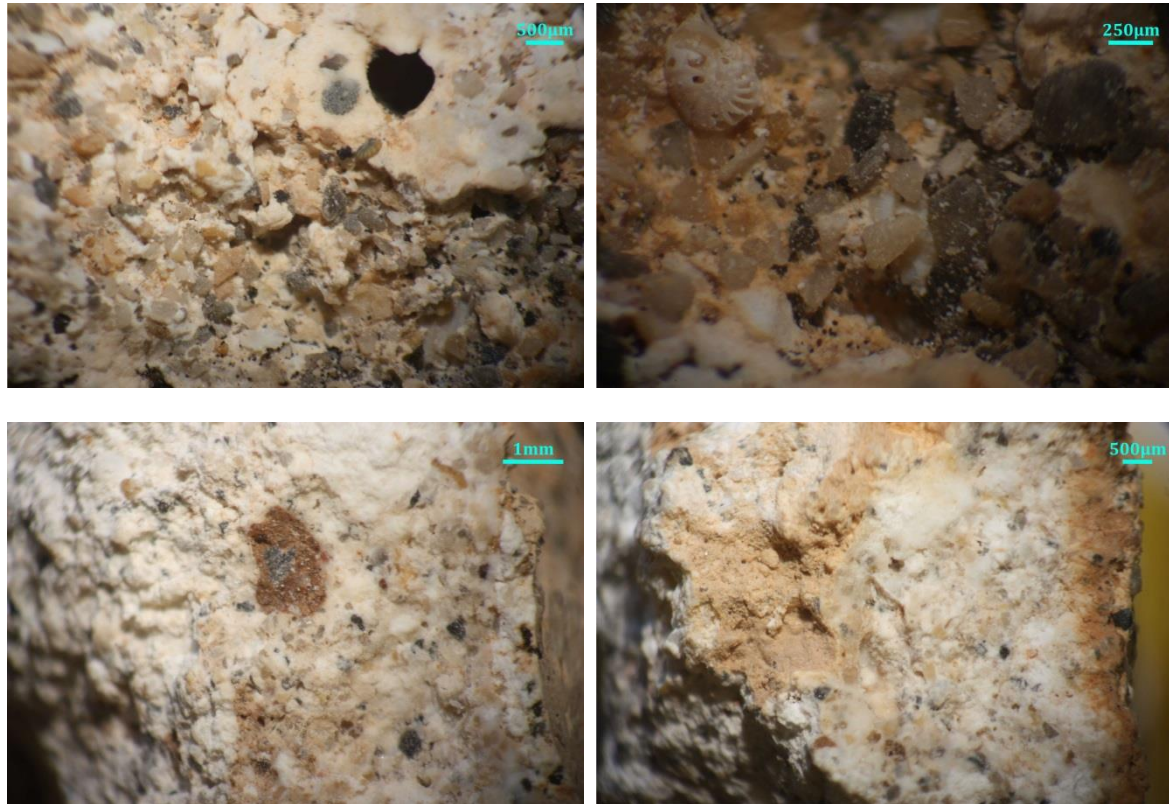
Σχήμα 86: Φωτογραφίες στιλπνών τομών του κονιάματος ΦΡ3Κ από οπτικό μικροσκόπιο. Επιβεβαιώνεται σποραδικότητα των κεραμικών, η περίσσεια κονίας και τα συσσωματώματα της κονίας σε συνδυασμό με την ύπαρξη λευκών αδρανών.

Επίχρισμα	ΦΡ3Κ
Χρώμα	Φαιόλευκο έως πολύ ανοιχτό γκρι
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, ασβεστιτικά αδρανή, γκρι αδρανή, θραύσματα μαύρου λίθου, ελάχιστα κεραμικά
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 1,4mm Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 0,6mm Κίτρινα έως καστανέρυθρα αδρανή, έως 1,5mm Ασβεστιτικά, έως 4mm Γκρι αδρανή, έως 1,7mm Μαύρο τμήμα λίθου 5mm Ελάχιστα κεραμικά, έως 5mm
Κονία	Συμπαγής δομή, πολύ καλή πρόσφυση με αδρανή
Εγκλωβισμένα υλικά	Συσσωματώματα ασβεστίτη έως 13mm και σποραδικές κεραμικές προσμίξεις. Εντοπίζεται θαλάσσιο όστρακο μεγάλου μεγέθους (κοχύλι) 11mm
Παρατηρήσεις	Ομοιάζει με ενετικά κονιάματα

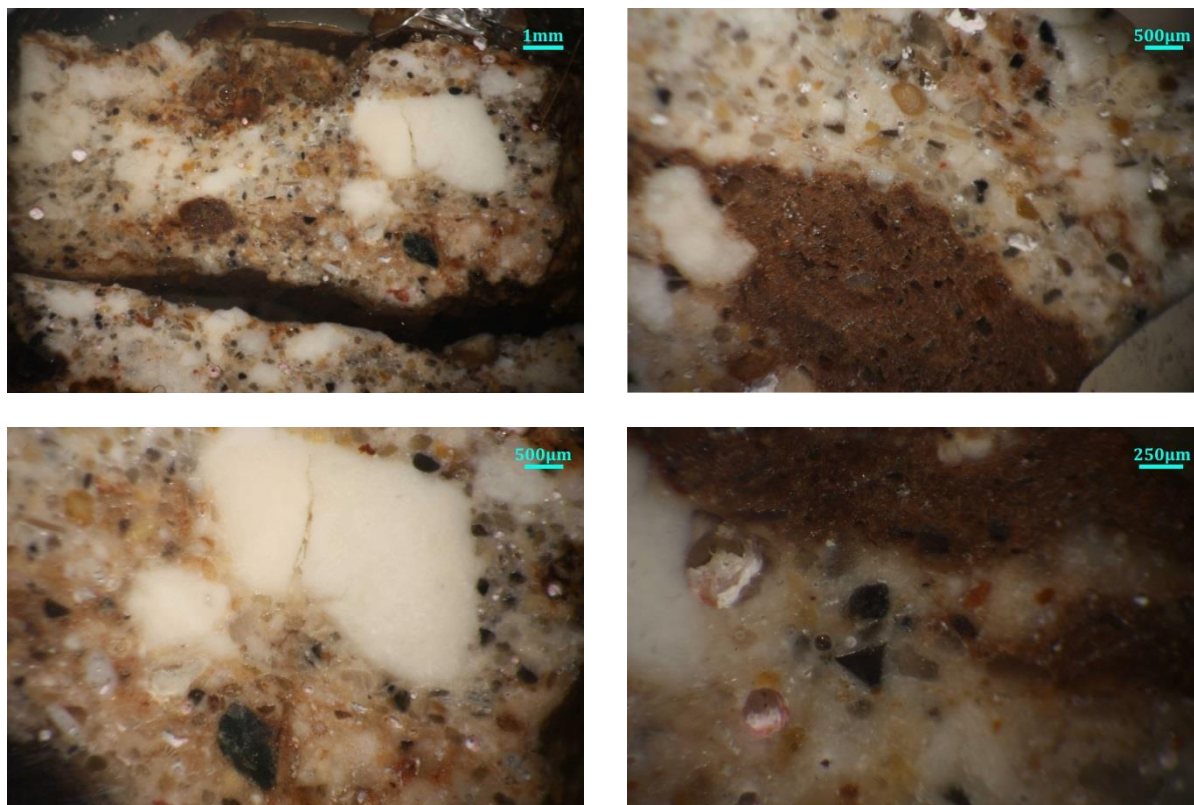


Σχήμα 87: Φωτογραφίες κονιάματος ΦΡ5Κ από οπτικό μικροσκόπιο. Παρατηρείται μια ισοκατανομή της κοκκομετρίας των αδρανών και μια μάλλον βέλτιστη αναλογία αδρανών-κονίας. Όμως το κονίαμα έχει μια ασθενή επιφανειακή δομή και έντονες εξανθίσεις αλάτων. Παρά το γεγονός ότι αποτελεί νεότερη επέμβαση, βρίσκεται σε παρόμοια αν όχι χειρότερη κατάσταση διατήρησης από τα ιστορικά κονιάματα.

Επίχρισμα	ΦΡ5Κ
Χρώμα	Σκούρο γκρι
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, γκρι αδρανή, καστανέρυθρα αδρανή, ασβεστιτικά, κεραμικά
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 1,5 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 1,2 χιλ Κίτρινα και κάποια καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 0,7 χιλ Κεραμικά θραύσματα, έως 0,5 χιλ Λίγα ασβεστιτικά, έως 0,8 χιλ Γκρι αδρανή, έως 4 χιλ Καστανέρυθρα αδρανή, έως 3 χιλ
Κονία	Τσιμεντιτικό κονίαμα ή ασβεστο-τσιμεντιτικό
Εγκλωβισμένα υλικά	Δεν παρατηρούνται
Παρατηρήσεις	Νεότερη επέμβαση αποκατάστασης (αρμολόγηματα και πληρώσεις)

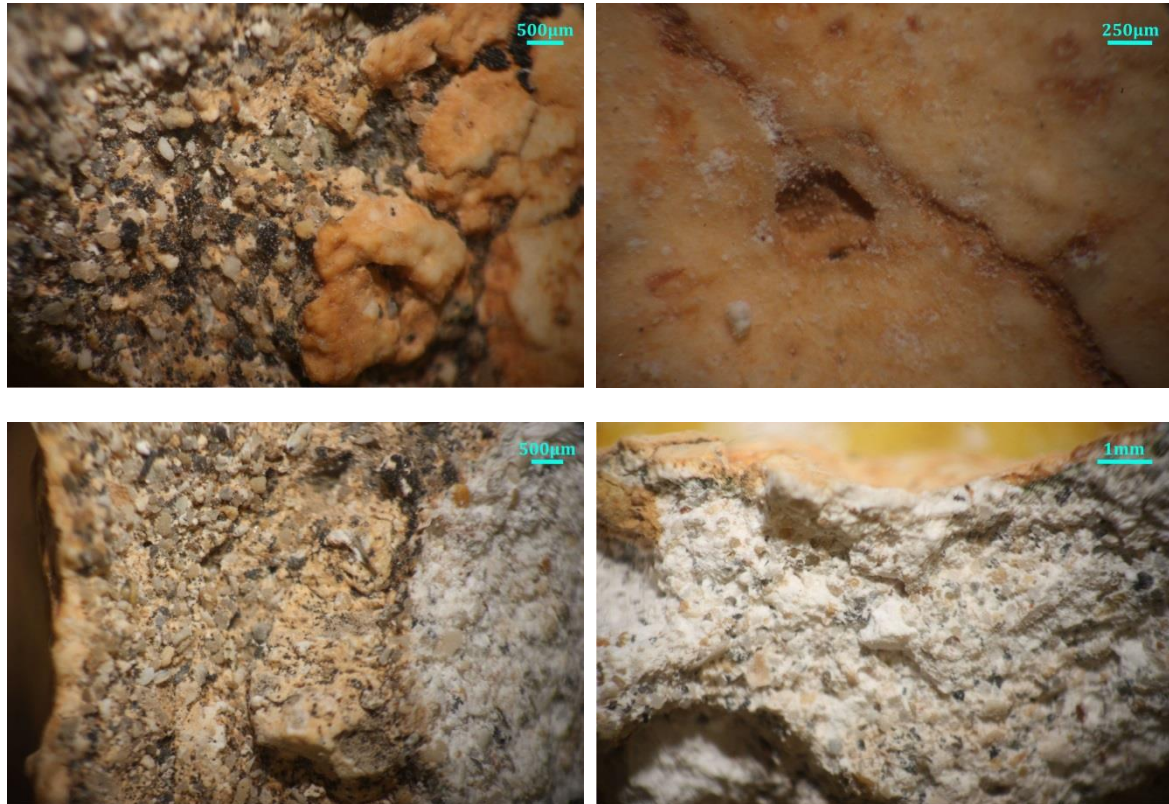


Σχήμα 88: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦΡ6Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Έχει λεπτόκοκκη θαλάσσια άμμο και παρουσία κεραμικών. Κρούστα χρώματος σχεδόν καθαρού ασβέστη, υπάρχει διακριτή στην επιφάνεια. Υπάρχουν σημειακά χρωματισμοί ώχρας, πιθανώς προϊόν οξείδωσης.

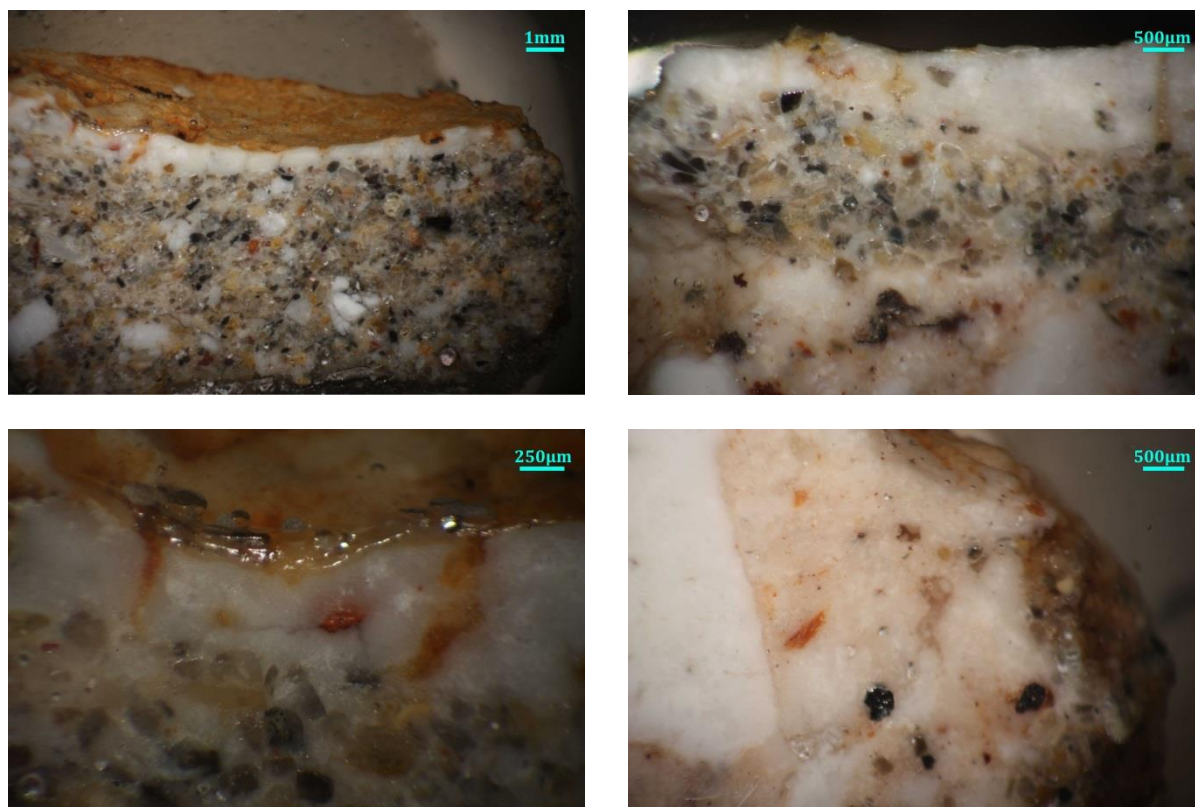


Σχήμα 89: Φωτογραφίες στιλπνών τομών του επιχρίσματος ΦΡ6Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Επιβεβαιώνονται οι παραπάνω παρατηρήσεις.

Επίχρισμα	ΦΡ6Ε
Χρώμα	Φαιόλευκο, κατά σημεία φέρει χρωματισμούς όχρας
Στρωματογραφία	Υποστρωματικό κονίαμα σε κάποια σημεία, ενδιάμεσο επίχρισμα και τελική λεπτή στρώση. Επαφή με μικρά τεμάχια λίθου κατά σημεία
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, ελάχιστα κεραμικά
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 1,3 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 1,4 χιλ Κίτρινα και ελάχιστα καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 1,4 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή, μικρορηγματώσεις στην τελική επίστρωση
Εγκλωβισμένα υλικά	Πληθώρα κελυφών θαλάσσιων οστράκων έως 0,6 χιλ , συσσωματώματα ασβεστίτη έως 2,1 χιλ, κεραμικά έως 1,9 χιλ
Παρατηρήσεις	Πιθανώς ενετικό επίχρισμα, σώζεται σε ελάχιστα σημεία



Σχήμα 90: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦΡ7Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Περιέχει θαλάσσια λεπτόκοκκη άμμο και εμφανίζει μια διαστρωματική δομή.



Σχήμα 91: Φωτογραφίες στιλπνών τομών του επιχρίσματος ΦΡ7Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Εδώ φαίνεται καλύτερη η συνεκτική δομή μεταξύ κονίας και αδρανών καθώς και η τελική επάλειψη ώχρας επάνω στην τελική επιφάνεια του ασβέστη.

Επίχρισμα	ΦΡ7Ε
Χρώμα	Όχρα στην επιφάνεια, φαιόλευκο-γκρί στο υπόστρωμα
Στρωματογραφία	Υποστρωματικό κονίαμα, ενδιάμεσο επίχρισμα εξομάλυνσης και τελική λεπτή επίστρωση με χρωματισμό ώχρας. Επαφή με μικρά τεμάχια λίθου κατά σημεία.
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, μεμονωμένα κεραμικά θραύσματα, πιθανώς και λίγα ασβεστιτικά αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,7 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 0,8 χιλ Κίτρινα και ελάχιστα καστανέρυθρα αδρανή άμμου ,έως 0,6 χιλ Ασβεστιτική αδρανή, έως 2,3 χιλ Κεραμικά θραύσματα, έως 0,5 χιλ και 7,6 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή, μικρορηγματώσεις στην τελική επίστρωση
Εγκλωβισμένα υλικά	Κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 0,8 χιλ , συσσωματώματα ασβεστίτη στο υποστρωματικό κονίαμα έως 1,7 χιλ
Παρατηρήσεις	Η τελική επίστρωση, τα υλικά και η δομή ομοιάζει πολύ με το ΦΡLeonE.

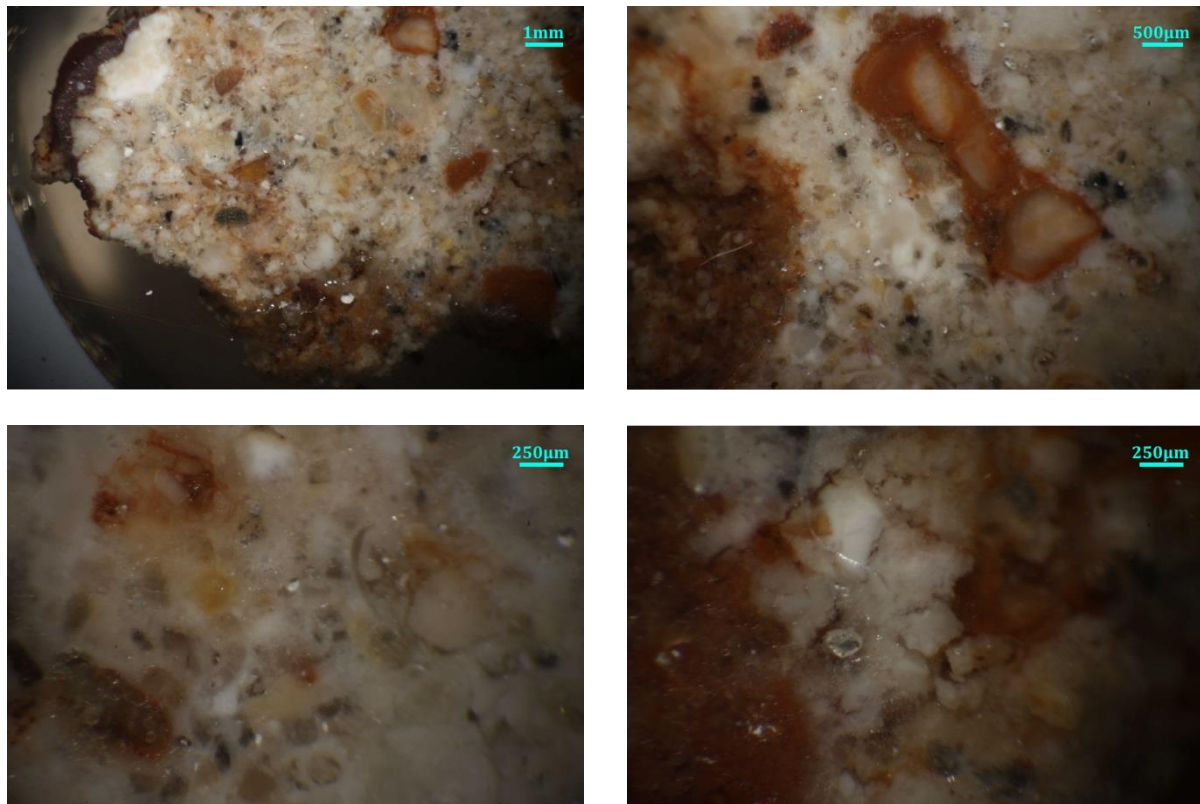


Σχήμα 92: Φωτογραφίες τομών του επιχρίσματος ΦΡ8Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Η δομή παρουσιάζει τρεις στρώσεις συνολικά, ενώ η επίστρωση ώχρας έχει ορισμένο πάχος, σε αντίθεση με το ΦΡ7Ε.

Επίχρισμα	ΦΡ8Ε
Χρώμα	Ωχρα με ερυθρή απόχρωση στην επίστρωση
Στρωματογραφία	Πρόσφυση σε τεμάχιο λίθου. Λεπτή στρώση επιχρίσματος, στρώση καθαρού ασβέστη και τελική στρώση ώχρας
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή, έως 0,7 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή, έως 1 χιλ Κίτρινα και ελάχιστα καστανέρυθρα αδρανή, έως 0,7 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή, μικρορηγματώσεις στην τελική επίστρωση
Εγκλωβισμένα υλικά	Ενδείξεις κελυφών θαλάσσιων οστράκων έως 0,7 χιλ , σβώλος ασβεστίτη 1,6 χιλ, κεραμικό θραύσμα 0,4 χιλ
Παρατηρήσεις	Τα υλικά, η δομή και ο χρωματισμός ομοιάζουν και με άλλα δείγματα.

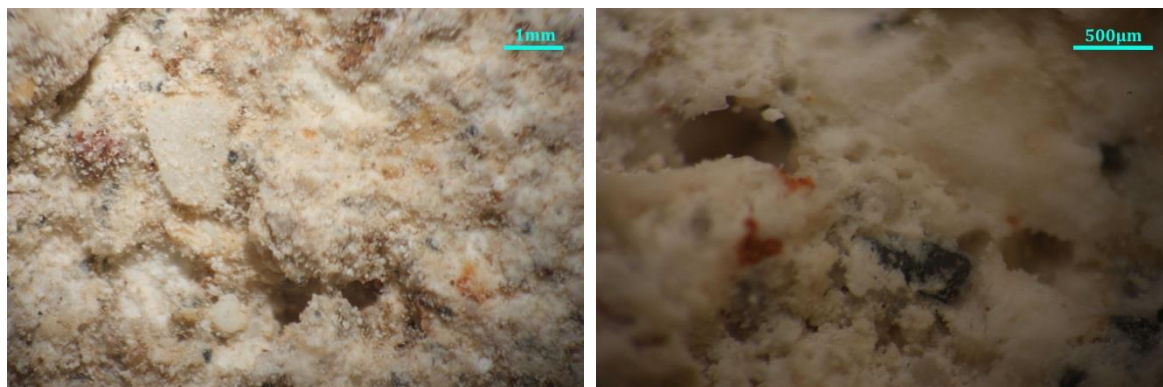


Σχήμα 93: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦΡ9Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Περιέχει ανάλογη δομή με τα περισσότερα επιχρίσματα, όμως έχει εντονότερο χρωματισμό ώχρας, που παραπέμπει ίσως σε χρήση κεραμάλευρο ή αργλικών συστατικών, όπως σε οθωμανικά κονιάματα.



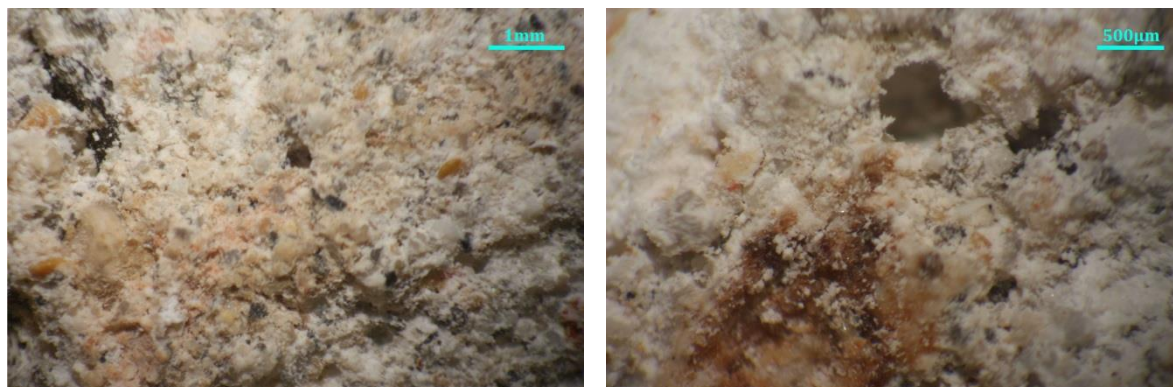
Σχήμα 94: Φωτογραφίες στιλπνών τομών του επιχρίσματος ΦΡ9Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Εδώ η δομή του μοιάζει περισσότερο με αυτή που φαίνεται στις στιλπνές τομές του ΦΡ1Ε. Δηλαδή φαίνονται διάφορες κηλίδες χρωματισμών που οφείλονται εν μέρει σε μη ομογενοποίηση του μίγματος κατά την παρασκευή του.

Επίχρισμα	ΦΡ9Ε
Χρώμα	Όχρα με ερυθρή απόχρωση, φαιόλευκο υπόστρωμα
Στρωματογραφία	Υποστρωματικό κονίαμα, ενδιάμεσο επίχρισμα εξομάλυνσης και τελική λεπτή επίστρωση με χρωματισμό όχρας.
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, μεμονωμένα κεραμικά θραύσματα, πιθανώς και λίγα ασβεστιτικά αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,8 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 1,6 χιλ Κίτρινα και ελάχιστα καστανέρυθρα αδρανή άμμου ,έως 1 χιλ Ασβεστιτική αδρανή, έως 1,5 χιλ Κεραμικά θραύσματα, έως 1,6 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή, μικρορηγματώσεις στην τελική επίστρωση
Εγκλωβισμένα υλικά	Κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 0,5 χιλ , συσσωματώματα ασβεστίτη στο υποστρωματικό κονίαμα έως 2,8 χιλ
Παρατηρήσεις	Ενώ γειτνιάζει με το ΦΡ8Ε και ομοιάζει, είναι αρκετά ερυθρότερο σε όλη τη μάζα του



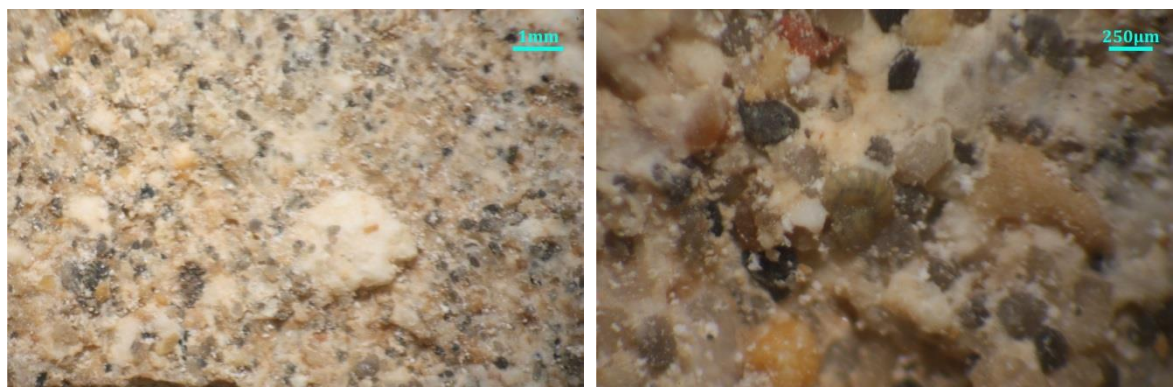
Σχήμα 95: Φωτογραφίες του κονιάματος ΦΡ10Κ από οπτικό μικροσκόπιο. Το κονίαμα μοιάζει ιδιαίτερα συνεκτικό και ακόμη και σε σημεία όπου υπάρχει βιολογική φθορά και επιφανειακές εξανθήσεις αλάτων, δεν υπάρχουν ρωγμές. Κατά σημεία παρουσιάζει κηλίδες με χρωματισμούς ώχρας καθώς και τους καφέ-κίτρινους.

Επίχρισμα	ΦΡ10Κ
Χρώμα	Ανοιχτό γκρι με αρκετές λευκές κηλίδες
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή
Αδρανή	(Θαλάσσια) άμμος, κεραμικά, ψαμμιτικά αδρανή, συσσωματώματα ασβεστίτη
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 1 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 0,8 χιλ Κίτρινα έως καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 1,2 χιλ Κεραμικά, έως 1,1 χιλ Ασβεστιτικά αδρανή, έως 2 χιλ Γκρι αδρανή, έως 2,5 χιλ Ψαμμιτικά αδρανή, έως 7 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή, πολύ καλή πρόσφυση με αδρανή
Εγκλωβισμένα υλικά	Συσσωματώματα ασβεστίτη έως 5 χιλ
Παρατηρήσεις	Μοιάζει πολύ με τα δείγματα ΦΡ10Κ, ΦΡ12Ε και ΦΡ16Ε

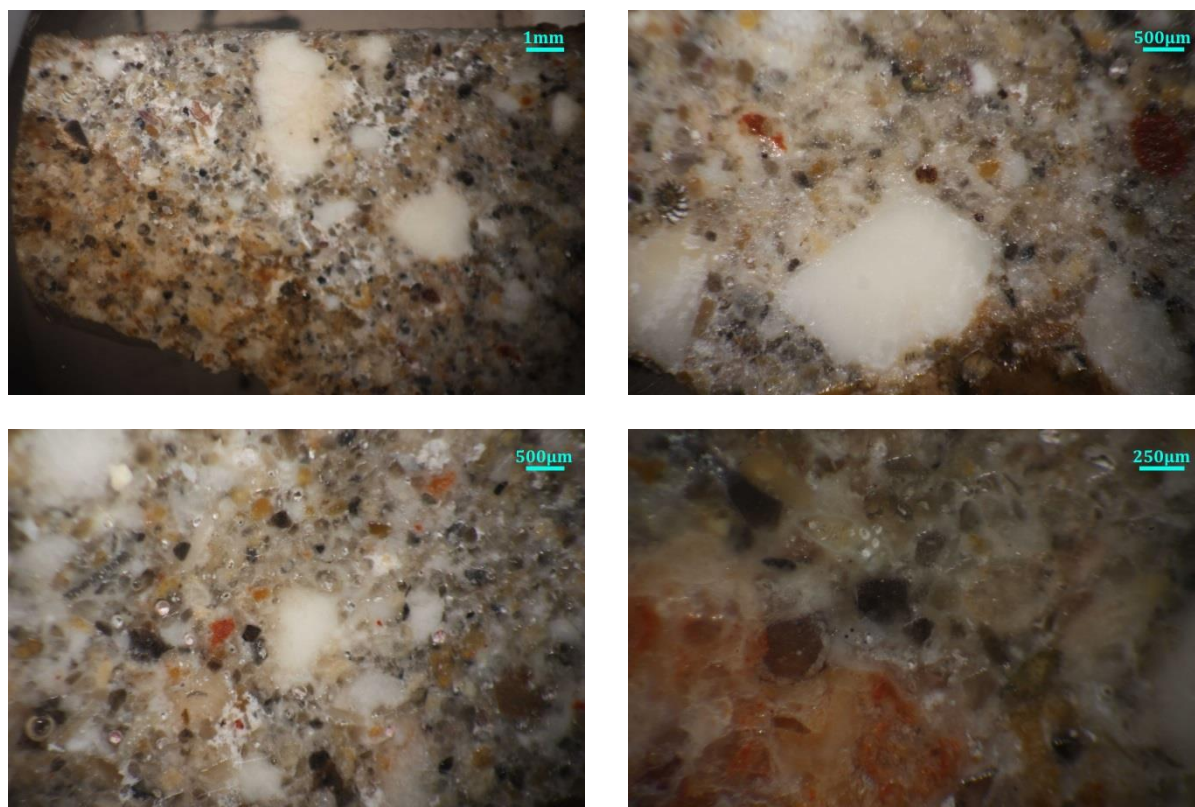


Σχήμα 96: Φωτογραφίες του κονιάματος ΦΡ11Κ από οπτικό μικροσκόπιο. Οι παρατηρήσεις είναι παρόμοιες με του ΦΡ10Κ, ενώ οι διαφορές αμελητέες.

Επίχρισμα	ΦΡ11Κ
Χρώμα	Ανοιχτό γκρι με αρκετές λευκές κηλίδες
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή
Αδρανή	(Θαλάσσια) άμμος, ψαμμιτικά αδρανή, κεραμικά θραύσματα, ασβεστιτικά και άλλα γκρίζα αδρανή,
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,8 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 1 χιλ Κίτρινα έως καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 1,4 χιλ Ασβεστιτικά αδρανή, έως 0,7 χιλ Έντονα μαύρα αδρανή, έως 1,7 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή, πολύ καλή πρόσφυση με αδρανή
Εγκλωβισμένα υλικά	Συσσωματώματα ασβεστίτη έως 4 χιλ, κεραμικά έως 0,2 χιλ
Παρατηρήσεις	Πανομοιότυπο με το ΦΡ10Κ

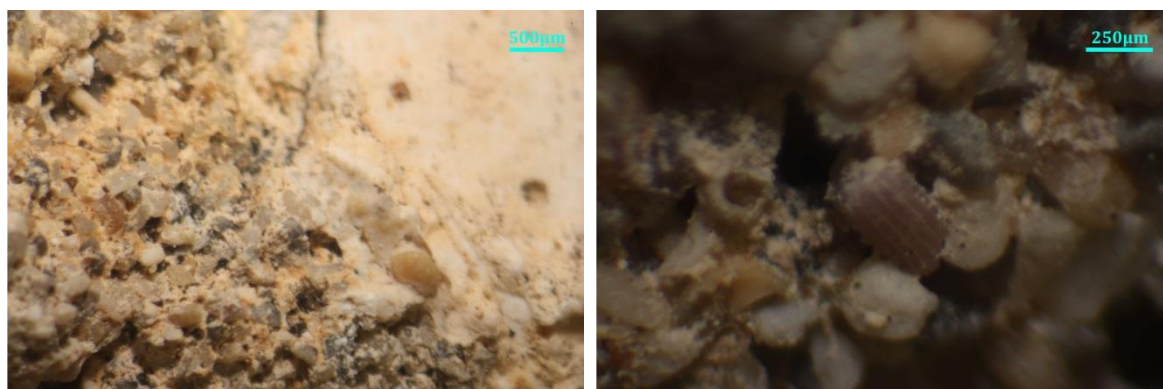


Σχήμα 97: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦΡ12Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Το επίχρισμα είναι παραπλήσιο με τα λεπτόκοκκα υποστρώματα των επιχρισμάτων. Παρουσιάζει όμως ελαφρύ ήπιο χρωματισμό ώχρας και κάποια ασβεστιτικά αδρανή.



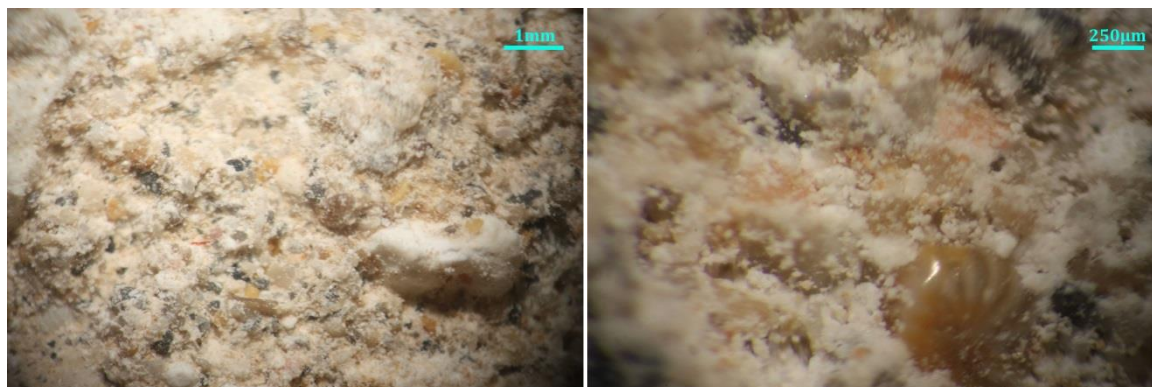
Σχήμα 98: Φωτογραφίες στιλπνών τομών του επιχρίσματος ΦΡ12Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Εδώ μπορεί να παραλληλιστεί και με το επίχρισμα ΦΡ2Ε, ενώ θεωρείται πως είναι το ίδιο με το ΦΡ16Ε.

Επίχρισμα	ΦΡ12Ε
Χρώμα	Κατά σημεία σκούρα ώχρα, αλλού γκρι
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, κόκκοι ασβεστίτη, ελάχιστα κεραμικά, κίτρινο-ερυθρό αδρανές
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,9 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 1 χιλ Κίτρινα και ελάχιστα καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 0,9 χιλ Ασβεστιτικά έως 2,6 χιλ Μεμονωμένο κίτρινο ερυθρό αδρανές, περίπου 3 χιλ κεραμικά έως 0,9 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή
Εγκλωβισμένα υλικά	Κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 0,5 χιλ, συσσωματώματα ασβεστίτη έως 2,8 χιλ
Παρατηρήσεις	Το ίδιο επίχρισμα με το ΦΡ16Ε



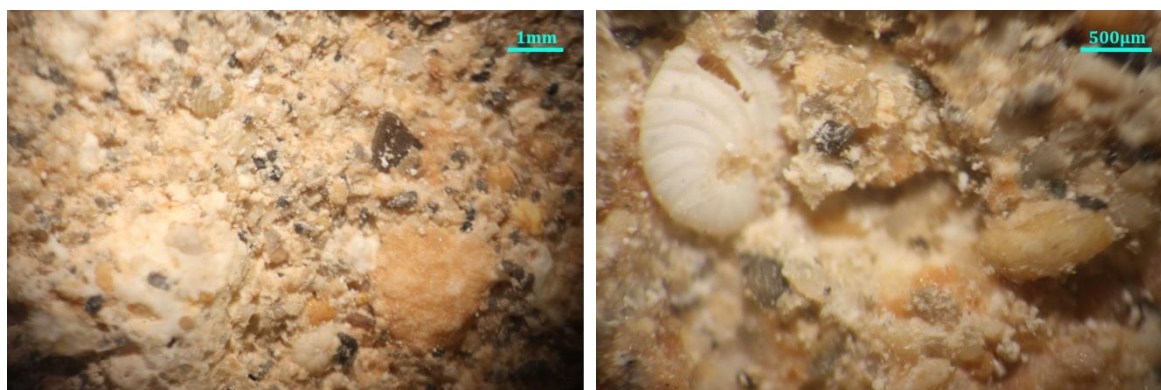
Σχήμα 99: Φωτογραφίες του κονιάματος ΦΡ13Κ από οπτικό μικροσκόπιο. Περιέχει θαλάσσια άμμο και πολύ συνεκτική κονία με το μικρότερο λόγο κονίας/αδρανών από τα υπόλοιπα. Όμως η απροσδιόριστη αρχική του θέση και χρήση δεν επιτρέπουν περαιτέρω σχολιασμό.

Επίχρισμα	ΦΡ13Κ
Χρώμα	Σκούρο γκρι
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή, πρόσφυση με ασβεστόλιθο
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, , ψαμμιτικά αδρανή, κεραμικά
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 1,2 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 1 χιλ Κίτρινα έως καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 0,8 χιλ Κεραμικά, έως 1,4 χιλ Λίγα ψαμμιτικά αδρανή, έως 1,8 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή, πολύ καλή πρόσφυση με αδρανή
Εγκλωβισμένα υλικά	Συσσωματώματα ασβεστίτη έως 7 χιλ , κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 0,8 χιλ
Παρατηρήσεις	Συλλέχθηκε από σωρό υλικών, άγνωστη η προέλευση και η χρονολόγηση του.

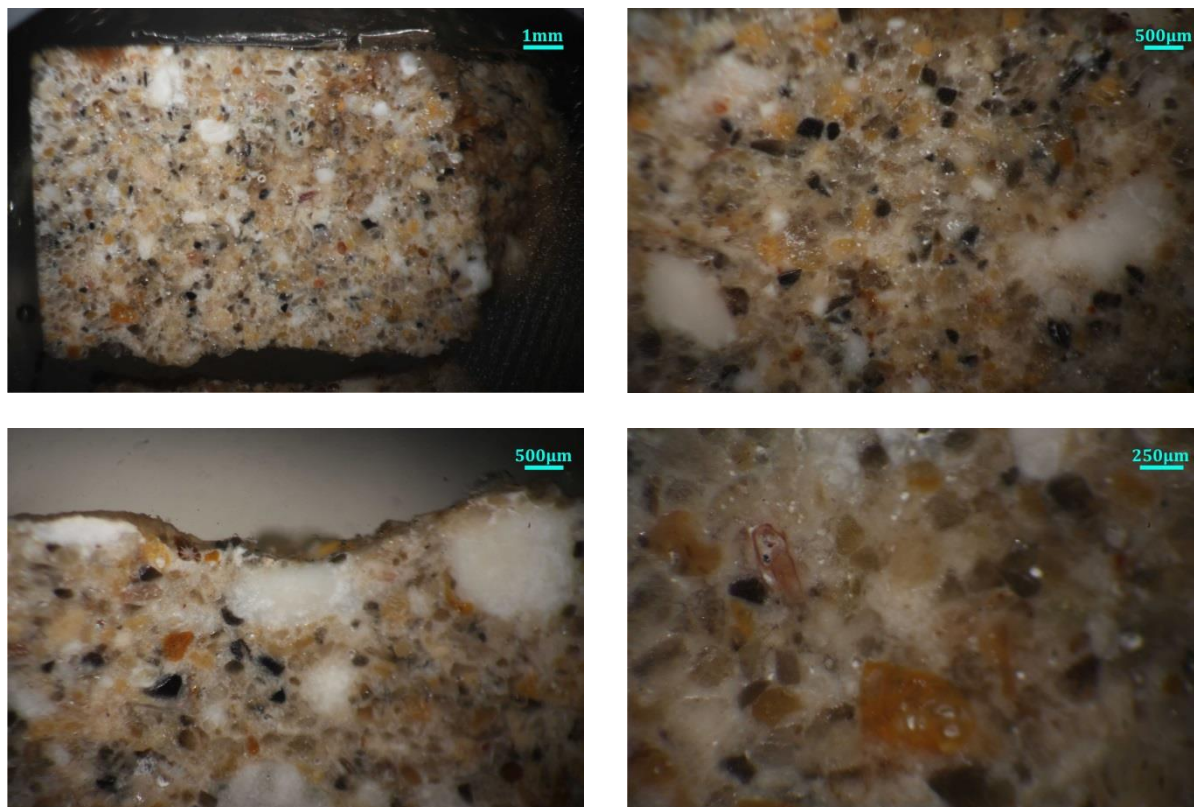


Σχήμα 100: Φωτογραφίες του κονιάματος ΦΡ15Κ από οπτικό μικροσκόπιο. Παρουσιάζει μεγαλύτερη ποσότητα λεπτόκοκκων αδρανών σε σχέση με τα δείγματα ΦΡ10 και ΦΡ11. Γενικά όμως μοιάζει και μπορεί τεχνολογικά και χρονολογικά να ομαδοποιηθεί με αυτά.

Επίχρισμα	ΦΡ15Κ
Χρώμα	Ανοιχτό γκρι με αρκετές λευκές κηλίδες
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή
Αδρανή	(Θαλάσσια) άμμος, , ψαμμιτικά αδρανή, ασβεστιτικά και γκρι αδρανή, μεμονωμένες ενδείξεις κεραμικών
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,7mm Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 0,9mm Κίτρινα έως καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 0,8mm Ασβεστιτικά αδρανή, έως 6mm Γκρι αδρανή με ελαφρώς ερυθρές κηλίδες, έως 7mm και >30mm Λίγα ψαμμιτικά αδρανή, έως 3mm
Κονία	Συμπαγής δομή, πολύ καλή πρόσφυση με αδρανή
Εγκλωβισμένα υλικά	Συσσωματώματα ασβεστίτη έως 4,6mm, ορισμένα κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 0,7mm, μεμονωμένα κεραμικά
Παρατηρήσεις	Πιθανώς μεταγενέστερο κονίαμα, όμοιο με ΦΡ10Κ, ΦΡ11Κ, ωστόσο διαφέρει χημικά με αυτά στο γύψο.

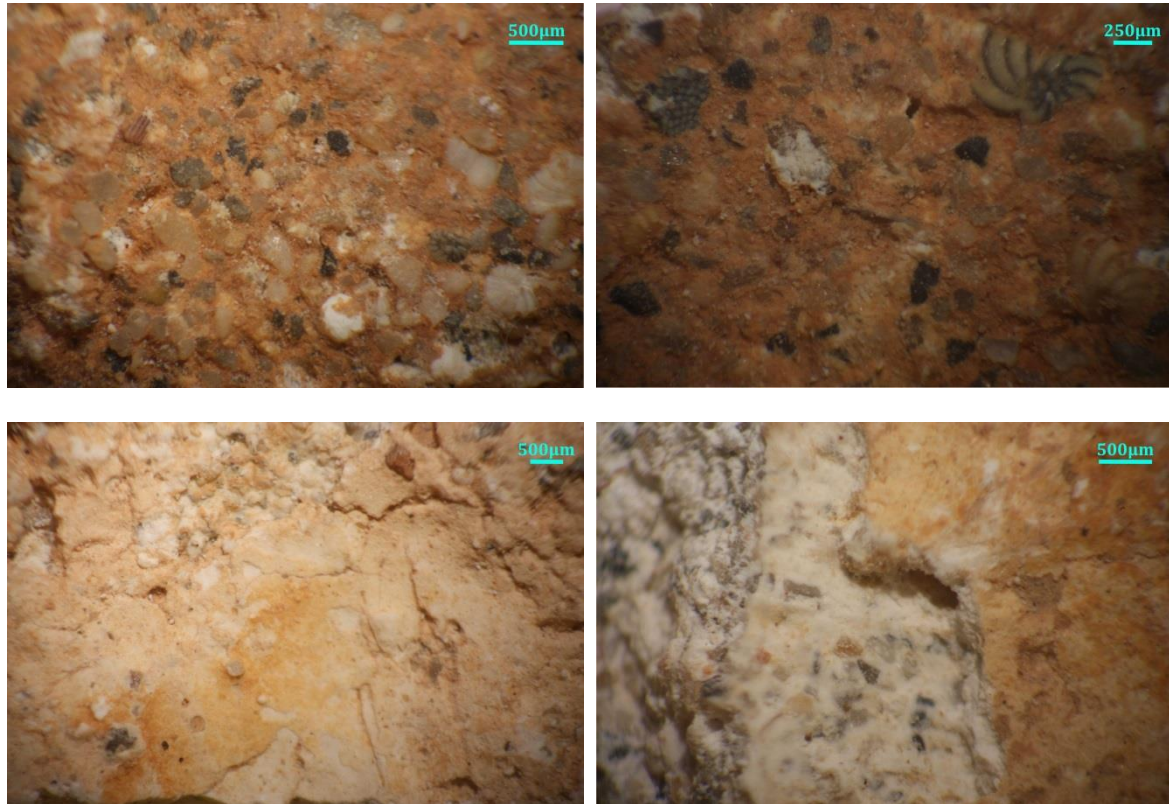


Σχήμα 101: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦΡ16Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Πανομοιότυπο με το δείγμα ΦΡ12Ε , με παρόμοια κατανομή θαλάσσιων αδρανών και πανομοιότυπο χρωματισμό ώχρας στην επιφάνεια του.



Σχήμα 102: Φωτογραφίες στιλπνών τομών του επιχρίσματος ΦΡ16Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Είναι πανομοιότυπο με το ΦΡ12Ε (με το οποίο έχει και την ίδια σύσταση), ενώ επίσης μοιάζει πολύ και με το ΦΡ2Ε.

Επίχρισμα	ΦΡ16Ε
Χρώμα	Σκούρα όχρα
Στρωματογραφία	Ενιαία δομή
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, κόκκοι ασβεστίτη, ελάχιστα κεραμικά, κίτρινα
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή, έως 2 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή, έως 1,1 χιλ Κίτρινα και ελάχιστα καστανέρυθρα αδρανή, έως 0,7 χιλ Ασβεστιτικά, έως 5 χιλ Κίτρινα αδρανή, έως 2,4 χιλ κεραμικά έως 3,2 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή
Εγκλωβισμένα υλικά	Κελύφη θαλάσσιων οστράκων έως 0,8 χιλ, συσσωματώματα ασβεστίτη έως 6 χιλ
Παρατηρήσεις	Το ίδιο επίχρισμα με το ΦΡ12Ε

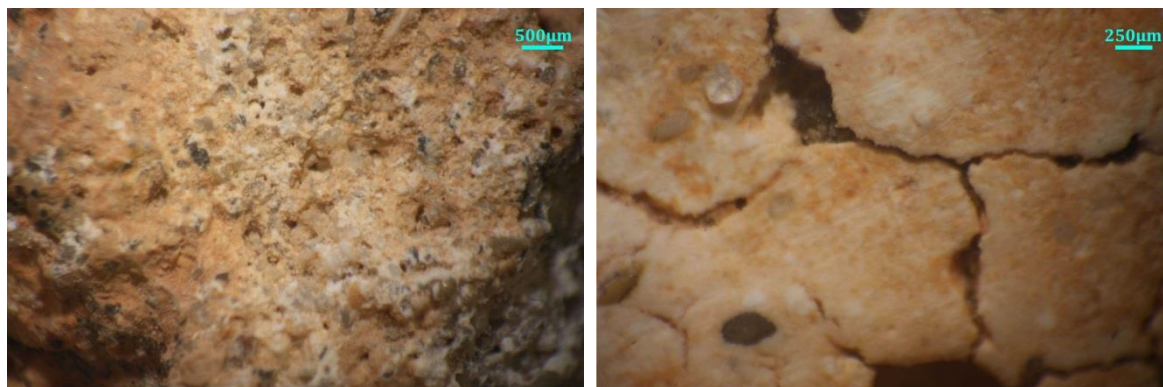


Σχήμα 103: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦΡ17Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Το επίχρισμα παρουσιάζει απλή διαστρωματική δομή, με μια λεπτή στρώση ασβέστη-ώχρας. Επίσης οι χρωματισμοί του παραπέμπουν στο επίχρισμα ΦΡ9Ε.



Σχήμα 104: Φωτογραφίες στιλπνών τομών του επιχρίσματος ΦΡ17Ε από οπτικό μικροσκόπιο. Η δομή του μοιάζει πολύ με αρκετών επιχρισμάτων, με τα οποία μπορεί να ομαδοποιηθεί ως προς τη χρονολόγησή του.

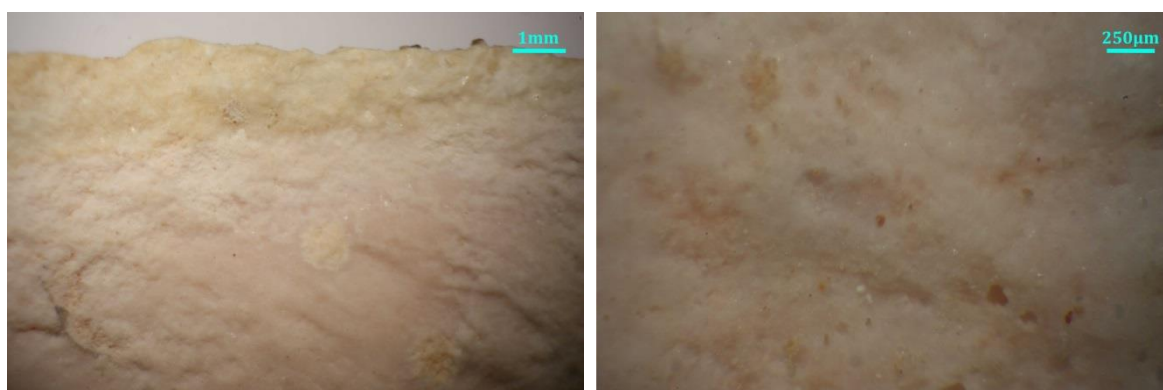
Επίχρισμα	ΦΡ17Ε
Χρώμα	Ανοιχτοί έως έντονοι και σκούροι χρωματισμοί ώχρας, φαιόλευκο υπόστρωμα
Στρωματογραφία	Υποστρωματικό κονίαμα, σε κάποια σημεία επίχρισμα εξομάλυνσης και τελική λεπτή στρώση ασβέστη με χρώμα.
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος, σποραδικά κεραμικά, κόκκοι ασβεστίτη, κίτρινα αδρανή, ψαμμιτικό θραύσμα λίθου
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή, έως 1mm Σκούρα γκρι αδρανή, έως 0,7mm Κίτρινα και ελάχιστα καστανέρυθρα αδρανή, έως 0,5mm Ασβεστιτικά (ή συσσωματώματα), έως 2mm Κεραμικά, έως 2mm Κίτρινα αδρανή, έως 2,5mm Ψαμμιτικό τεμάχιο λίθου >5mm
Κονία	Συμπαγής δομή
Εγκλωβισμένα υλικά	Πληθώρα κελυφών θαλάσσιων οστράκων έως 0,8mm , ορισμένα συσσωματώματα ασβεστίτη στο υπόστρωμα έως 2,1mm
Παρατηρήσεις	Διχρωμία ώχρας-γκρίζου στο πίσω μέρος. Διαφέρει από ΦΡ16Ε



Σχήμα 105: Φωτογραφίες του επιχρίσματος ΦPLeonE από οπτικό μικροσκόπιο. Το επίχρισμα παρουσιάζει απλή διαστρωματική δομή, με μια λεπτή στρώση ασβέστη-ώχρας. Μοιάζει αρκετά με το ΦP7E και μπορούν να ταυτιστούν.

Επίχρισμα	ΦPLeonE
Χρώμα	Ωχρα στην επιφάνεια, φαιόλευκο στο υπόστρωμα
Στρωματογραφία	Υποστρωματικό κονίαμα και τελική λεπτή στρώση.
Αδρανή	Θαλάσσια άμμος
Κοκκομετρία αδρανών	Φαιόλευκα αδρανή άμμου, έως 0,6 χιλ Σκούρα γκρι αδρανή άμμου, έως 1 χιλ Κίτρινα και ελάχιστα καστανέρυθρα αδρανή άμμου, έως 0,7 χιλ
Κονία	Συμπαγής δομή, μικρορηγματώσεις στην τελική επίστρωση
Εγκλωβισμένα υλικά	Θαλάσσια κελύφη, έως 0,6 χιλ
Παρατηρήσεις	Ομοιάζει πολύ με το ΦP7E, είναι αυθεντικά επιχρίσματα

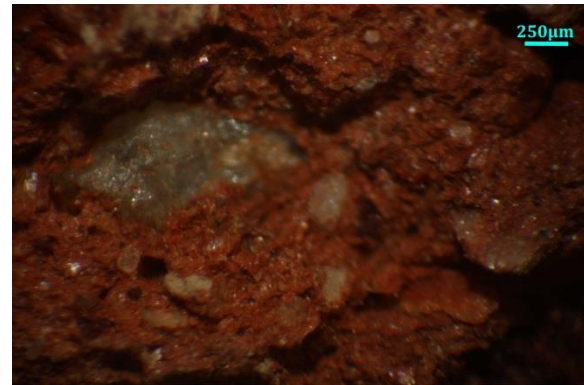
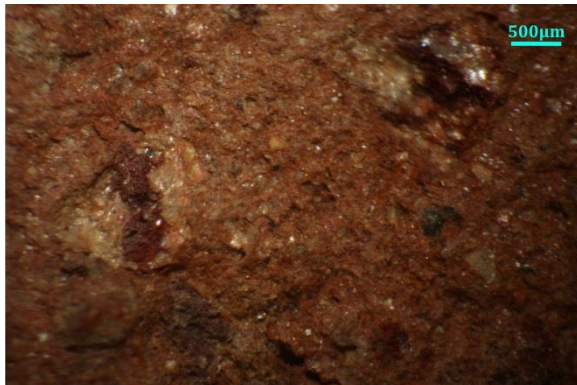
Στα Σχήματα 106 έως 109 παρουσιάζονται οι φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο των υπό εξέταση λίθων ΦP4Λ και ΦP18Λ, του κεραμικού ΦP14KEP και της θαλάσσιας άμμου ΦPAMM.



Σχήμα 106: Φωτογραφίες του λίθου ΦP4Λ από οπτικό μικροσκόπιο. Στο στερεοσκόπιο διακρίνεται η συμπαγής δομή του λίθου. Έχει υπόλευκο χρώμα με ποικίλες καστανές κηλίδες. Πρόκειται για πέτρωμα χωρίς μακροπορώδες.



Σχήμα 107: Φωτογραφίες του λίθου ΦΡ18Λ από οπτικό μικροσκόπιο. Παρατηρούνται ποικίλοι σχηματισμοί και διαφορετικά υλικά που συνθέτουν τον βιοκλαστικό ασβεστόλιθο, καθώς και αρκετοί μεγάλοι πόροι.



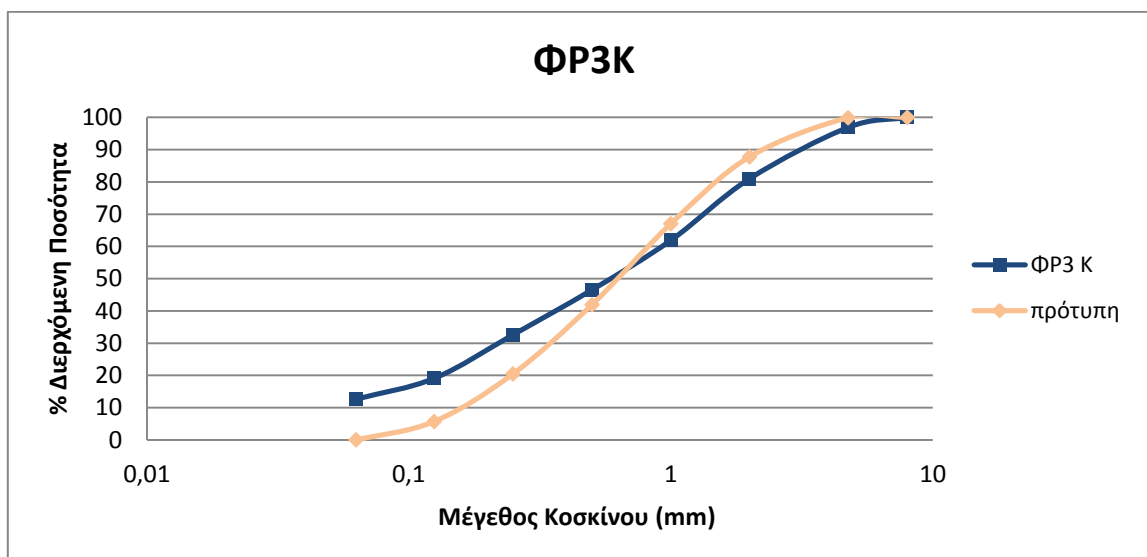
Σχήμα 108: Φωτογραφίες του κεραμικού ΦΡ14ΚΕΡ από οπτικό μικροσκόπιο. Διακρίνονται τα λεπτόκοκκα αδρανή, πιθανώς χαλαζιακά, καθώς αδρανή που πιθανώς προέρχονται από παλαιότερα κεραμικά. Η ελάχιστη παρουσία κεραμικών στην κατασκευή και τα κονιάματα του φρουρίου δεν υπαγορεύει περαιτέρω μελέτη του δείγματος.



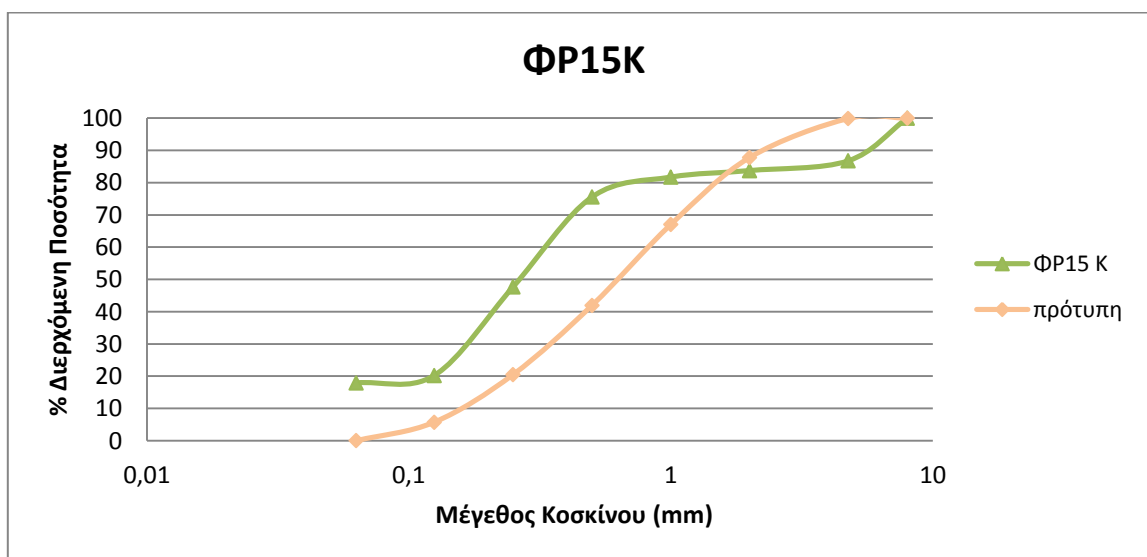
Σχήμα 109: Φωτογραφίες της θαλάσσιας άμμου ΦΡΑΜΜ από το οπτικό μικροσκόπιο. Στην άμμο περιέχονται αρκετά ανοιχτόχρωμα αδρανή που δε φαίνονται μακροσκοπικά, καθώς και πληθώρα θαλάσσιων κελυφών. Η μορφή πολλών από τα κελύφη παραπέμπει άμεσα σε όσα παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια των δειγμάτων.

5.4.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση δειγμάτων

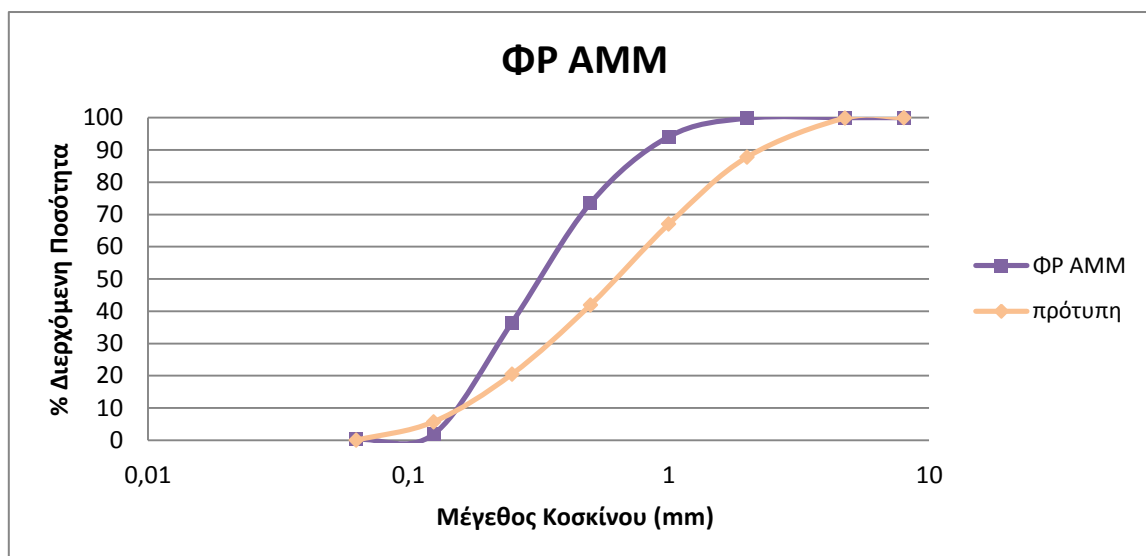
Στα σχήματα 110 έως 112 παρουσιάζονται οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις των κονιαμάτων ΦΡ3Κ και ΦΡ15Κ και της εντόπιας άμμου ΦΡΑΜΜ, όλα σε παραλληλισμό με την καμπύλη της πρότυπης άμμου. Οι καμπύλες προέκυψαν από την ανάλυση με την χρήση των κοσκίνων κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης.



Σχήμα 110: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης του κονιάματος ΦΡ3Κ.



Σχήμα 111: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης του κονιάματος ΦΡ15Κ.



Σχήμα 112: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης της εντόπιας άμμου ΦΡ ΑΜΜ.

Το κονίαμα ΦΡ3Κ παρουσιάζει μια αρκετά καλή κοκκομετρική διαβάθμιση. Πλησιάζει σε γενικές γραμμές την πρότυπη άμμο, εκτός του ότι το κονίαμα έχει ελαφρώς μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε χονδρόκοκκα αδρανή. Ωστόσο αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι είναι κονίαμα δόμησης. Επίσης η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πολύ λεπτόκοκκα και παιπάλη οφείλεται στην παρουσία της κονιάς.

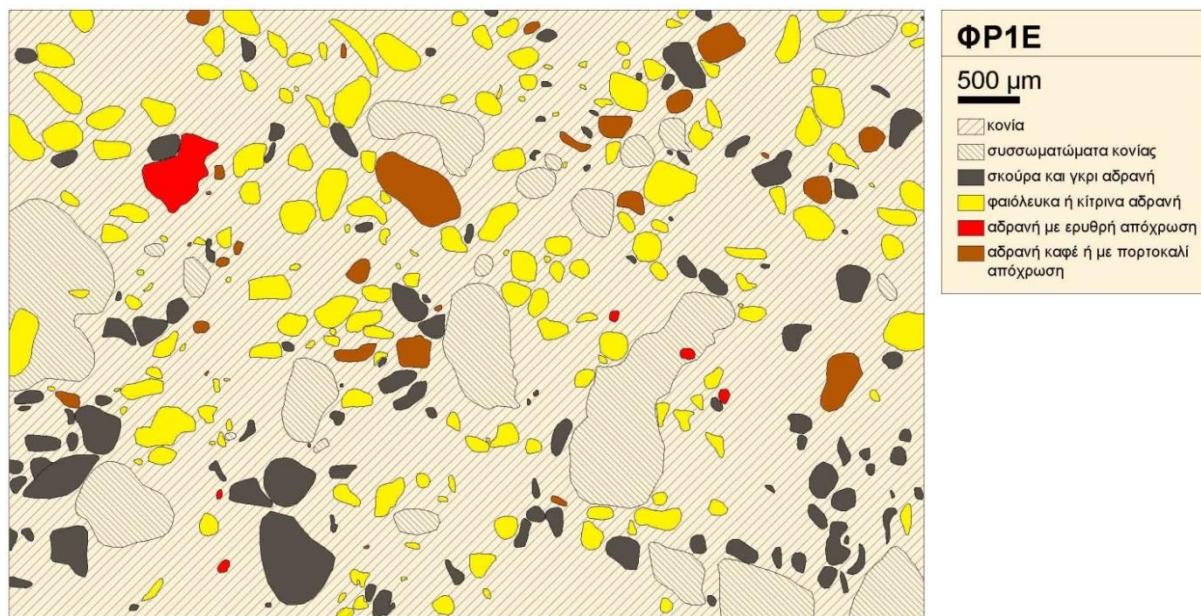
Το κονίαμα ΦΡ15Κ παρουσιάζει ανωμαλία στην κατανομή των αδρανών του. Παρουσιάζει αρκετή περιεκτικότητα σε μεγάλο μέγεθος αδρανή (ακόμη και >7 χιλιοστών), δεν περιέχει πολλά μεσόκοκκα και τέλος περιέχει πολλά λεπτόκοκκα. Η παρουσία των χονδρόκοκκων αδρανών εξηγεί την χρήση του κονιάματος σε βαθειά αρμολογήματα και λιθοδομή.

Η άμμος ΦΡ ΑΜΜ είναι γενικά μια λεπτόκοκκη άμμος που και από τις μικροσκοπικές παρατηρήσεις συμπεραίνουμε ότι έχει χρησιμοποιηθεί στα περισσότερα επιχρίσματα κατ' αποκλειστικότητα, ενώ στα κονιάματα περιέχονται και άλλα είδη χονδρότερων αδρανών.

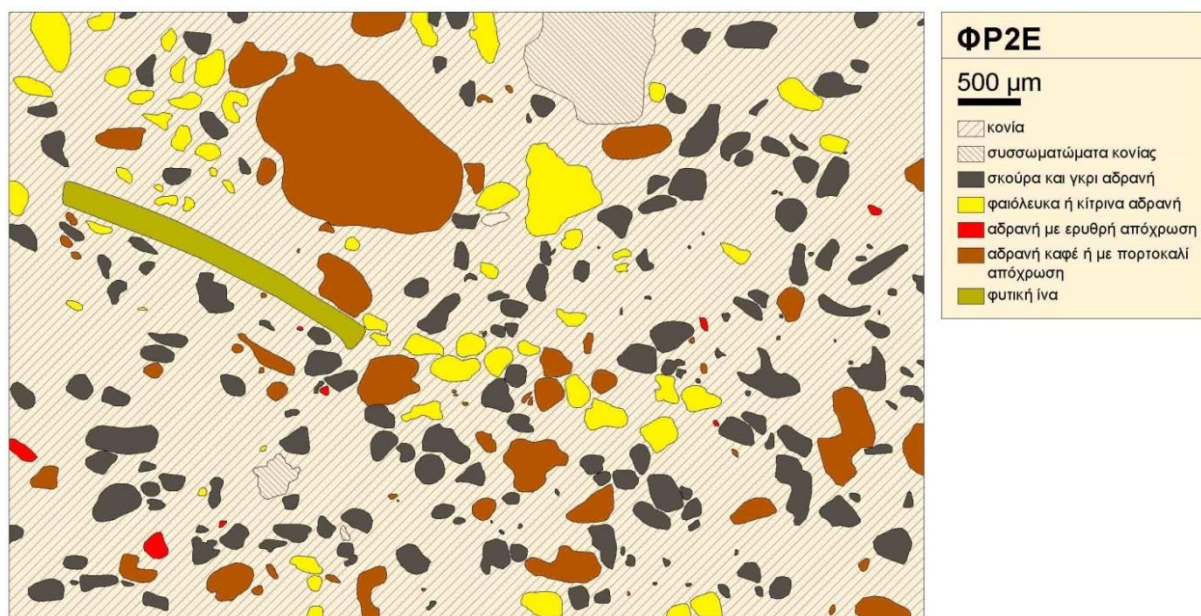
5.4.3 Προφίλ κονιαμάτων και επιχρισμάτων

Στην τελευταία ενότητα παρουσιάζονται τα ανασχεδιασμένα προφίλ των κονιαμάτων επιχρισμάτων, τα οποία προέκυψαν από την ψηφιακή ανασχεδίαση των στυλπνών τομών (Σχήματα 113-121). Συνεπώς η επεξεργασία αυτή έγινε για τα δείγματα εκείνα για τα οποία υπάρχουν στυλπνές τομές.

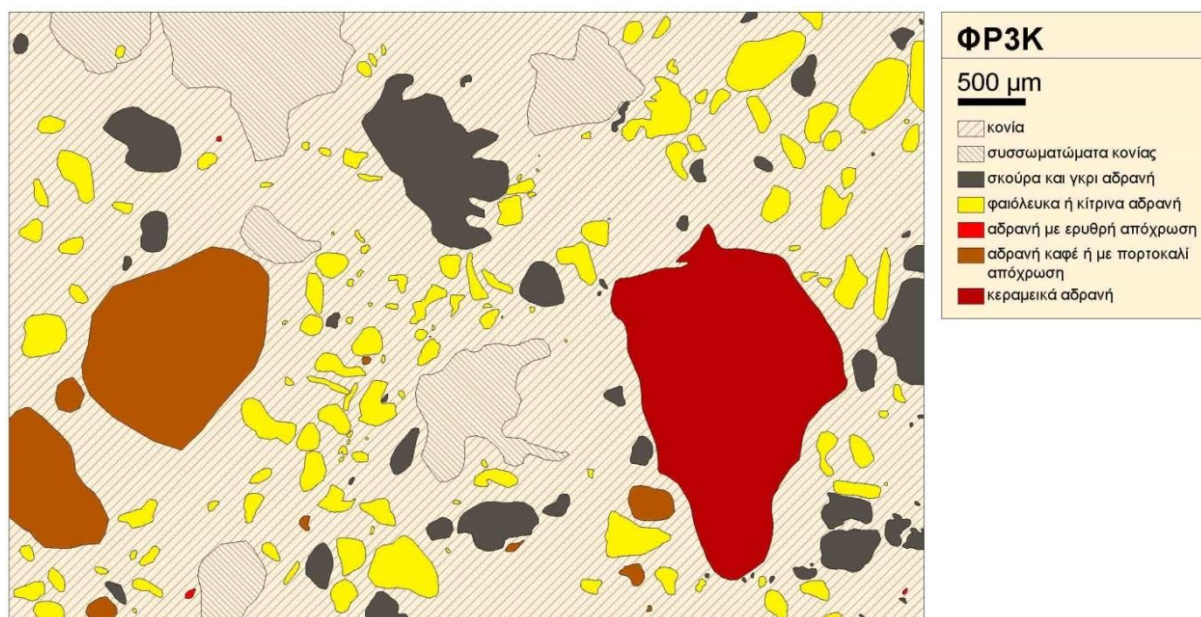
Ως εργαλείο ανάλυσης, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο ώστε να μελετώνται συγκριτικά και να ομαδοποιούνται κονιάματα και επιχρίσματα ως προς συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως αναλογία και διασπορά των διαφόρων τύπων των αδρανών, απομονώνονται τα εγκλωβισμένα υλικά κτλ.



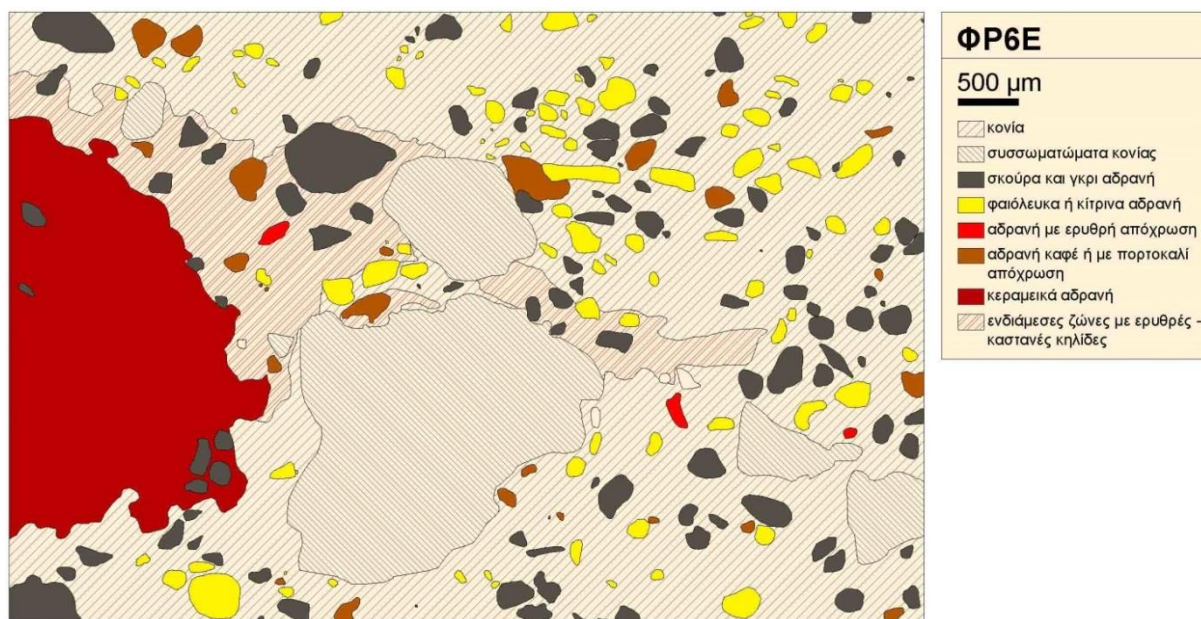
Σχήμα 113: Προφίλ επιχρίσματος ΦΡ1Ε.



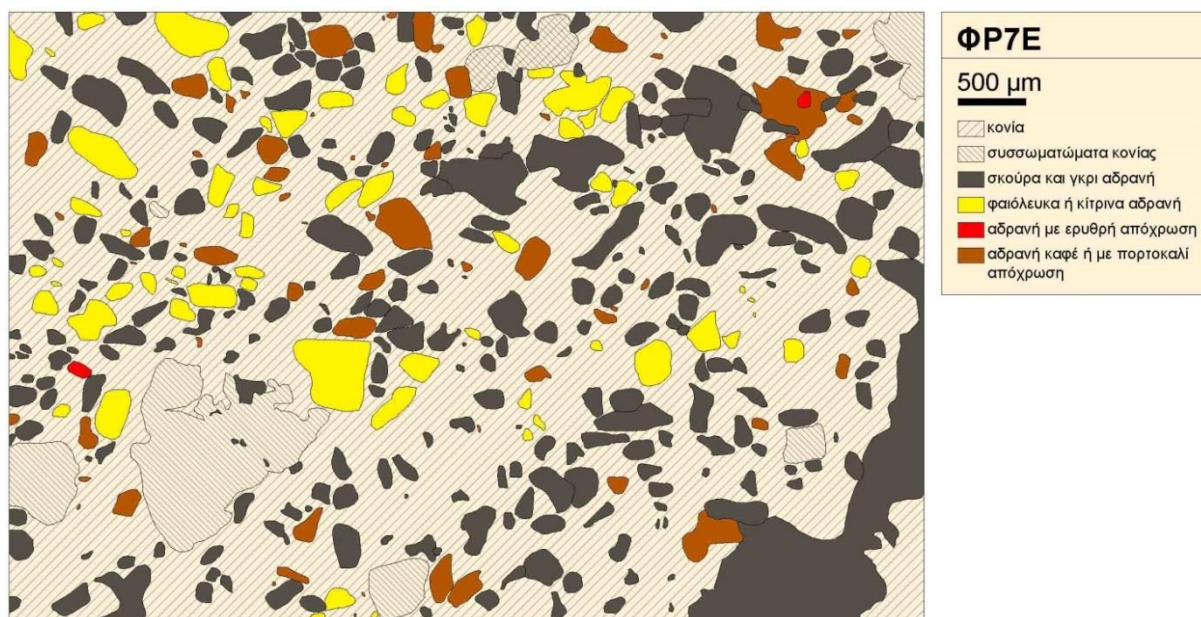
Σχήμα 114: Προφίλ επιχρίσματος ΦΡ2Ε.



Σχήμα 115: Προφίλ κονιάματος ΦΡ3Κ.



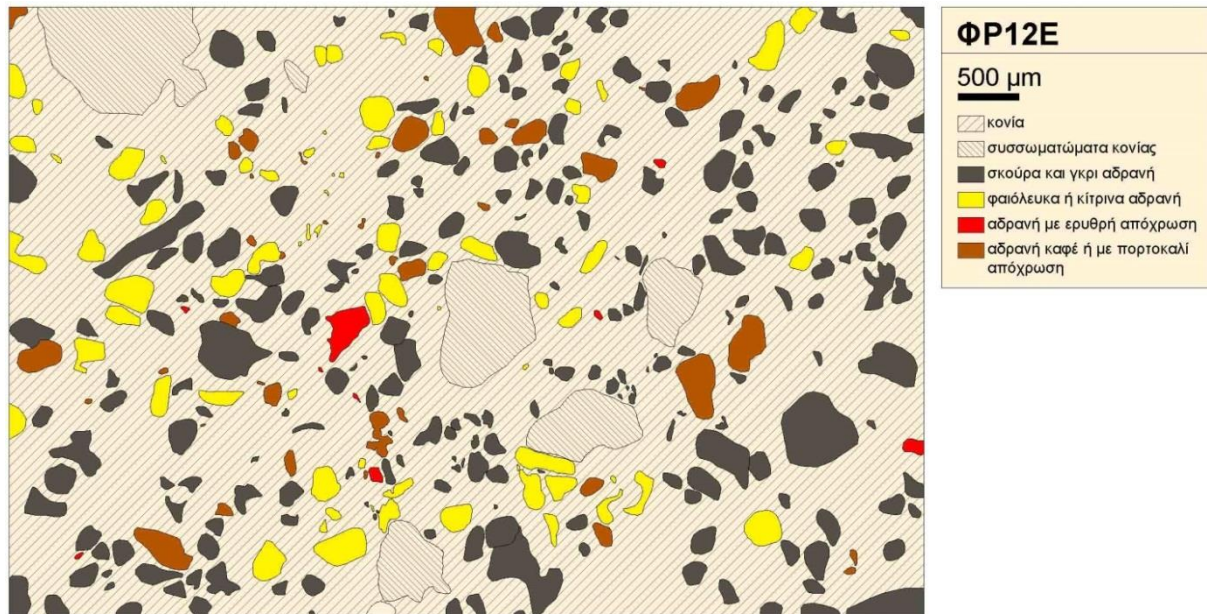
Σχήμα 116: Προφίλ επιχρίσματος ΦΡ6Ε



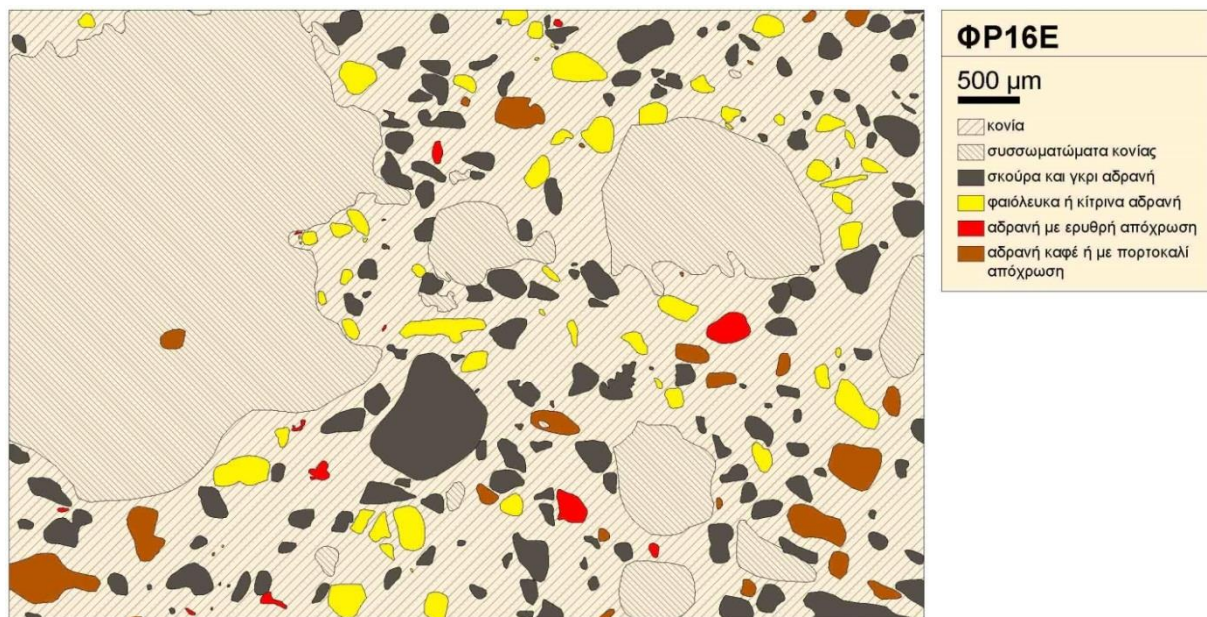
Σχήμα 117: Προφίλ επιχρίσματος ΦΡ7Ε



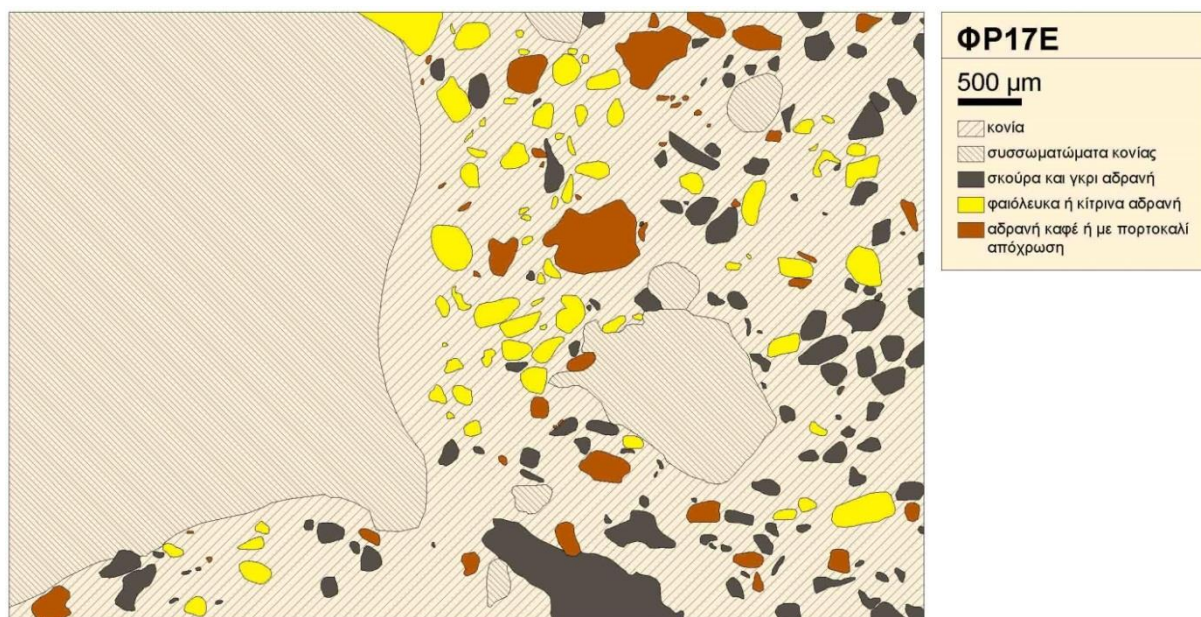
Σχήμα 118: Προφίλ επιχρίσματος ΦΡ9Ε



Σχήμα 119: Προφίλ επιχρίσματος ΦΡ12Ε



Σχήμα 120: Προφίλ επιχρίσματος ΦΡ16Ε



Σχήμα 121: Προφίλ επιχρίσματος ΦΡ17Ε

6. Χρονολόγηση και ομαδοποίηση των μελετηθέντων κονιαμάτων και επιχρισμάτων

Μέσω της αναλυτικής μελέτης των μακροσκοπικών, μικροσκοπικών, φυσικο-χημικών και τεχνολογικών χαρακτηριστικών των κονιαμάτων και επιχρισμάτων, εξήχθησαν συμπεράσματα όσον αφορά στη χρονολογική κατάταξη αυτών. Ως γνωστόν, το φρούριο Φραγκοκάστελλο υπέστη κατά περιόδους αρκετές μετασκευές, ωστόσο αυτές δεν είναι ούτε εμφανείς στην παρούσα κατάσταση του κτηρίου, ούτε ιστορικά πλήρως τεκμηριωμένες. Η προσπάθεια για κατηγοριοποίηση των κονιαμάτων συγκεντρώνεται στο διαχωρισμό τους μεταξύ **ενετικών** και **οθωμανικών**, διότι μεταξύ αυτών των δύο ιστορικών περιόδων εντοπίζονται οι μεγαλύτερες διαφορές ως προς την κατασκευαστική τεχνολογία.

6.1 Ιστορικά τεκμήρια και αμφιβολίες

Σε όλη την ιστορία του φρουρίου οι ιστορικά τεκμηριωμένες χρονολογίες κατασκευαστικών φάσεων ή επεμβάσεων είναι οι κάτωθι:

- **1371-1374, αρχική οικοδόμηση** του φρουρίου
- **1593-1597, α' ενετική** ανακατασκευή
- **1645, β' ενετική** ανακατασκευή
- **1866-1869, ανακατασκευή Μουσταφά Ναϊλή** πασά

Η α' ενετική ανακατασκευή έγινε μετά από μακροχρόνια ερήμωση, αφού βάσει της βιβλιογραφίας το φρούριο δε λειτούργησε. Επομένως υποθέτουμε πως δεν πρόκειται παρά για αρμολογήματα και επιχρίσεις και ίσως ελάχιστες συμπληρώσεις νέων υλικών, λόγω της φυσιολογικής φθοράς των υλικών και όχι λόγω βίαιων και εκτενών καταστροφών.

Η β' ενετική ανακατασκευή εγείρει ερωτήματα ακόμη και ως προς την ύπαρξη της α'. Δηλαδή, ίσως η α' να μην υλοποιήθηκε ποτέ ή να υλοποιήθηκε μερικώς. Μάλιστα η βιβλιογραφία αναφέρει πως δαπανήθηκε ένα μεγάλο χρηματικό ποσό για τη β' ανακατασκευή. Άλλη πιθανότητα είναι η β' να περιλάμβανε αρκετές ενισχύσεις των τοιχοποιιών αλλά ακόμη και νέες προσθήκες βοηθητικών κτισμάτων (αποθηκών, κλινών, κ.ά.) λόγω των έντονων πολεμικών συγκρούσεων της εποχής.

Η ανακατασκευή του Μουσταφά Ναϊλή πασά ήταν η εκτενέστερη, αφού εκτενέστατη ήταν και η καταστροφή του φρουρίου τα 1828 στην εξέγερση του Χατζή Μιχάλη Νταλιάνη. Εδώ είναι γνωστές κάποιες επεμβάσεις, όπως η απομείωση του πάχους των τοίχων των τριών μικρών πύργων, ώστε να αποκτήσουν μεγαλύτερη χωρητικότητα. Η διάνοιξη της ανατολικής θύρας του κτηρίου πιθανώς να ανάγεται σε αυτή την χρονολογία. Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί πως ένα μεγάλο μέρος της κτηριακής μάζας φέρει ίχνη από αυτή την φάση, είτε πρόκειται για συμπληρώσεις και ανακατασκευές ολόκληρων τμημάτων, είτε –και κυριότερα- για βαθειά αρμολογήματα και επιχρίσεις της τοιχοποιίας.

Πέραν των τεκμηριωμένων αυτών χρονολογιών που αναφέρουν οι πλέον αξιόπιστοι φορείς (Υπ.Πο – *odysseus*, Ανδριανάκης), υπάρχουν κι άλλες πιθανές ημερομηνίες επεμβάσεων στο φρούριο. Πρώτα η ημερομηνία 1631 που δίδεται από τα «Ιστορικά Θέματα» [38]. που προφανώς σχετίζεται από την ενδιάμεση πρόταση αποκατάστασης μεταξύ των 1593-1597 και 1645 [37]. Ακόμη, η ίδια πηγή τοποθετεί χρονολογικά τη διάνοιξη των θυρίδων στο 1821 και εάν αυτό ισχύει είναι λογικό να συνοδευόταν από συμπληρώσεις κονιαμάτων και επιχρισμάτων, τουλάχιστον στα σημεία αυτά. Επίσης μπορεί να υποτεθεί πως και κατά το 1770 έγιναν παρόμοιες επεμβάσεις συντήρησης, όταν το φρούριο χρησιμοποιήθηκε για τη στρατοπέδευση Οθωμανικών στρατευμάτων κατά τα Ορλωφικά και την Επανάσταση του Δασκαλογιάννη στην Κρήτη.

Επίσης, είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία ότι τον 19^ο αιώνα το φρούριο χρησιμοποιήθηκε ως αποθήκες. Τότε έγιναν ορισμένες διανοίξεις θυρών στο νότιο τοίχο. Επίσης στις αρχές έως τα μέσα του 20^{ου} αιώνα έγιναν κάποιες επεμβάσεις. Υπάρχουν δείγματα τσιμεντιτικών κονιαμάτων, όπως του ανακατασκευασμένου εσωτερικού τοίχου.

Οι αμφιβολίες αυτές αφενός δημιουργούν προβλήματα ως προς την ακριβή και ασφαλή χρονολόγηση των κονιαμάτων, αφετέρου διευκολύνει την συνολική ομαδοποίηση και αποτίμηση αυτών ως ενετικά ή οθωμανικά. Διότι στην περίπτωση του Φραγκοκάστελλου, όπως είναι φανερό, υπάρχουν αρκετά κονιάματα και επιχρίσματα με παραπλήσια χαρακτηριστικά αλλά και ποικίλες διαφορές. Έτσι, για παράδειγμα, κάποια επιχρίσματα χαρακτηρίζονται ως οθωμανικά, προσπερνώντας τις όποιες μεταξύ τους διαφορές, βασιζόμενοι στο ότι ανήκουν σε διαφορετικές εργασίες συντήρησης εντός της τουρκοκρατίας.

6.1.1 Γενικές παραδοχές για τις τεχνολογίες δόμησης των Ενετών και των Οθωμανών

Είναι γνωστές οι κυριότερες διαφορές μεταξύ των οικοδομικών τεχνολογιών των δύο εποχών. Αποτελεί παραδοχή πως καθ' όλη την οθωμανική περίοδο στον ελλαδικό χώρο η αρχιτεκτονική ποιότητα, όσο και η τεχνογνωσία φθίνουν [35]. Επίσης είναι γνωστή η εμπειρία των Ενετών μηχανικών στην τεχνολογία δόμησης, στην οποία έχουν μια μακραίωνη παράδοση.

Από ήδη γνωστά δεδομένα για κονιάματα και επιχρίσματα από τις δύο περιόδους μπορούν να παρατηρηθούν τα εξής:

- Τα ενετικά κονιάματα είναι πολύ πιθανό να περιέχουν ποζολάνες ή υδραυλική άσβεστο, αφού οι Ενετοί μηχανικοί γνωρίζουν την επίδραση που έχουν αυτές οι κονίες στην ανθεκτικότητα των κονιαμάτων, ιδιαίτερα στα παραθαλάσσια περιβάλλοντα.
- Επίσης είναι γενικά αναμενόμενο να έχουν καλές κατανομές κοκκομετρίας των αδρανών τους.
- Τα οθωμανικά κονιάματα και επιχρίσματα έχουν συχνά έντονο ερυθρό χρώμα, το οποίο οφείλεται στη χρήση κεραμάλευρου ως κονία ή κεραμικών θραυσμάτων ως αδρανή. Πάντως μικρή χρήση κεραμικών αδρανών, συνήθως μεγάλης διατομής έχει πιστοποιηθεί στο εργαστήριο και σε ενετικά κονιάματα από διάφορα μνημεία. Επίσης, είναι γνωστή η χρήση κεραμικών θραυσμάτων σε κονιάματα των θεμελιώσεων των Ενετών [40]. Αναφορές σε αυτή την τεχνική υπάρχουν και από το Βιτρούβιο [41], ενώ η χρησιμότητά της ερμηνεύεται με την παρεμπόδιση της τριχοειδούς αναρρίχησης της υγρασίας από το υπέδαφος.
- Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά μοτίβα που φέρουν κάποια επιχρίσματα, η ιστορική μελέτη κατατάσσει τα επιχρίσματα με τα χαρακτηριστικά μοτίβα («σαρδελωτά») στην οθωμανική περίοδο [40].

6.1.2 Ο παράγοντας της εντοπιότητας στην περίπτωση του Φραγκοκάστελλου

Στην ειδική περίπτωση του Φραγκοκάστελλου πρέπει να διατηρηθούν, ωστόσο, αρκετές επιφυλάξεις ως προς όλα τα παραπάνω δεδομένα. Αυτές οι επιφυλάξεις προκύπτουν από τον παράγοντα της **εντοπιότητας**. Εδώ υπάρχουν δύο συνθήκες που

πρέπει να διακρίνουμε: α) τα εντόπια υλικά και πετρώματα και β) τη δυσβατότητα της περιοχής.

Όσον αφορά στα υλικά πρέπει να παρατηρηθεί ότι στην ευρύτερη περιοχή, όπως και στα Χανιά γενικότερα, είναι πολύ συνήθη τα πετρώματα μαργαϊκών ασβεστόλιθων, οι οποίοι περιέχουν αργιλοπυριτικά συστατικά. Τα υλικά αυτά μετά την όπτησή τους για παραγωγή ασβέστου προσδίδουν υδραυλικές ιδιότητες στα κονιάματα. Ως εκ τούτου, υπάρχουν πολλά οθωμανικά κονιάματα που περιέχουν υδραυλική άσβεστο ακόμη και εάν υποθέσουμε πως αυτό δεν αποτελούσε γνώση των οικοδόμων της εποχής. Επίσης, στην περιοχή υπάρχουν ακόμη και άλλα πετρώματα τα οποία περιέχουν γύψο και παραπάνω επισημάνθηκε η παρουσία γύψου σε αρκετά κονιάματα, η οποία αποδόθηκε στη φύση της ασβέστου. Μάλιστα, στην περίπτωση αυτή μπορεί, με κάθε επιφύλαξη, να γίνει η υπόθεση ότι τα μικτά αυτά πετρώματα είναι λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήθηκαν από τους Ενετούς, οι οποίοι ήταν γνώστες των πετρωμάτων και του γεωλογικού υποβάθρου.

Η δυσβατότητα της περιοχής επιφέρει μια σειρά συνέπειες, οι οποίες άμεσα ή έμμεσα επηρεάζουν την τοπική οικοδομική σε όλες τις περιόδους. Αρχικά, στο νότο της Κρήτης δεν υπάρχουν οι αναπτυγμένες πόλεις - κέντρα της οικονομικής δραστηριότητας, είτε των Ενετών, είτε των Οθωμανών. Έτσι, προκύπτει η παραδοχή ότι *«Και τα τρία αυτά φρούρια (ενν. Φραγκοκάστελλου, Παλαιόχωρας και Σητείας) βρίσκονται στα νότια παράλια της Κρήτης και δεν είχαν αντιμετωπιστεί από τους Βενετούς με το ίδιο βάρος όσο τα φρούρια των βόρειων παραλίων. Ασφαλώς θα έκριναν περιττή μια τόσο δαπανηρή επέμβαση,... αφού επρόκειτο για φρούρια δευτερεύουσας σημασίας»* [37]. Επομένως, μπορεί να υποτεθεί ότι ακόμη και οι ενετικές οχυρώσεις του νότου δεν ήταν τεχνικά άρτιες, όπως εκείνες στο βορρά της Κρήτης, τις οποίες επιμελήθηκαν επιφανείς μηχανικοί της εποχής και δαπανήθηκαν μεγάλα χρηματικά ποσά ακόμη και για μεταφορά υλικών από μακρινές περιοχές. Πιθανότατα λοιπόν να υπάρχουν ενετικά κονιάματα υποδεέστερης ποιότητας σε σχέση με τα εκείνα που έχουν μελετηθεί και προέρχονται από ιστορικά κτήρια εξέχουσας σημασίας.

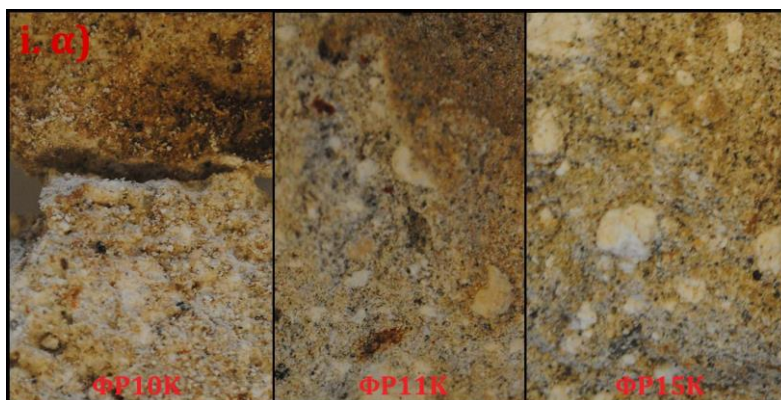
Συνεχίζοντας, είναι γνωστό ότι στην περιοχή του Φραγκοκάστελλου δεν υπήρχε αναπτυγμένη κεραμική, τουλάχιστον κατά τις υπό εξέταση περιόδους [40]. Επομένως δεν υπήρχε μαζική παραγωγή κεραμικών, οπτόπλινθων και συνεπώς κεραμάλευρου, αν και

ήταν χαρακτηριστικά υλικά των Οθωμανών. Σε συνδυασμό με την σχεδόν αδυναμία μεταφοράς υλικών από θαλάσσης, ή τουλάχιστον την μη πρόκρισή της για ένα φρούριο δευτερεύουσας σημασίας, ερμηνεύεται πως δεν υπάρχει σημαντική χρήση κεραμικών και κεραμάλευρου στα κονιάματα, ακόμη και αν αυτά είναι οθωμανικά. Τα όποια κεραμικά εντοπίζονται πιθανότατα να πρόκειται για δεύτερη χρήση κεραμικών υλικών διαφόρων ιστορικών και προϊστορικών περιόδων που έχουν εντοπιστεί στην περιοχή [37]. Ενισχύοντας τον παράγοντα της εντοπιότητας, ή μάλλον της μη διαθεσιμότητας υλικού, παρατίθεται το παράδειγμα του Κουλέ στο Ασκύφου, όπου, αν και καθαρά οθωμανικής κατασκευής, δεν υπάρχει καθόλου παρουσία κεραμικών, παρά μόνο των εντόπιων υλικών της ιδιαίτερα δυσπρόσιτης αυτής περιοχής.

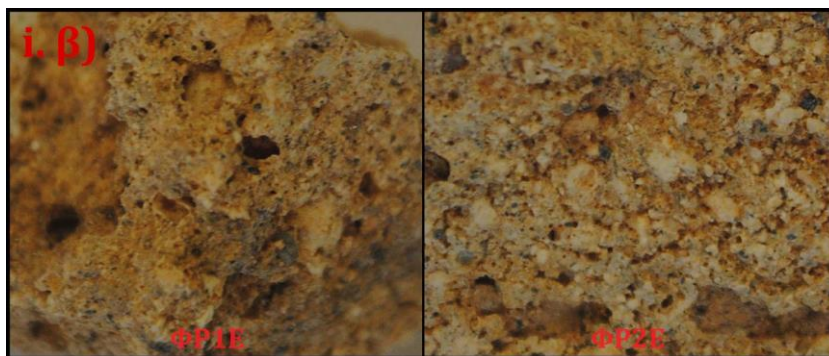
6.2 Ομαδοποιήσεις των κονιαμάτων και επιχρισμάτων

Αρχικά παρατίθενται οι ομαδοποιήσεις οι οποίες προέκυψαν από κάθε ανάλυση, ξεχωριστά. Ως προς την **μακροσκοπική παρατήρηση**, τη γενικότερη απόχρωση και υφή του κονιάματος/επιχρίσματος προέκυψαν οι παρακάτω ομάδες (Σχήματα 122-126), από τις οποίες πρυτανεύουν οι τρεις πρώτες, ενώ οι άλλες δύο παρουσιάζουν περισσότερες διαφορές μεταξύ τους:

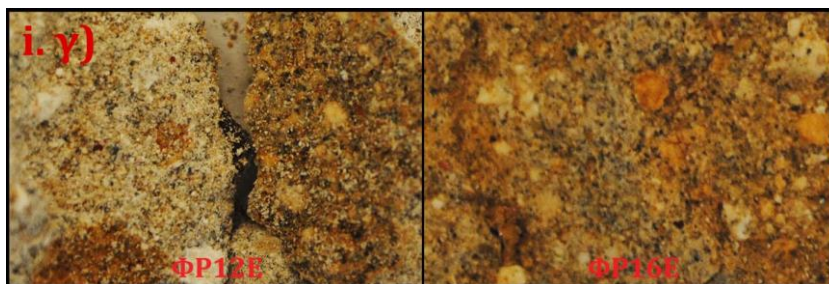
- **i.α)** ΦΡ10Κ, ΦΡ11Κ και ΦΡ15Κ
- **i.β)** ΦΡ1Ε και ΦΡ2Ε
- **i.γ)** ΦΡ12Ε και ΦΡ16Ε
- **i.δ)** ΦΡ6Ε και ΦΡLeonΕ
- **i.ε)** ΦΡ7Ε, ΦΡ8Ε, ΦΡ9Ε και ΦΡ17Ε,



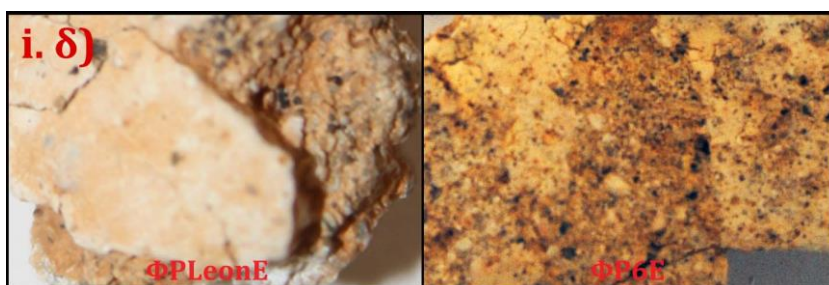
Σχήμα 122: Ομάδα **i.α)** των μακροσκοπικών φωτογραφιών.



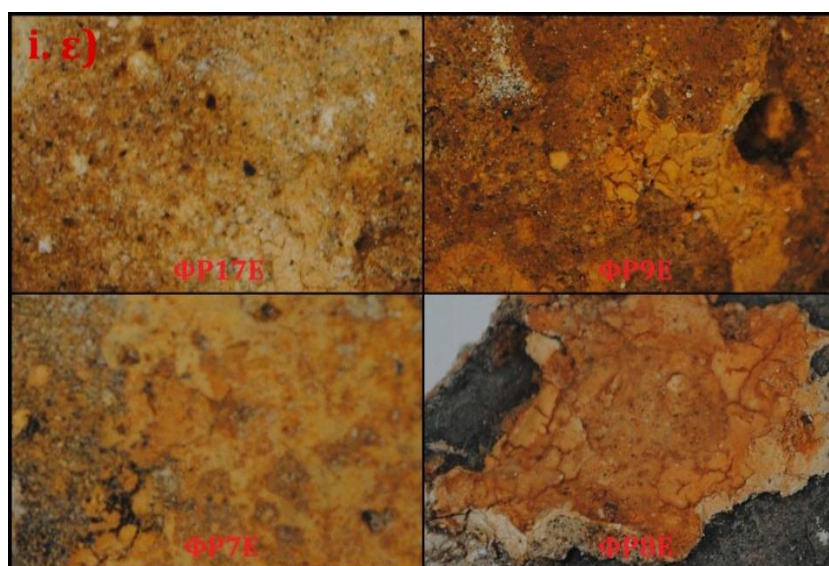
Σχήμα 123: Ομάδα i.β) των μακροσκοπικών φωτογραφιών.



Σχήμα 124: Ομάδα i.γ) των μακροσκοπικών φωτογραφιών.



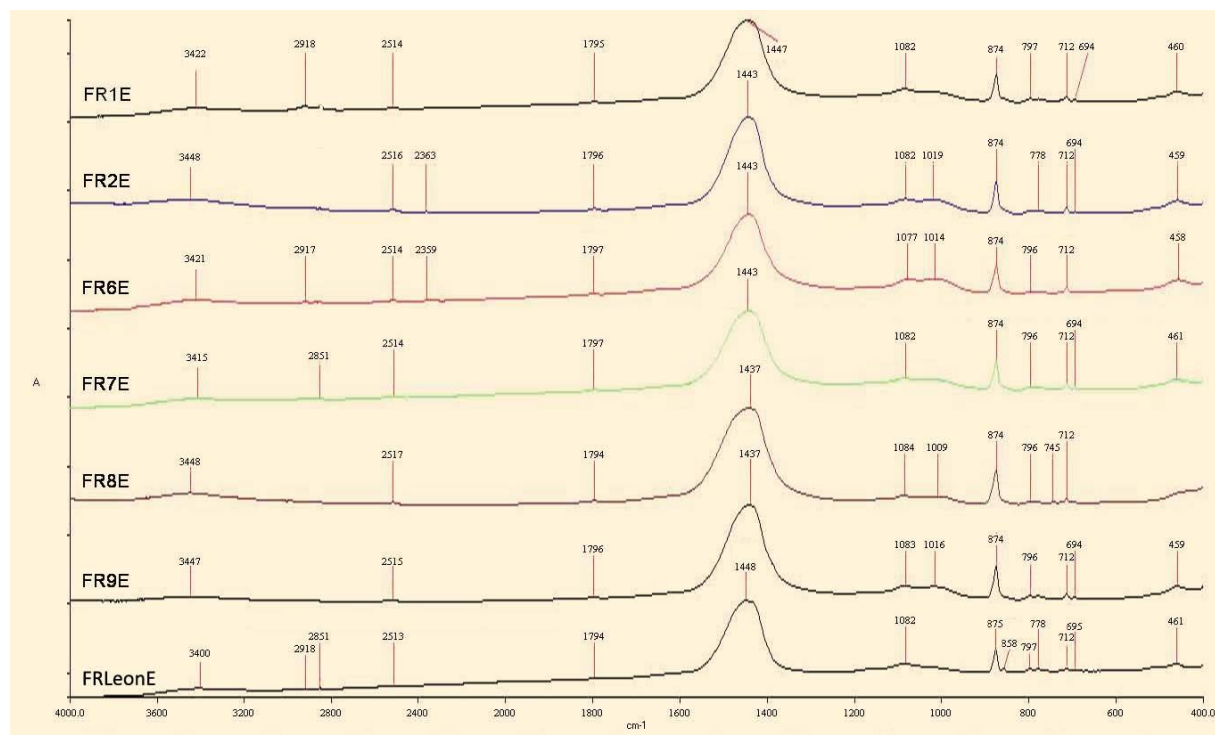
Σχήμα 125: Ομάδα i.δ) των μακροσκοπικών φωτογραφιών.



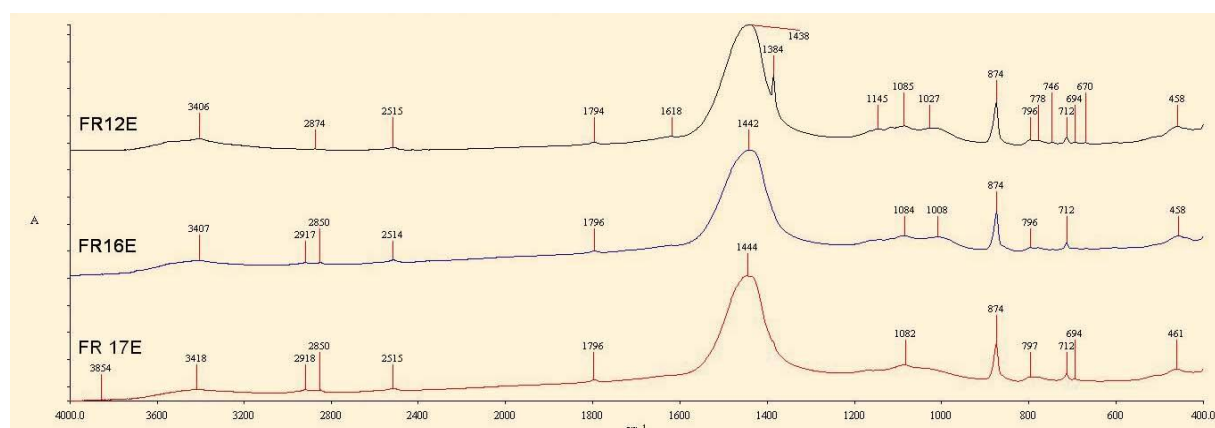
Σχήμα 126: Ομάδα i.ε) των μακροσκοπικών φωτογραφιών.

Από τις **αναλύσεις FTIR** προέκυψαν οι κάτωθι ομάδες με παρόμοια φάσματα μεταξύ των δειγμάτων (Σχήματα 127-129), κάτι το οποίο πιστοποιεί μεν κάποια γενική ομοιότητα των υλικών τους, όμως απαιτεί περαιτέρω συνδυαστική διερεύνηση.

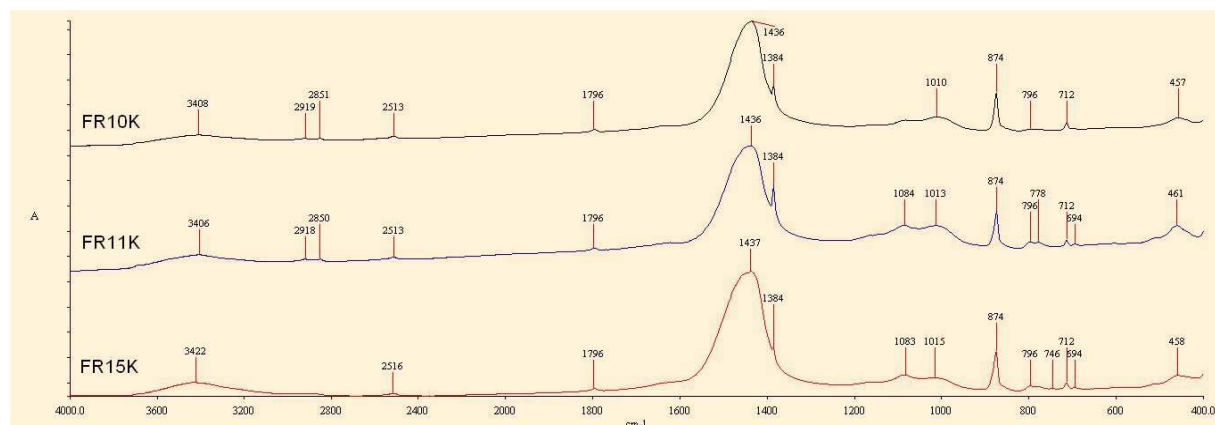
- **ii. α) επιχρίσματα εξωτερικά**
- **ii.β) επιχρίσματα εσωτερικά**, εκ των οποίων σε δύο (ΦΡ12Ε, ΦΡ16Ε) ταυτοποιείται ύπαρξη γύψου.
- **ii.γ) κονιάματα δόμησης** από τα εσωτερικά δύο πύργων.



Σχήμα 127: Φάσματα υπέρυθρων φασματοσκοπικών αναλύσεων της ομάδας **ii. α)**



Σχήμα 128: Φάσματα υπέρυθρων φασματοσκοπικών αναλύσεων της ομάδας **ii. β)**



Σχήμα 129: Φάσματα υπέρυθρων φασματοσκοπικών αναλύσεων της ομάδας ii. γ)

Η ορυκτολογική ανάλυση έδωσε τις παρακάτω ομάδες, όπου καταρχήν πρέπει να επισημανθεί η παρουσία **ασβεστίτη (Calcite)** και **χαλαζία (Quarz)** σε όλα τα δείγματα και **δολομίτη (Dolomite)** και **ιλλίτη (Illite)** σχεδόν σε όλα:

- **iii.α) ΦΡ1Ε, ΦΡ2Ε, ΦΡ3Κ, ΦΡ6Ε, ΦΡ15Κ, ΦΡ17Ε**, τα οποία περιέχουν όλα τα παραπάνω καθώς και αραγωνίτη (Aragonite) Τα κονιάματα παρουσιάζουν και κάποια άλατα ως προϊόν διάβρωσης, ενώ τα ΦΡ1Ε, ΦΡ15Κ και ΦΡ17Ε περιέχουν και αυγίτη (Augite).
- **iii.β) ΦΡ7Ε και ΦΡ8Ε**, τα οποία περιέχουν, εκτός από τα τέσσερα προαναφερόμενα ορυκτά, **καολινίτη (Kaolinite)**, αυγίτη και το ΦΡ7Ε και αλβίτη.
- **iii.γ) ΦΡ10Κ, ΦΡ11Κ, ΦΡ12Ε και ΦΡ16Ε**, τα οποία έχουν ως κοινό σημείο την παρουσία **γύψου (Gypsum)** στην κονία τους. Αν και όλα έχουν επιμέρους διαφορές μεταξύ τους, ομαδοποιούνται ως προς αυτό το στοιχείο το οποίο θεωρείται ενδεικτικό για την τοπολογική και χρονολογική προέλευση τους.
- **iii.δ) το ΦΡ9Ε** περιέχει τα ορυκτά των περισσότερων δειγμάτων, όμως διαφέρει ως προς την ύπαρξη **αιματίτη (Hematite)**, ο οποίος δεν πιστοποιείται αλλού και εξηγεί και το κόκκινο χρώμα του.

Τα επτά δείγματα που υποβλήθηκαν σε **θερμική ανάλυση** ομαδοποιούνται (Σχήμα 130), βάσει του δείκτη υδραυλικότητας τους σε δύο ομάδες:

- **iv.α) μετρίως υδραυλικά**, όπου υπάρχει μόνο το **ΦΡ17Ε** και
- **iv.β) υδραυλικά**, όπου υπάρχουν τα υπόλοιπα έξι χωρισμένα στα δύο υποσύνολα β1) **ΦΡ3Κ, ΦΡ11Κ, ΦΡ12Ε** και β2) **ΦΡ10Κ, ΦΡ15Κ, ΦΡ16Ε**. Το υποσύνολο β1) περιέχει τα πλέον υδραυλικά κονιάματα με δείκτες από 2 έως 2,5, ενώ το β2) εκείνα με δείκτες από 3 έως 3,5.



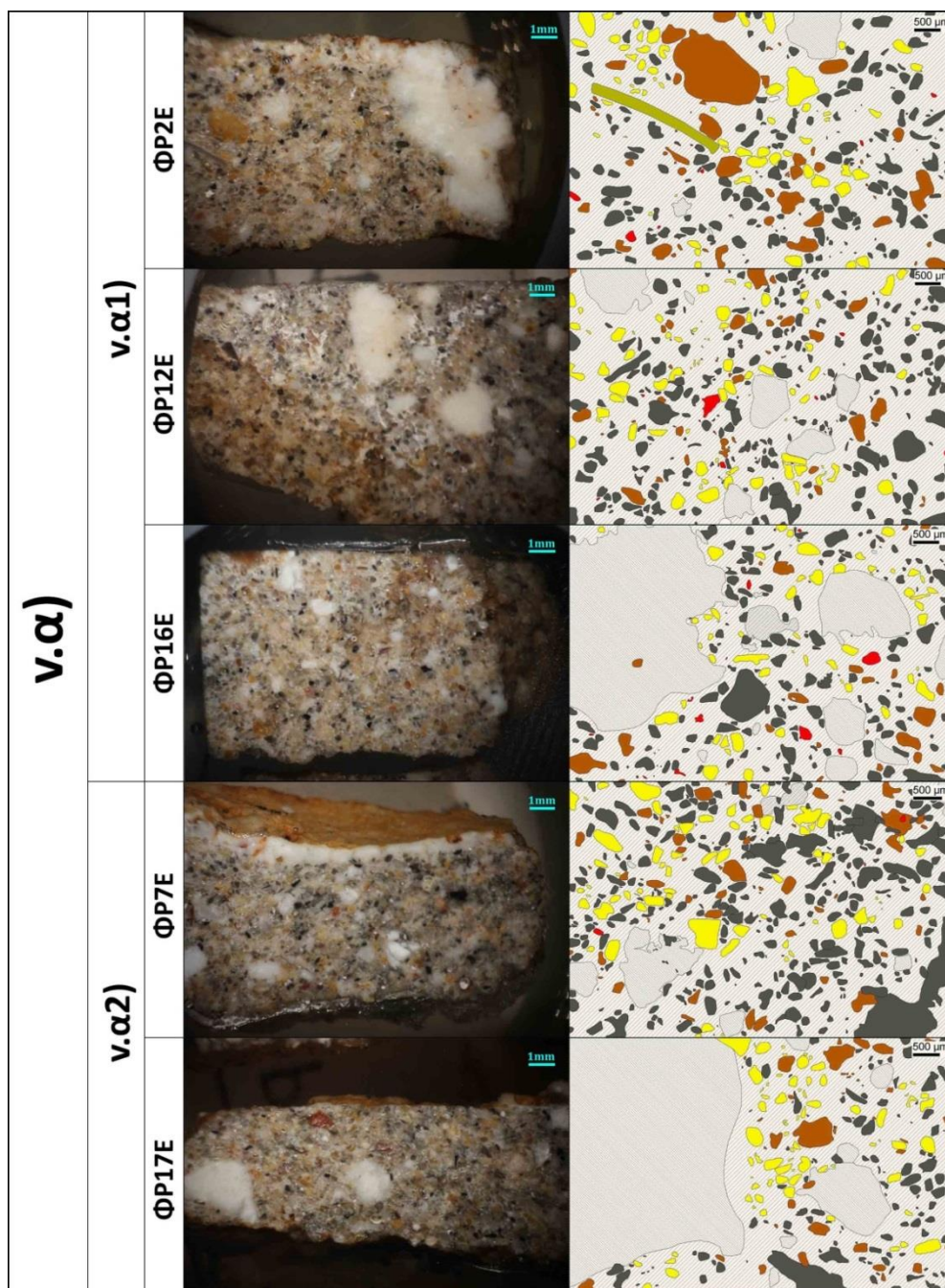
Σχήμα 130: Διάγραμμα του δείκτη υδραυλικότητας των κονιαμάτων/επιχρισμάτων και οι ομαδοποιήσεις που προκύπτουν.

Σημαντική είναι η σύγκριση των **στιλπνών τομών** και των ανασχεδιασμένων **προφίλ των κονιαμάτων**. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να χαρακτηριστούν και να ομαδοποιηθούν τα δείγματα όχι βάσει της σύστασής του, όπου εντοπίζονται προβληματικές και ανεξήγητες μικροδιαφορές, αλλά βάσει της τεχνολογίας παρασκευής τους, η οποία μπορεί να είναι πολύ ενδεικτική για τη χρονολόγησή τους. Διακρίνονται οι ομάδες (Σχήματα 131-133):

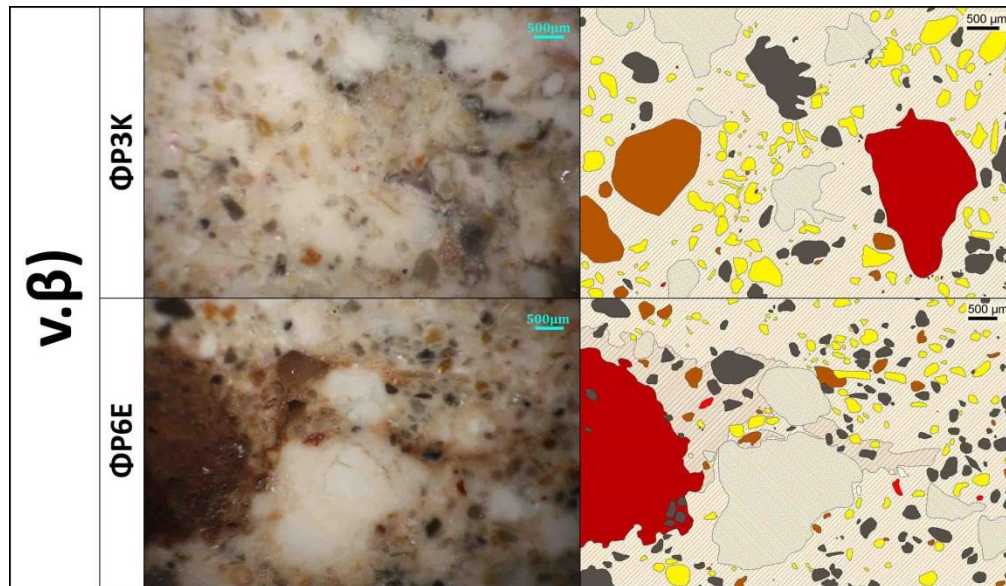
v.α) ΦΡ2Ε, ΦΡ7Ε, ΦΡ12Ε, ΦΡ16Ε, και ΦΡ17Ε, των οποίων οι στιλπνές τομές ομοιάζουν πολύ και τα υποσύνολα v.α1) ΦΡ2Ε, ΦΡ12Ε και ΦΡ16Ε, τα οποία αξιολογούνται πανομοιότυπα v.α2) ΦΡ7Ε και ΦΡ17Ε, τα οποία φέρουν και εξωτερικές επιστρώσεις ασβέστη-ώχρας, αν και με κάποιες διαφορές

v.β) ΦΡ3Κ και ΦΡ6Ε, όπου αν και κονίαμα και επίχρισμα, ομοιάζουν πολύ στις τομές τους και πιθανολογούνται να είναι ενετικής χρονολόγησης, και τέλος

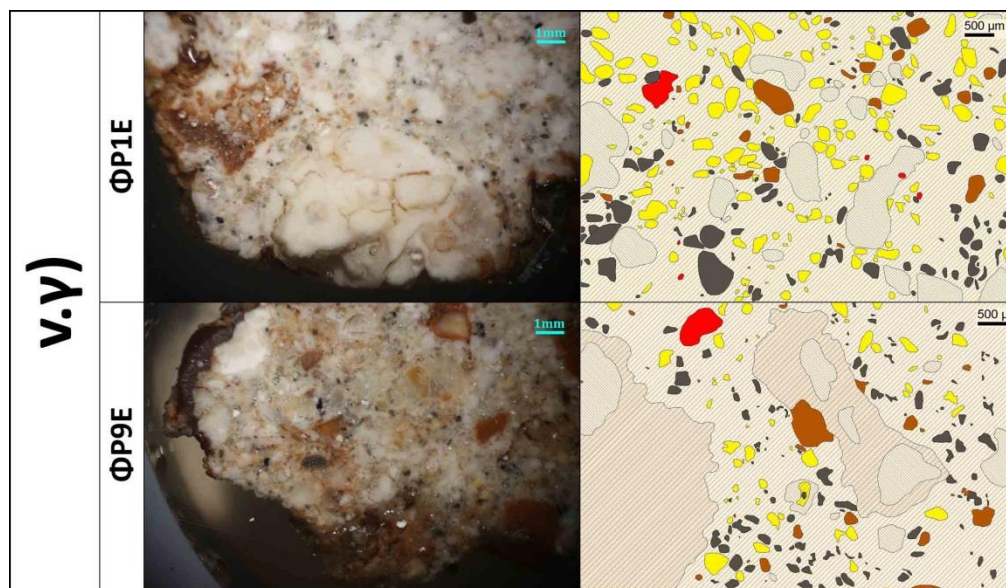
ν.γ)ΦΡ1Ε και ΦΡ9Ε, τα οποία είναι εξωτερικά επιχρίσματα με αρκετό βαθμό φθοράς, το ΦΡ9Ε είναι πολύ ερυθρότερο και περιέχει αιματίτη, όμως οι τομές τους ομοιάζουν διότι έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε κονία και έχουν άνιση κατανομή αδρανών κονίας και κηλίδες ώχρας, κάτι που μάλλον οφείλεται σε κακή ανάμιξη κατά την παρασκευή τους.



Σχήμα 131: Ομάδα **ν.α)** και τα υποσύνολα **ν.α1)** και **ν.α2)** των στιλπνών τομών και των προφίλ των κονιαμάτων.



Σχήμα 132: Ομάδα **ν.β)** των στιλπνών τομών και των προφίλ των κονιαμάτων.



Σχήμα 133: Ομάδα **ν.γ)** των στιλπνών τομών και των προφίλ των κονιαμάτων.

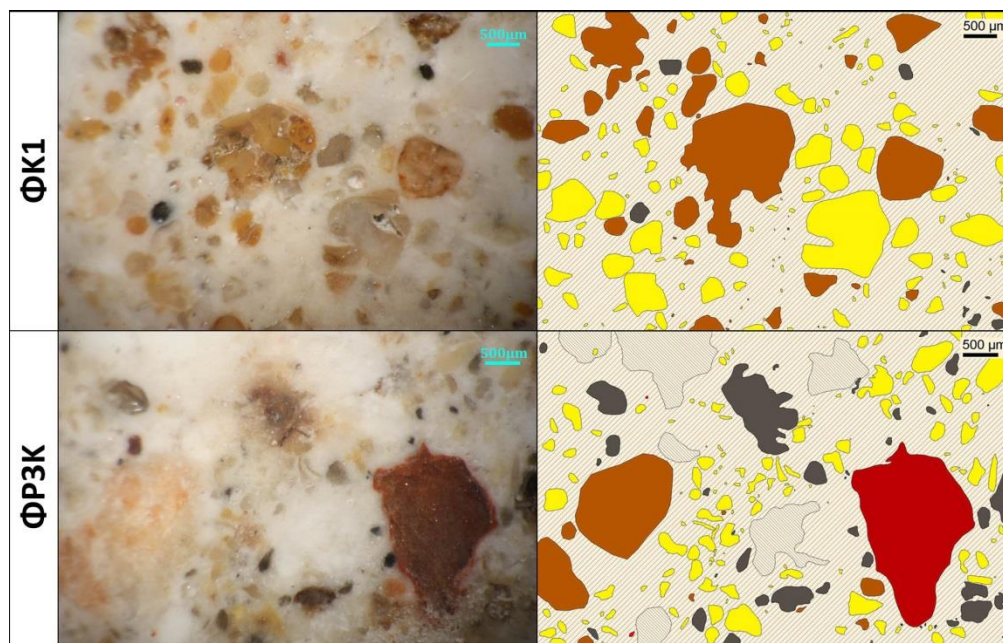
6.3 Χρονολόγηση των κονιαμάτων και επιχρισμάτων

Όλα τα παραπάνω αλληλοσυγκρουόμενα δεδομένα καθιστούν την χρονολόγηση των κονιαμάτων ιδιαίτερα αινιγματική και μόνο έπειτα από τη διεξοδική μελέτη αυτών προέκυψαν κάποιες ασφαλείς και τεκμηριωμένες υποθέσεις. Αρχικά, διαχωρίζονται πλήρως τα κονιάματα δόμησης ΦΡ5Κ και ΦΡ13Κ. Το ΦΡ5Κ είναι αμιγώς τσιμεντιτικό κονίαμα με θραυστά αδρανή και θαλάσσια άμμο. Ανήκει χρονολογικά στην ίδια επέμβαση που ανακατασκευάστηκε ο χαμηλός εσωτερικός τοίχος των ισογείων κτισμάτων, διότι υπάρχει εκεί το ίδιο ακριβώς κονίαμα. Το ΦΡ13Κ βρέθηκε σε σωρό υλικών και είναι άγνωστη η αρχική του θέση. Αν και μπορεί να θεωρηθεί πως είναι χρονολογικά νεότερο (20^{ος} αιώνας), αφού έχει χαμηλό λόγο κονίας αδρανών, κάτι το οποίο δεν ισχύει για όλα τα μελετηθέντα παλαιότερα, η χρονολόγησή του κρίνεται προβληματική και μη σκόπιμη.

Όσον αφορά στην πιθανότητα ενετικής προέλευσης του κονιάματος ΦΡ3Κ, ακολουθήθηκαν διεξοδικές αναλύσεις, ενώ έγινε και η σύγκριση με άλλα αναλυθέντα ενετικά κονιάματα στο εργαστήριο. Η μακροσκοπική αλλά και μικροσκοπική του ομοιότητά του με ένα δείγμα κονιάματος από το Φρούριο του Φιρκά είναι ενδεικτική (Σχήματα 134 και 135). Οι στιλπνές τομές τους παρουσιάζουν διαφορές στον τύπο της άμμου που έχει χρησιμοποιηθεί, κάτι το οποίο όμως εξηγείται από την εντοπιότητα. Επίσης το κονίαμα με κωδικό αριθμό ΦΚ1 από το φρούριο του Φιρκά δεν παρουσιάζει συσσωματώματα κονίας, ωστόσο όπως έχει ήδη αναφερθεί η σημαντικότητα του φρουρίου εντός του μεγάλου αστικού κέντρου προφανώς επιτάσσει αρτιότερα υλικά, καλύτερους τεχνίτες και μεγάλες χρηματικές δαπάνες.



Σχήμα 134: Μακροσκοπική ομοιότητα των δειγμάτων ΦΚ1 και ΦΡ3Κ



Σχήμα 135: Σύγκριση στιλπνών τομών και προφίλ κονιαμάτων των δειγμάτων ΦΚ1 και ΦΡ3Κ.

Επίσης, η ομοιότητά των στιλπνών τομών των δειγμάτων ΦΡ3Κ και ΦΡ6Ε, σε συνδυασμό με τη θέση του ΦΡ6Ε- δηλαδή τα ελάχιστά σημεία στα οποία βρίσκεται σε χαμηλό ύψος και την επανεμφάνιση όμοιων χρωματικά επιχρισμάτων στα υψηλά μέρη της τοιχοποιίας- είναι στοιχεία που μπορούν να τα κατατάξουν στην ίδια χρονολόγηση. Το δείγμα ΦΡLeonE επίσης ομοιάζει με το ΦΡ6Ε και με τα άνω τμήματα των επιχρίσεων και δύναται να θεωρηθεί σύγχρονό τους.

Όσον αφορά τα επιχρίσματα ΦΡ1Ε και ΦΡ2Ε θεωρούνται όμοια, λόγω γειτνίασης, μακροσκοπικής και μικροσκοπικής ομοιότητας, καθώς και σχεδόν όμοιας ορυκτολογικής σύστασης. Θεωρούνται οθωμανικά επιχρίσματα που εφαρμόστηκαν σε επισκευαστικές εργασίες. Το ΦΡ1Ε διαφέρει στην στιλπνή τομή, όμως η υποτιθέμενη κακή ανάμιξη που σχολιάστηκε και παραπάνω μπορεί τώρα να θεωρηθεί ως μεμονωμένο γεγονός. Όσον αφορά στον τύπο των αδρανών ομοιάζει περισσότερο με το ΦΡ2Ε, παρά με το ΦΡ9Ε, με το οποίο ομαδοποιήθηκαν ως προς στις στιλπνές τους τομές. Επίσης αυτά τα δύο δείγματα διαφέρουν εξάλλου και στο χρωματισμό και στη σύσταση.

Τα δείγματα ΦΡ10Κ, ΦΡ11Κ, ΦΡ12Ε και ΦΡ16Ε έχουν κοινό χαρακτηριστικό το γύψο ως συστατικό της κονίας τους. Επίσης ομοιάζουν και μακροσκοπικά, τα επιχρίσματα στις στιλπνές τομές και χρονολογούνται οθωμανικά, σύγχρονα με τις μεγάλες επεμβάσεις απομείωσης του πάχους των τειχών των τριών πύργων. Επίσης είναι τα επιχρίσματα εκείνα

με το χαρακτηριστικό μοτίβο στην επιφάνειά τους, γεγονός που τα κατατάσσει πολύ ασφαλώς στην περίοδο αυτή.

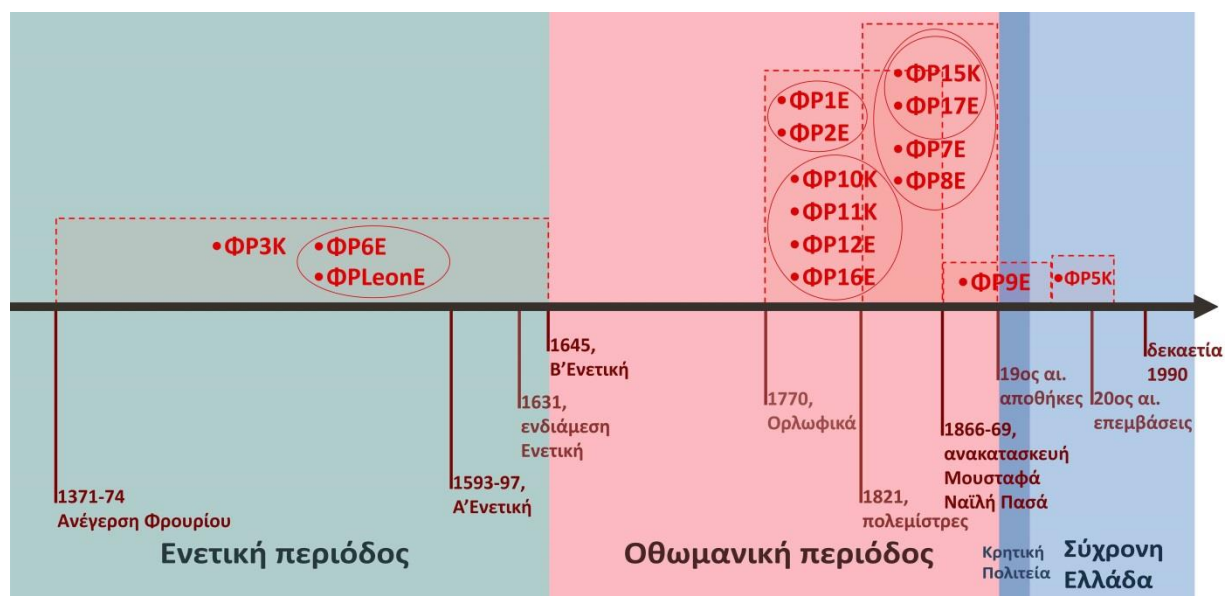
Τα δείγματα ΦΡ15Κ και ΦΡ17Ε είναι σύγχρονα, αφού το επίχρισμα ουσιαστικά επίκειται του κονιάματος στη θέση δειγματοληψίας. Μακροσκοπικά ομοιάζουν πολύ με τα προηγούμενα, όμως δεν περιέχουν γύψο, ενώ το επίχρισμα φέρει και εξωτερική τελική επίστρωση με ώχρα, στοιχείο που απουσιάζει από τα ΦΡ12Ε και ΦΡ16Ε. Ωστόσο οι στιλπνές τομές αυτών καθώς και του ΦΡ7Ε ομοιάζουν πολύ. Για το λόγο αυτό θεωρούνται κοντινά χρονολογικά, με τα ΦΡ15Κ, ΦΡ17Ε και ΦΡ7Ε να είναι μάλλον μεταγενέστερα, διότι φαίνονται να έχουν εφαρμοστεί συμπληρωματικά επί των προηγούμενων. Επίσης το ΦΡ8Ε ομοιάζει πολύ με τα τελευταία επιχρίσματα ως προς τη διαστρωματική φύση του και την τελική επίστρωση ώχρας. Όλα τα δείγματα θεωρούνται οθωμανικά.

Το ΦΡ9Ε θεωρείται πιθανότατα επέμβαση της ύστερης οθωμανικής εποχής ή και λίγο μεταγενέστερης. Ο αιματίτης που περιέχει και το χαρακτηριστικό του χρώμα ομοιάζει εξάλλου και με τα επιχρίσματα στα τμήματα εκείνα όπου έχουν σφραγιστεί κάποιες από τις θύρες του νοτίου τοίχου.

Τέλος, το κονίαμα ΦΡ5Κ είναι τσιμεντιτικό κονίαμα το οποίο εμφανίζεται σε πολλά σημεία του φρούριου ως αρμολόγημα και πλήρωση, αλλά και ως κονίαμα δόμησης στον ανακατασκευασμένο εσωτερικό τοίχο των ισόγειων κτισμάτων του περιβόλου.

Στο Σχήμα 136, παρουσιάζεται η υπόθεση που υποστηρίζεται σε αυτή την εργασία για τη χρονολόγηση των κονιαμάτων και επιχρισμάτων από του φρούριο Φραγκοκάστελλο. Έχουν διακριθεί οι χρονολογίες των κατασκευαστικών φάσεων του φρουρίου και τοποθετούνται σε γραμμική κλίμακα του χρόνου. Τα δείγματα ομαδοποιούνται και τοποθετούνται στην κλίμακα αυτή, εντός ενός χρονολογικού εύρους, εντός του οποίου πιθανολογείται η παρασκευή τους.

Η υπόθεση για τη χρονολόγηση που παρουσιάζεται παρακάτω προήλθε έπειτα από συστηματική μελέτη όλων των στοιχείων που παρουσιάστηκαν. Διατηρείται κάθε επιφύλαξη για τα συμπεράσματα αυτά, διότι η ιστορική έρευνα στην περίπτωση του Φραγκοκάστελλου είναι ατελής και η επαλληλία πολλών επεμβάσεων στο φρούριο καθιστά το έργο χρονολόγησης ιδιαίτερα πολύπλοκο.



Σχήμα 136: Χρονολόγηση των κονιαμάτων και επιχρισμάτων. Έχουν σημειωθεί με έντονο χρώμα οι ασφαλώς τεκμηριωμένες χρονολογίες κατασκευαστικών φάσεων του φρουρίου και με ανοιχτό εκείνες οι οποίες πιθανολογούνται από σποραδικές ιστορικές αναφορές. Επίσης για τα δείγματα υπονοείται ένα χρονολογικό εύρος μέσα στο οποίο αυτά τοποθετούνται. Τέλος κάποια δείγματα τα οποία ταυτίζονται χρονολογικά έχουν ομαδοποιηθεί.

Ο Πίνακας 4 που κατατάσσει απλά τα κονιάματα και επιχρίσματα σε ιστορικές περιόδους και δεν τα τοποθετεί σε χρονολογική κλίμακα, δίδεται με πολύ μεγάλη βεβαιότητα.

Πίνακας 4: Κατάταξη των δειγμάτων ανά ιστορική περίοδο.

Περίοδος	Επιχρίσματα/Κονιάματα	
Ενετική	<ul style="list-style-type: none"> • ΦΡ3Κ • ΦΡ6Ε • ΦΡLeonE 	
Οθωμανική	<ul style="list-style-type: none"> • ΦΡ1Ε • ΦΡ2Ε • ΦΡ7Ε • ΦΡ8Ε • ΦΡ9Ε • ΦΡ10Κ 	<ul style="list-style-type: none"> • ΦΡ11Κ • ΦΡ12Ε • ΦΡ15Κ • ΦΡ16Ε • ΦΡ17Ε
Νεότερη	• ΦΡ5Κ	

7. Σύνθεση κονιάματος αποκατάστασης

Είναι γενικά γνωστό και αποδεκτό ότι η χρήση ασύμβατων υλικών δημιουργούν επιπρόσθετες φθορές στα μνημεία αντί να επιλύουν τα αρχικά προβλήματα. Οι αναλύσεις κονιαμάτων στόχευαν στην αναγνώριση των υπαρχόντων υλικών και πρώτων υλών, προκειμένου να προταθούν συμβατά υλικά στις εργασίες συντήρησης και αποκατάστασης του φρουρίου Φραγκοκάστελλο. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των κονιαμάτων δείχνουν ότι πρόκειται για μίγματα ασβεστιτικών και αργιλοπυριτικών συστατικών. Η περιεκτικότητα των ασβεστιτικών συστατικών είναι υψηλή και οφείλεται στην ασβεστιτική κονία, ενώ κατά περίπτωση και σε ασβεστολιθικά αδρανή. Σημαντική είναι επίσης και η ποσότητα του χαλαζία σε όλα τα δείγματα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών και ορυκτολογικών και των λοιπών αναλύσεων συντέθηκε στο εργαστήριο επισκευαστικό κονίαμα με συμβατές πρώτες ύλες με τα παλαιά κονιάματα. Το κονίαμα το οποίο συντέθηκε στο εργαστήριο εξετάστηκε ως προς τις μηχανικές τους αντοχές. Επιπρόσθετα, στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν και συνθέσεις με βάση το παραπάνω κονίαμα, στις οποίες προστέθηκαν χρωστικές ουσίες (ώχρες και κεραμάλευρο) ώστε να επιτευχθεί ο χρωματισμός του κονιάματος και να υπάρχει χρωματική εναρμόνιση των λίθων του μνημείου και του νέου αρμολογήματος καθώς και των κατά περίπτωση νέων επιχρισμάτων.

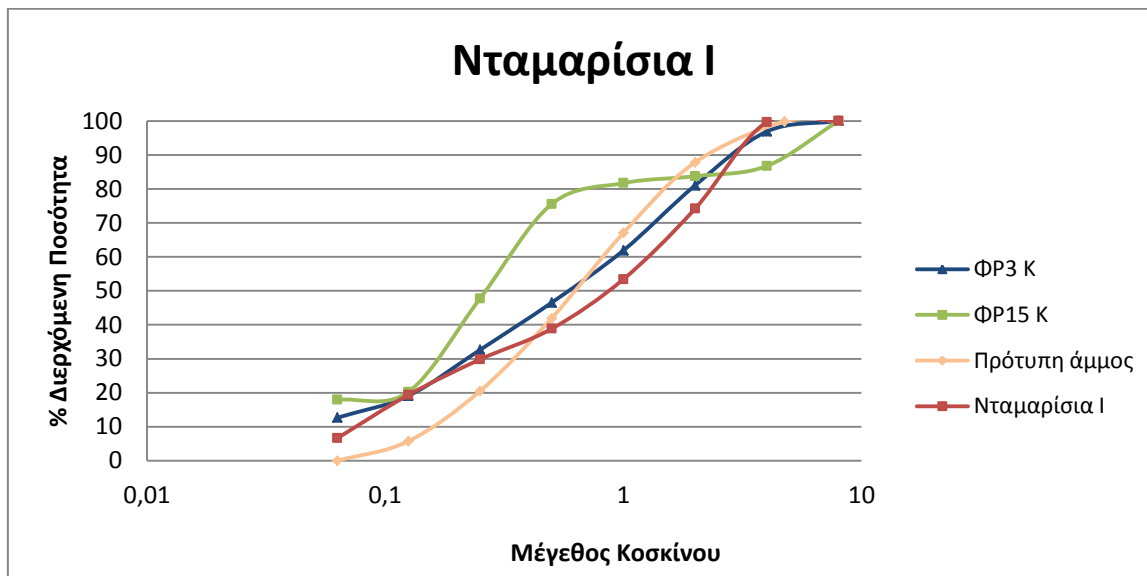
7.1 Εργαστηριακή σύνθεση

7.1.1 Επιλογή συμβατών πρώτων υλών

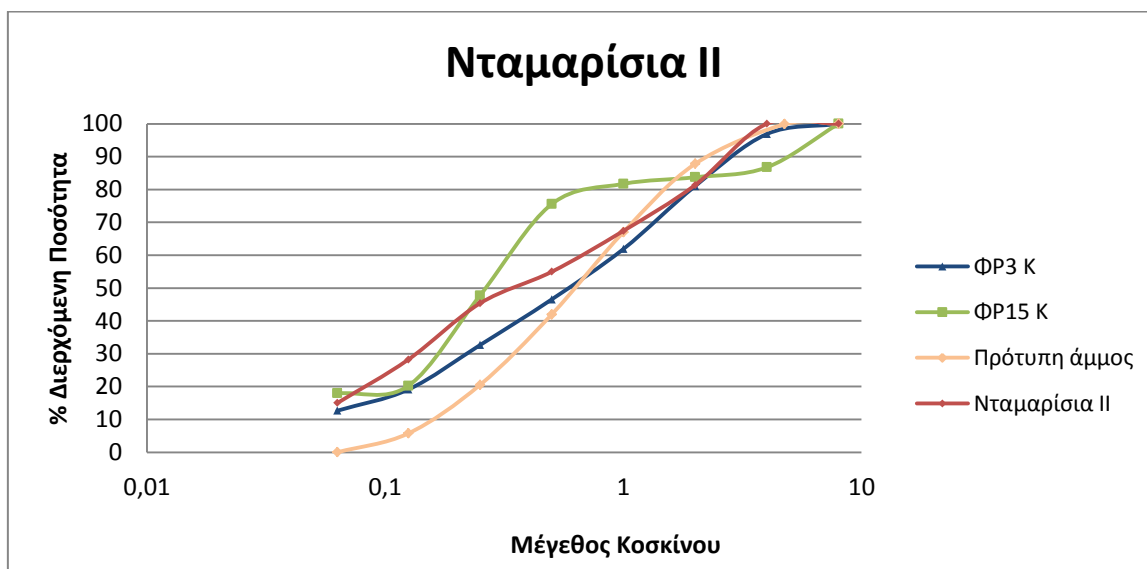
Για τη σύνθεση χρησιμοποιήθηκαν ως κονίες συνδυαστικά η φυσική υδραυλική άσβεστος (NHL) και ο μετακαολίνης (Mt), ο οποίος αποτελεί τεχνητή ποζολάνη. Η χρήση NHL είναι συμβατή με τα αναλυθέντα κονιάματα, τα οποία περιείχαν υδραυλικές κονίες προερχόμενες από τοπικά πετρώματα μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Ο μετακαολίνης δίνει - όπως και οι φυσικές ποζολάνες- υδραυλικότητα στο κονίαμα και αντοχή στην έκθεση του σε παραθαλάσσια περιβάλλοντα, ενώ ταυτόχρονα προσδίδει μεγάλες μηχανικές αντοχές στο κονίαμα.

Όσον αφορά στο αδρανές που χρησιμοποιήθηκε, αυτό εκλέχθηκε μεταξύ ποικίλων δειγμάτων άμμων που προμηθεύτηκε το εργαστήριο. Έπειτα από κοσκίνιση των άμμων

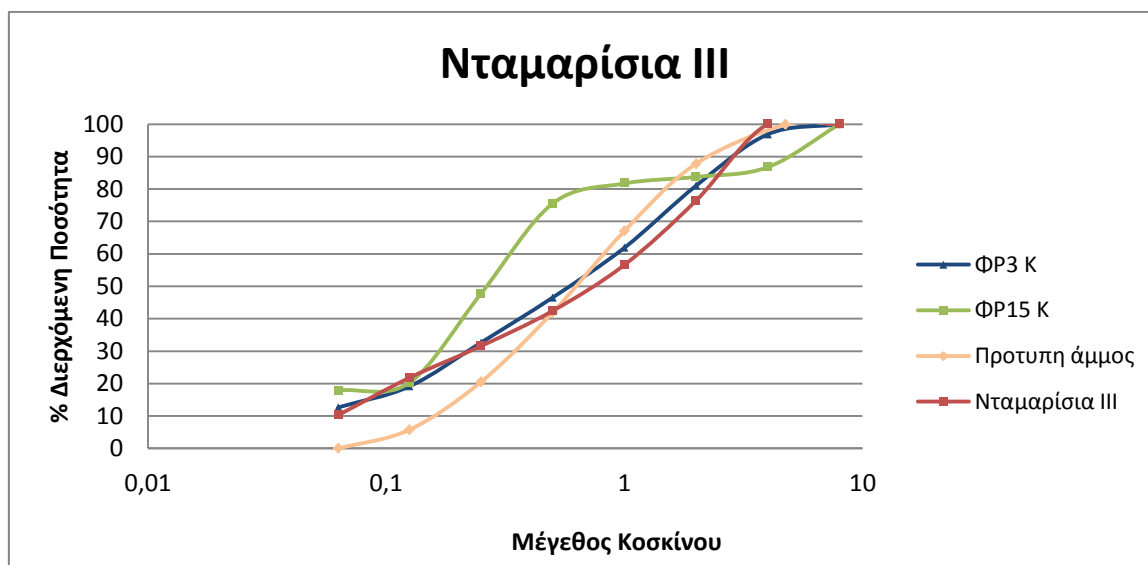
σχηματίστηκαν οι καμπύλες κοκκομετρικής διαβάθμισής τους (Σχήματα 137-142). Διαθέσιμες ήταν τριών ειδών νταμαρίσιες, μια πυριτική και μια ποταμίσια άμμος, ενώ το εργαστήριο διέθετε ήδη ποσότητα χαλαζιακής άμμου.



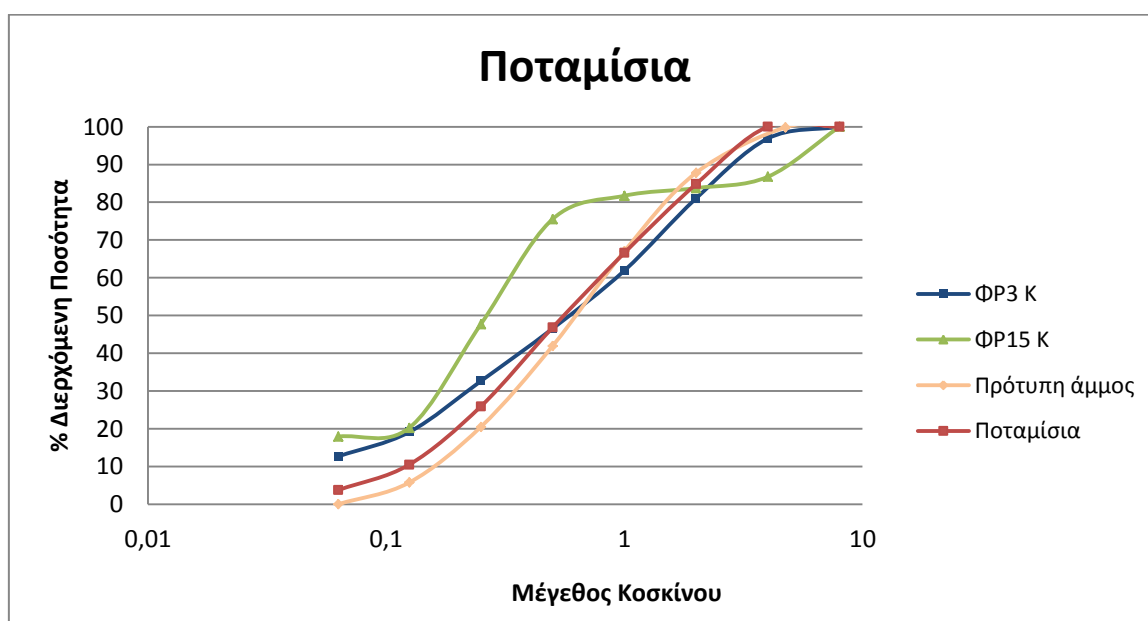
Σχήμα 137: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης της 1ης νταμαρίσιας άμμου σε παραλληλισμό με τα αναλυθέντα δείγματα και την πρότυπη άμμο.



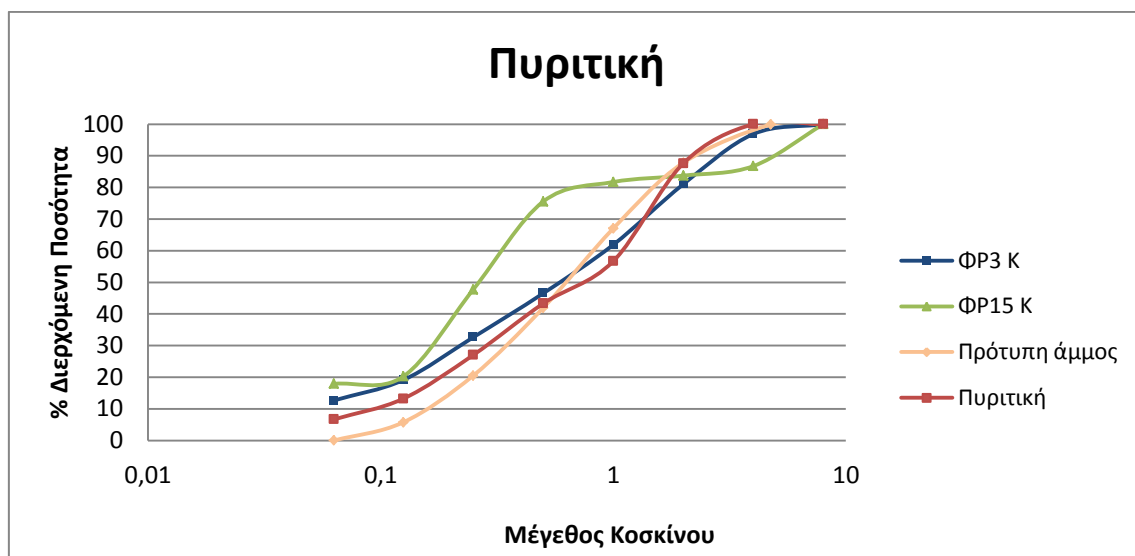
Σχήμα 138: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης της 2ης νταμαρίσιας άμμου σε παραλληλισμό με τα αναλυθέντα δείγματα και την πρότυπη άμμο.



Σχήμα 139: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης της 3ης νταμαρίσιας άμμου σε παραλληλισμό με τα αναλυθέντα δείγματα και την πρότυπη άμμο.



Σχήμα 140: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης της ποταμίσιας άμμου σε παραλληλισμό με τα αναλυθέντα δείγματα και την πρότυπη άμμο.



Σχήμα 141: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης της πυριτικής άμμου σε παραλληλισμό με τα αναλυθέντα δείγματα και την πρότυπη άμμο.



Σχήμα 142: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης της χαλαζιακής άμμου του εργαστηρίου σε παραλληλισμό με τα αναλυθέντα δείγματα και την πρότυπη άμμο.

Η άμμος που εκλέχθηκε για χρήση στη σύνθεση ήταν η ποταμίσια άμμος, διότι προσομοιάζει περισσότερο με το κονίαμα ΦΡ3Κ (το οποίο έχει πολύ καλή κοκκομετρική διαβάθμιση) και με την πρότυπη άμμο, σε σχέση με τις υπόλοιπες άμμους. Επιπλέον ήταν η άμμος με τη μικρότερη περιεκτικότητα σε παυτάλη, η οποία γενικώς επιδράει ανεπιθύμητα στα κονιάματα.



Σχήμα 143: Το δείγμα της ποταμίσιας άμμου που χρησιμοποιήθηκε.

7.1.2 Σύνθεση του κονιάματος

Καταρχήν βρέθηκαν οι επιθυμητές αναλογίες κονιάς και αδρανών. Η σύνθεση έγινε αρκετά ενισχυμένη, με υψηλή περιεκτικότητα σε κονία. Ο λόγος είναι: κονία /αδρανή = 0,5 και αναφέρεται στην κατά βάρος αναλογία των συστατικών. Εργαστηριακά επιλέχθηκαν οι κατάλληλες αναλογίες των συστατικών σε μάζα και ανάχθηκαν σε όγκους, ώστε να μετρηθούν με δοσομετρητές στη σκάφη ανάμιξης και να προστεθεί το νερό. Η σύνθεση ονομάστηκε ΦΡ-KON (χρήση ως κονίαμα για βαθειά αρμολογήματα και πληρώσεις).

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι ποσότητες των πρώτων υλών αλλά και οι αναλογίες τους κατά βάρος.

Πίνακας 5: Αναλογίες και ποσότητες κονιών και άμμου της σύνθεσης ΦΡ-KON.

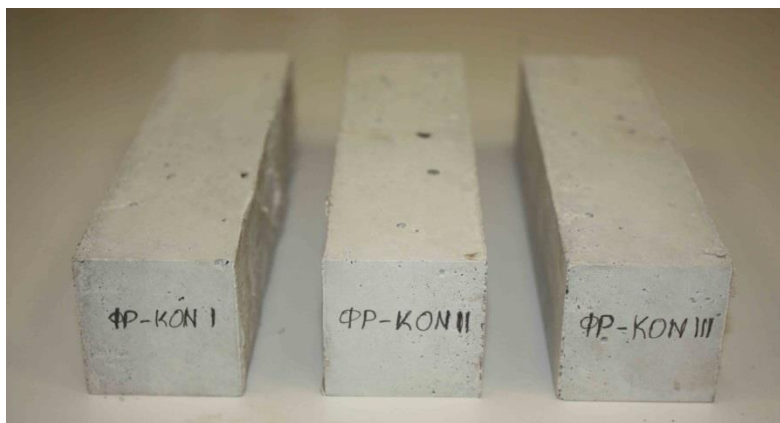
Συστατικά	Ποσότητα (g)	Ποσότητα (ml)	Αναλογίες κατά βάρος
Μετακαολίνης (Mt) ($\rho=0.5 \text{ g/cm}^3$)	450	900	Κονία (NHL+Mt)/Αδρανή=0,50 Νερό/Κονία (NHL+Mt)= 0,69
Υδραυλική Άσβεστος (NHL, 3.5-z) ($\rho=0,78 \text{ g/cm}^3$)	900	1154	
Ποταμίσια άμμος ($\rho=1,67 \text{ g/cm}^3$)	2700	1620	
Νερό ($\rho=1 \text{ g/cm}^3$)	935	935	



Σχήμα 144: Ανάμιξη του κονιάματος.

7.1.3 Έλεγχος μηχανικών αντοχών του κονιάματος

Το προτεινόμενο κονίαμα για να ελεγχθεί ως προς τις μηχανικές του αντοχές σε θλίψη και σε κάμψη χυτεύθηκε σε ειδικά διαμορφωμένες μήτρες, σύμφωνα με προτυποποιημένες διαδικασίες (ΕΛΟΤ EN 1015.11, ASTM C192). Στο Σχήμα 145 φαίνονται τα δοκίμια. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα παραπάνω δοκίμια παρέμειναν σε κατάλληλες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας ($RH=95\pm5\%$, $T=20\pm2\text{ }^{\circ}\text{C}$) μέχρις ότου αποτιμηθούν οι μηχανικές αντοχές τους μετά από ωρίμανση 28 ημερών.



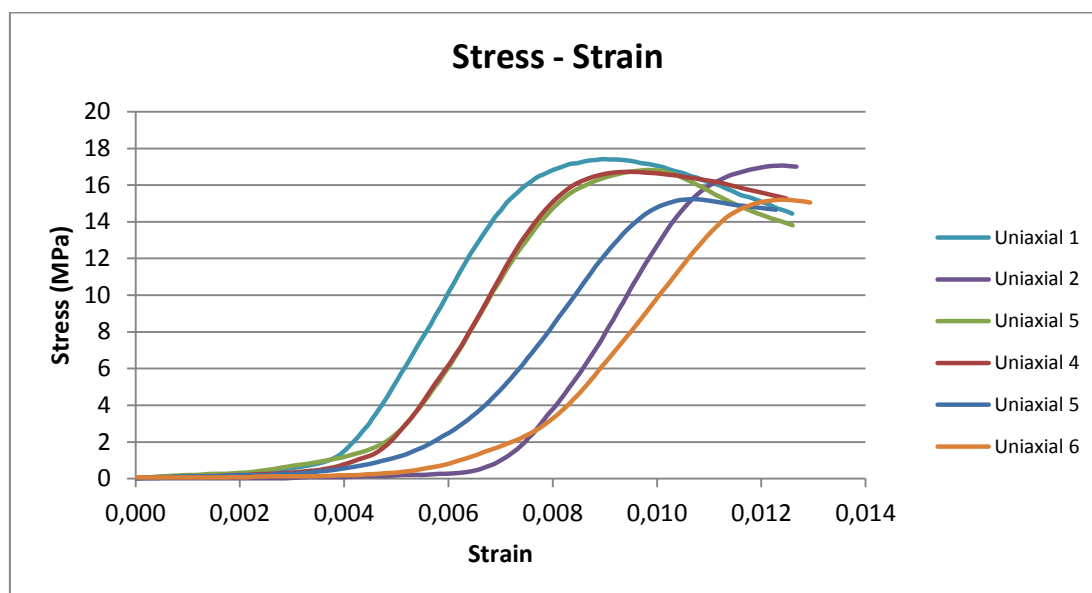
Σχήμα 145: Δοκίμια ΦΡ-ΚΟΝ ελέγχου μηχανικών αντοχών.

Στον Πίνακα 6 φαίνονται οι τιμές των μηχανικών αντοχών σε δοκιμές κάμψης και θλίψης μετά από ωρίμανση 28 ημερών. Στο Σχήμα 146 παρατίθενται οι καμπύλες τάσης παραμόρφωσης των κονιαμάτων που προέκυψαν από τις δοκιμές ελέγχου των θλιπτικών αντοχών των κονιαμάτων.

Επίσης, στον Πίνακα 6 δίνονται ο δείκτης δυσθραυστότητας ο οποίος υπολογίστηκε από το εμβαδόν των καμπυλών τάσης παραμόρφωσης. Η δυσθραυστότητα ισοδυναμεί με το έργο που απαιτείται για να σπάσει ένα υλικό. Συνεπώς ένα υλικό με μεγάλο εμβαδόν της καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης θραύεται πιο δύσκολα, δηλαδή μπορεί να απορροφήσει μεγαλύτερη ενέργεια από καταπονήσεις πριν θραυστεί. Τέλος, δίδεται το μέτρο ελαστικότητας.

Πίνακας 6: Τιμές μηχανικών αντοχών του κονιάματος ΦΡ-KON.

Προτεινόμενο Κονίαμα	Αντοχή σε θλίψη (MPa)	Αντοχή σε κάμψη (MPa)	Δείκτης δυσθραυστότητας	Μέτρο ελαστικότητας (GPa)
ΦΡ-KON	16,41 ($\pm 0,95$)	1,80 ($\pm 0,17$)	0,13 ($\pm 0,03$)	4,47 ($\pm 0,68$)



Σχήμα 146: Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων του κονιάματος ΦΡ-KON, για κάθε δοκίμιο.

7.2 Συνθέσεις χρωματικών δοκιμών






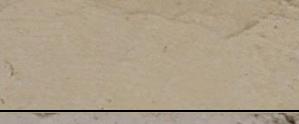



Παρακάτω, με σκοπό τη σύνθεση και επιχρίσματος αποκατάστασης για κατά περίπτωση χρήση στις τοιχοποιίες με απώλεια κονιάματος, χρησιμοποιήθηκαν, όπως ήδη αναφέρθηκε, ώχρα και κεραμάλευρο. Συγκεκριμένα, η σύνθεση του επιχρίσματος είναι πανομοιότυπη με αυτή του κονιάματος ΦΡ-KON, όπου προστέθηκαν σε εννέα δοκιμές ώχρα ή/και κεραμάλευρο (ΦΡ-ΕΠ 1-9), ώστε να προκύψουν διαφορετικές αποχρώσεις επί του τελικού επιχρίσματος αποκατάστασης.

Για την παραγωγή μικρών δοκιμαστικών ποσοτήτων, σταθερά χρησιμοποιήθηκαν 200g κονιάματος της σύνθεσης ΦΡ-KON, όπου προσθέτονταν οι κατάλληλες ποσότητες των χρωστικών. Μέρος των παραγόμενων κονιαμάτων τοποθετούνταν σε πλαστικά ποτήρια που διατηρήθηκαν σε συνθήκες υγρασίας για την πήξη τους, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα εφαρμοζόταν σε επιφάνεια λίθου, ώστε να υπάρχει έπειτα μια επισκόπηση της εφαρμογής τους ως επιχρίσματα. Οι πρώτες δοκιμές περιείχαν πολύ μικρή ποσότητα ώχρας η οποία δεν παρήγαγε κάποιον ικανοποιητικό χρωματισμό. Παρακάτω (Σχήμα 147 και Πίνακας 7) δίδονται οι δοκιμές επιχρισμάτων ΦΡ-ΕΠ 1 έως και ΦΡ-ΕΠ 9 και οι ανάλογοι χρωματισμοί.



Σχήμα 147: Οι δοκιμές 1 έως 9 εφαρμοσμένες σε λίθους.

Πίνακας 7: Δοκιμές αποχρώσεων του επιχρίσματος.

Δοκιμή	Απόχρωση	Κονίαμα ΦΡ-ΚΟΝ (g)	Ώχρα (g)	Κεραμάλευρο >63 μm (g)	Κεραμάλευρο >125 μm (g)
ΦΡ-ΕΠ 1		200	-	-	-
ΦΡ-ΕΠ 2		200	0,014	-	-
ΦΡ-ΕΠ 3		200	0,042	-	-
ΦΡ-ΕΠ 4		200	0,100	-	-
ΦΡ-ΕΠ 5		200	0,207	-	-
ΦΡ-ΕΠ 6		200	0,500	-	-
ΦΡ-ΕΠ 7		200	1,557	-	-
ΦΡ-ΕΠ 8		200	0,500	1,029	-
ΦΡ-ΕΠ 9		200	1,550	9,820	5,851

8. Συμπεράσματα

Κλείνοντας την παρούσα εργασία, μπορούν να διατυπωθούν ορισμένα συμπεράσματα επί του συνόλου της. Καταρχήν, πρέπει να επισημανθεί εκ νέου η ανάγκη διεπιστημονικότητας στην διαχείριση των μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς, έπειτα από την παρουσίαση όλων των αποτελεσμάτων. Σχετικά με την αειφορία αυτών, η διεξοδική ανάλυση των υλικών δόμησης με ποικίλες μεθόδους είναι αναγκαία, ώστε να αποφεύγονται λάθη τα οποία προκαλούν εκτενέστερες ζημιές σε ένα μνημείο, αντί να το προστατεύουν. Η μελέτη της μικροδομής των υλικών καθώς και της χημικής φύσης των συστατικών τους κατέχουν πρωταρχική σημασία σε αυτό το ζήτημα.

Μάλιστα, η εξαγωγή των πορισμάτων σχετικά με τα υλικά προηγείται των αποφάσεων εκείνων για τη διαχείριση και επανάχρηση ενός μνημείου, διότι πιθανώς να πρέπει εξ υποθέσεως να αποκλειστούν ορισμένοι τύποι επεμβάσεων, υλικών και χρήσεων εντός της υφιστάμενης δομής.

Παρακάτω, όσον αφορά στη σύνθεση κονιαμάτων αποκατάστασης, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην εκλογή των συμβατών πρώτων υλών. Αυτές έχουν πολλές ποιοτικές διαφορές μεταξύ τους, είτε πρόκειται για κονίες, είτε για αδρανή, ή ακόμη και για τα χρωστικά πρόσθετα. Η επιθυμητή σύνθεση για να έχει την απαιτούμενη αντοχή και ανθεκτικότητα στις περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες εξάλλου προκάλεσαν τη φθορά και στα προϋπάρχοντα υλικά, πρέπει να έχει πρώτες ύλες κατάλληλες. Επίσης οι σωστές πρώτες ύλες καθορίζουν και την καλή ή κακή συμπεριφορά με τα υφιστάμενα. Η παραπλήσια μηχανική συμπεριφορά εξασφαλίζει τη συνεκτικότητα μεταξύ αυτών και η παραπλήσια φύση των υλικών (πχ. πορώδες, περιεκτικότητα σε άλατα κ.ά.) αποτρέπει ποικίλες άλλες παρενέργειες που πιθανώς να λειτουργήσουν εις βάρος των παλαιών κονιαμάτων και εν γένει της τοιχοποιίας.

Η ιστορική μελέτη και χρονολόγηση των κονιαμάτων που αποτέλεσε μέρος αυτής της εργασίας, είναι αναπόσπαστο κομμάτι κάθε αρχιτεκτονικής ή αρχαιολογικής ιστορικής έρευνας για ένα μνημείο ή σύνολο. Ωστόσο, χωρίς την παρουσία της διαδικασίας που ακολουθήθηκε στην εργασία, η οποία επιτάσσει τη συνεργασία και άλλων ειδικοτήτων εκτός των παραπάνω, η αξιολόγηση είναι ελλιπής βάσει των σύγχρονων κριτηρίων

προσέγγισης των αποκαταστάσεων μνημείων. Η ολιστική μελέτη ιστορικών υλικών, η εξαγωγή επιστημονικών και τεκμηριωμένων πορισμάτων μέσω της ανάλυσης τους και η εγκαθίδρυση μιας ευρείας βάσης δεδομένων δύναται να εμπλουτίσει την μελλοντική ιστορική έρευνα και να αποτελέσει ένα αναπόσπαστο μέρος της.

Στην περίπτωση του Φραγκοκάστελλου, τέθηκε καταρχήν μια βάση για την αποκατάσταση του, αφού διατυπώθηκαν σαφώς οι κατευθύνσεις για τη σύνθεση συμβατών κονιαμάτων και επιχρισμάτων αποκατάστασης. Σε μελλοντικό χρόνο, η οριστική μελέτη θα αξιοποιήσει αυτή την κατεύθυνση και μέσω της ίδιας διαδικασίας αξιολόγησης των διαθέσιμων πρώτων υλών για το έργο, θα βρεθεί η βέλτιστη σύνθεση με στόχο την αειφορία του μνημείου.

Η κατάταξη των κονιαμάτων σε ιστορικές περιόδους για το φρούριο Φραγκοκάστελλο, και συγκεκριμένα σε ενετικά, οθωμανικά και σύγχρονα αποτελεί αφ' ενός μια συνεισφορά στη δημιουργία μια ευρείας βάσης δεδομένων για τα ιστορικά υλικά, αφ' ετέρου αποτελεί σημαντική εργασία για την ιστορική τεκμηρίωση του μνημείου, η οποία κρίνεται γενικά ελλιπής. Έτσι, μπορεί να αξιοποιηθεί από τους μελετητές και σε συνδυασμό με άλλα ιστορικά στοιχεία που πιθανώς να προκύψουν, να συντελέσει σε μια πληρέστερη ιστοριογραφία του εν λόγω μνημείου. Επιπλέον, η ολιστική μελέτη των υλικών δόμησης αποτελεί και την ασφαλέστερη οδό για την σύνθεση συμβατών και αποτελεσματικών κονιαμάτων αποκατάστασης, όπως ακριβώς προτείνεται στην παρούσα εργασία.

9. Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφία αναλυτικού-εργαστηριακού μέρους

1. Farmer, V. (1974.). *Infrared Spectra of Minerals*. London: Mineralogical Society.
2. P. Maravelaki-Kalaitzaki, A. Galanos, I. Doganis, N. Kallithrakas-Kontos, "Physico-chemical characterization of mortars as a tool in studying specific hydraulic components: application to the study of ancient Naxos aqueduct", *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, Volume 104, Issue 1, 2011, pp. 335-348.
3. P. Maravelaki-Kalaitzaki, A. Bakolas, A. Moropoulou, "Physico-chemical Study of Cretan Ancient Mortars", *Cement and Concrete Research*, 33/5, 2003, pp. 651-661.
4. P. Maravelaki-Kalaitzaki, "Hydraulic lime-mortars with siloxane for waterproofing historic masonry", *Cement and Concrete Research*, 37(2), 2007, pp. 283-290.
5. A. Moropoulou, P. Maravelaki-Kalaitzaki, M. Borboudakis, A. Bakolas, P. Michailidis, M. Chronopoulos, "Historic mortars technologies in Crete and guidelines for compatible restoration mortars", *PACT, Journal of the European Study Group on Physical, Chemical, Biological and Mathematical Techniques Applied to Archaeology*, Ed. G. Biscontin, A. Moropoulou, M. Erdik, J. Delgado Rodrigues, Publ. Technical Chamber of Greece, Athens, vol. 55, 1998, pp. 55-72.
6. G. Biscontin, A. Bakolas, E. Zendri, P. Maravelaki, "Microstructural characteristics of historical Venetian mortars", *Conservation of Stone and Other Materials*, edited by M.J. Thiel, RILEM UNESCO, Publ. E&FN SPON, Chapman & Hall, Paris, vol. 2, 1993, pp. 178-185.
7. P. Maravelaki, Th. Markopoulos, P. Trimantilli-M^cGann, E. Repouscou, "Problemi di degrado dei materiali lapidei e delle malte delle fortificazioni veneziane a Chania", Proc. Intern. Symposium, *Le pietre da costruzione: il tufo calcareo e la pietra Leccese*, Consiglio Nazionale delle Ricerche-Progetto Finalizzato Edilizia: Istituto per la Residenza e le Infrastrutture Sociali (CNR-IRIS), Bari, Italy, 1993, pp. 389-405.
8. N. Μαραβελάκη, Γ. Χριστοδουλάκος «Εφαρμογή συμβατών κονιαμάτων για την αποκατάσταση και λειτουργία του αρχαιολογικού μουσείου Κισάμου», *Πρακτικά 1^{ου} Πανελλήνιου Συνέδριου Δομικών Υλικών & Στοιχείων*, 21-23 Μαΐου 2008, Αθήνα, ΤΕΕ, (CD).

9. Galanos A., Doganis I., Maravelaki-Kalaitzaki P., Kallithrakas-Kontos N., Hydraulic Mortars and Plasters at the Ancient Aqueduct of Naxos, Greece, *11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, 15-20/9/2008, Torun, Poland, pp. 627-634.
10. A. Galanos, I. Doganis, P. Maravelaki-Kalaitzaki, N.Kallithrakas-Kontos, Investigation for Durable Cast Stone Mortars for Use in a Marine Environment, *11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, 15-20/9/2008, Torun, Poland, pp. 1223-1230.
11. A. Galanos, I. Doganis, P. Maravelaki, "Durable cast stone mortars resistant to a marine environment", in: Ioannou, I., Theodoridou, M. (Eds.), *International Conference on Salt Weathering on Buildings and Stone Sculptures*; 19.10.2011 - 22.10.2011, Limassol, Cyprus, pp. 315-322.
12. E Aggelakopoulou, A Bakolas, A. Moropoulou (2011) *Properties of lime–metakolin mortars for the restoration of historic masonries*. Applied Clay Science, Volume 53, 15–19.
13. P.Maravelaki-Kalaitzaki, A. Bakolas, I. Karatasios, V. Kilikoglou. (2005). *Hydraulic lime mortars for the restoration of historic mansory in Crete*. *Cement and Concrete Research*, 1577-1586.
14. P. Maravelaki-Kalaitzaki, A. Galanos, N. Kallithrakas-Kontos. (2010). *Physicochemical characterization of mortars as a tool in studying srecific hydraulic components:application to the study of ancient Naxos aqueduct*. *Materials Science & Processing* , 335-348.
15. P. Maravelaki-Kalaitzaki, Z. Agioutantis, E. Lionakis, M. Stavroulaki, & V. Perdikatsis, (2013), *Physico-chemical and Mechanical Characterization of Hydraulic Mortars Containing Nano-Titania for Restoration Applications*, *Cement and Concrete Composites*, Volume 36, pp. 33-41.
16. A. Moropoulou, A. Bakolas, K. Bisbikou (1995). *Thermal analysis as a method of characterizing ancient mortars*. *Thermochimica Acta* , 743-753.
17. Χρυσή Μ. Καπριδάκη, Έλεγχος χημικής συμβατότητας και βελτίωση στερεωτικών λίθου με νανοτεχνολογία, Διδακτορική διατριβή, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2015

18. Θ. Χατζηγιάννου και Μ. Κουμπάρης, "Ενόργανη Ανάλυση." Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 1990.
19. A. Skoog, F. Holler, and T. Nieman, "Αρχές Ενόργανης Ανάλυσης" Απόδοση στα ελληνικά Καραγιάννης Μ.Ι., Ευσταθίου Κ.Η., Χανιωτάκης Ν., Εκδόσεις Κωσταράκη, Αθήνα, 2002.
20. B. Stuart, "Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications" West Sussex: John Wiley & Sons, 2004.
21. <http://online.sfsu.edu/trautman/chem452/ftir2.gif> [τελευταία επίσκεψη: 02-10-2014].
22. http://www.mediahex.com/X-Ray_Diffraction [τελευταία επίσκεψη: 05-10-2014].
23. <http://www.azomining.com/article.aspx?ArticleID=160> [τελευταία επίσκεψη: 05-10-2014].
24. M. Brown, "Introduction To Thermal Analysis Techniques And Applications" Kluwer Academic Publishers, 2001.
25. http://www.hitachi-hitec-science.com/en/products/thermal/tec_descriptions/ta.html [τελευταία επίσκεψη: 06-10-2014].
26. Aretaki I., Kallithrakas-Kontos N.G., Total reflection X-Ray fluorescence selenium analysis after element reduction and quartz reflector absorption. J. Anal. At. Spectrom, 2009, 24, 979-982
27. Introduction to X-ray spectrometric Analysis by Eugene P. Bertin : Plenum Press, New York, 1978
28. Σιανούδης Ι.Α., Καρυδάς Α.Γ., Ζαρκάδας Χ., Δρακάκη Ε., Φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων Χ (XRF): Μια πρόταση για αξιοποίησή της στην εκπαιδευτική διαδικασία, e-Περιοδικό Επιστήμης και Τεχνολογίας, 2006
29. Γαλάνη-Νικολακάκη Σ., Ιχνοστοιχειακές Αναλύσεις Οινικών Προϊόντων Νομού Χανίων, Διδακτορική Διατριβή, Γενικό Τμήμα Πολυτεχνείου Κρήτης, 2000
30. Κονσολάκης, Γενική Χημεία: Θεωρία και Εφαρμογές, Εκδόσεις Αέναος, Αθήνα, 2008
31. Skoog, Holler, Nieman, Αρχές Ενόργανης Ανάλυσης, Εκδόσεις Κωσταράκη, Αθήνα, 2005
32. David L. Zellmer, Standard Addition, Ph.D. Department of Chemistry, California State University, Fresno, 1998
33. Βαρδάβα Α.Ε., Ανάλυση Φασμάτων Φθορισμού Ακτίνων-Χ (XRF) Περιβαλλοντικών Δειγμάτων με το Πρόγραμμα WinQXAS, Διπλωματική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2008

34. Ladislav Musílek, , Tomáš Čechák, Tomáš Trojek, X-ray fluorescence in investigations of cultural relics and archaeological finds, Czech Technical University in Prague, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, 2011

Ιστορική – αρχαιολογική βιβλιογραφία

35. Χαράλαμπος Μπούρας, Ιστορία της Αρχιτεκτονικής, δεύτερος τόμος , εκδόσεις «Μέλισσα», 1999
36. Giuseppe Gerola, Monumenti Veneti nell'isola di Creta, I, Βενετία 1905
37. Μιχάλης Ανδριανάκης, Το Φραγκοκάστελλο των Σφακίων, Υπουργείο Πολιτισμού, Ταμείο Αρχαιολογικών Πόρων και Απαλλοτριώσεων, Αθήνα, 1998
38. Σταύρος Καρκαλέτσης, Φραγκοκάστελλο, «Ιστορικά Θέματα», τεύχος 25, Ιανουάριος 2004
39. Οδυσσεύς, ιστότοπος του Υπουργείου Πολιτισμού της Ελλάδας :
http://odysseus.culture.gr/h/3/gh351.jsp?obj_id=16201 (τελευταία επίσκεψη: 15-11-2014)
http://odysseus.culture.gr/h/3/gh352.jsp?obj_id=16201 (τελευταία επίσκεψη: 15-11-2014)
http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=16202 (τελευταία επίσκεψη: 15-11-2014)
40. Προφορική πηγή, Τούλα Τριμανδήλη
41. Vitruvius, Δέκα Βιβλία, απόδοση-επιμέλεια: Σ.Ζερέφος, εκδόσεις Παρατηρητής, δεύτερη έκδοση, 1998

10. Παράρτημα - Δελτία δειγμάτων

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ1 Ε** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο / Σφακιά, Χανιά**
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:

οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,4 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ2 Ε** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,6 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

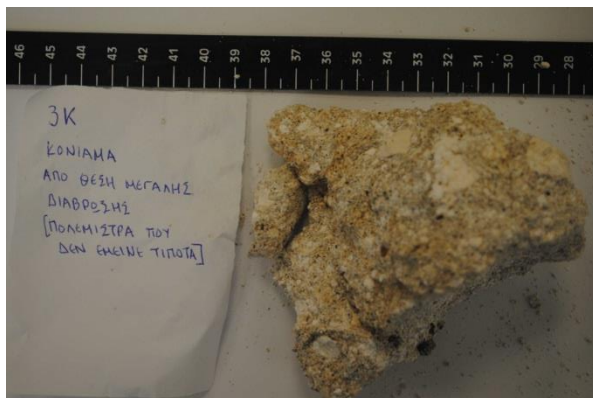
Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ3 Κ** (Κονίαμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
ενετική

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,4 m
οριζόντιο / κατακόρυφο
εσωτερικό/ εξωτερικό

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο:

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☒ άλλο: κατεστραμμένη πολεμίστρα

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

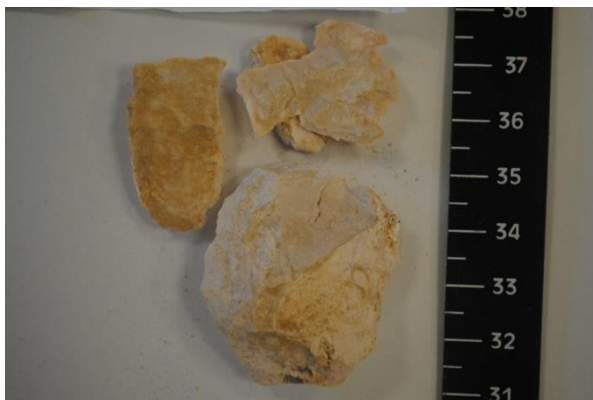
Σημείο με βαθειά καταστροφή της τοιχοποιίας.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ4 Λ** (Λίθος)

Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά, Χανιά**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,3 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: κονίαμα δόμησης

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Βρίσκεται σε πρόσφυση με το δείγμα ΦΡ3Κ και μοιάζει χρωματικά με τα αδρανή αυτού.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ5 Κ** (Κονίαμα)

Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά, Χανιά**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:

νεότερη

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☒ πλήρωση
- ☐ άλλο: τσιμεντιτικό κονίαμα νεότερης επέμβασης

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,4 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Πανομοιότυπο κονίαμα παρατηρείται και σε άλλα σημεία του κτηρίου.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ6 Ε** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο / Σφακιά, Χανιά**
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
ενετική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 2,05 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ7 Ε** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 0,5 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

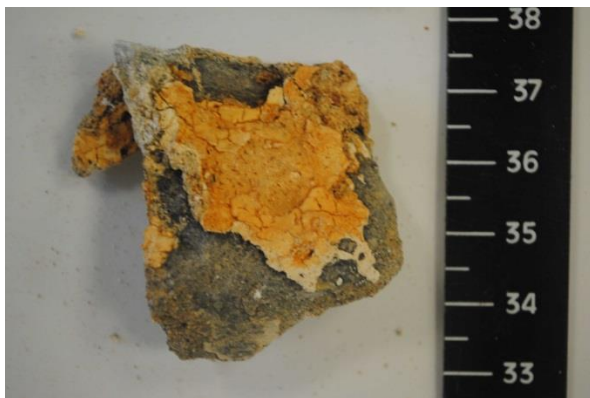
Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ8 Ε (+Λ)** (Επίχρισμα σε λίθο)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,7 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ9 Ε** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,7 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

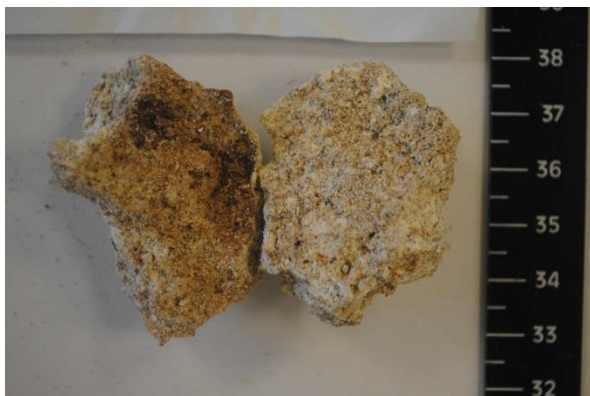
Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ10 Κ** (Κονίαμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Κωδικός αριθμός: **ΦΡ10 Κ** (Κονίαμα)
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:

οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
☐ επίχρισμα
☐ επίστρωση
☐ πλήρωση
☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 2,75 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
☒ λίθο
☐ μέταλλο
☐ άλλο:

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
☐ καμάρα
☐ παραστάδα
☐ πεσσός
☐ οροφή
☐ τόξο
☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
☐ χέρι
☐ καροτιέρα
☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Σημείο με βαθειά καταστροφή της τοιχοποιίας.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ11 Κ** (Κονίαμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,4 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☐ άλλο:

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Σημείο με βαθειά καταστροφή της τοιχοποιίας.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ12 Ε** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,85 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

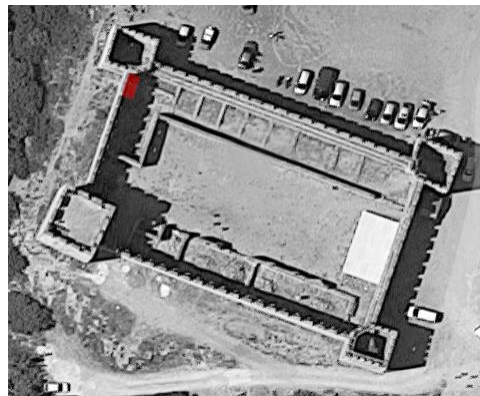
Χαρακτό μοτίβο στην επιφάνεια του
επιχρίσματος.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ13 Κ (+Λ)**(Κονίαμα και λίθος)

Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά, Χανιά**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:

Άγνωστο, μάλλον νεότερη

Είδος δείγματος:

- ☒δόμηση
- ☐επίχρισμα
- ☐επίστρωση
- ☐πλήρωση
- ☐άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

- ☒ από το έδαφος
 - ύψος από το έδαφος: -
 - οριζόντιο** / κατακόρυφο
 - εσωτερικό/ εξωτερικό

Επαφή με:

- ☐πλίνθο
- ☒λίθο
- ☐μέταλλο
- ☒άλλο: είναι κονίαμα δόμησης σε πρόσφυση με λίθο

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒τοιχοποιία
- ☐καμάρα
- ☐παραστάδα
- ☐πεσσός
- ☐οροφή
- ☐τόξο
- ☐άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

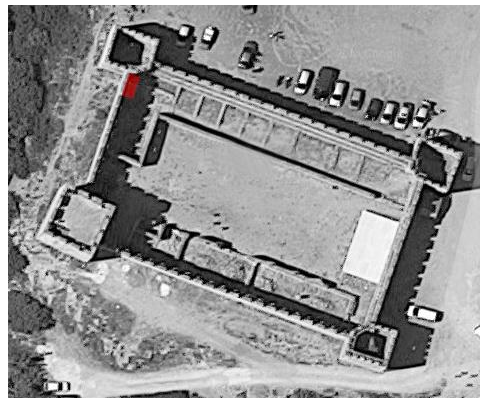
- ☐καλέμι
- ☒χέρι
- ☐καροτιέρα
- ☐άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Βρέθηκε σε σωρό υλικών, δε μπορεί να ταυτιστεί με κάποιο άλλο επίχρισμα ή στοιχείο κατασκευής.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ14 ΚΕΡ** (Κεραμικό)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά, Χανιά**
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☒ άλλο: απροσδιόριστο

Θέση δειγματοληψίας:

- ☒ από το έδαφος
- ύψος από το έδαφος: -
- οριζόντιο / κατακόρυφο**
- εσωτερικό/ εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☐ άλλο:

Στοιχείο κατασκευής:

- ☐ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☒ άλλο: απροσδιόριστο

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Βρέθηκε σε σωρό υλικών στο έδαφος. Δεν συναντάται αλλού και λόγω μικρού πάχους δε μπορεί να είναι δομικός οπτόπλινθος.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ15 Κ** (Κονίαμα)

Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά, Χανιά**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:

οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 2,3 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☐ άλλο:

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☒ άλλο: κατεστραμμένη πολεμίστρα

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Σημείο με βαθειά καταστροφή της τοιχοποιίας.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ16 Ε** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 1,5 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

Σημείο του ΒΔ πύργου όπου υπάρχει
η μεγάλη διαμπερής ρωγμή.
Χαρακτό μοτίβο στην επιφάνεια του
επιχρίσματος.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ17 Ε** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:
οθωμανική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 2,6 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☐ άλλο:

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☒ καλέμι
- ☐ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

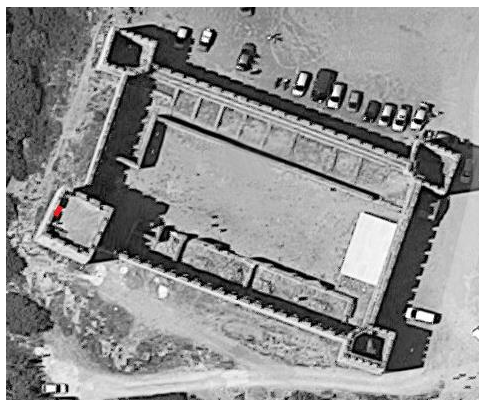
Σημείο όπου υπάρχουν κηλίδες
οξειδωσης στην επιφάνεια του
επιχρίσματος.
Χαρακτό μοτίβο στην επιφάνεια του
επιχρίσματος.

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ18 Λ** (Λίθος)

Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο / Σφακιά, Χανιά**

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **4/3/2015**



Ιστορική περίοδος:

-

Είδος δείγματος:

- ☒ δόμηση
- ☐ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☒ άλλο: λίθος

Θέση δειγματοληψίας:

- ☒ από το έδαφος
- ύψος από το έδαφος: -
- οριζόντιο** / κατακόρυφο
- εσωτερικό/ εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☐ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☐ άλλο:

Στοιχείο κατασκευής:

- ☐ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☒ άλλο: απροσδιόριστο

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

Επιπλέον στοιχεία περιοχής της δειγματοληψίας:

Συλλογή από το έδαφος, λίθοι του ίδιου πετρώματος υπάρχουν κυρίως σε νεότερες επεμβάσεις στο μνημείο

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡLeon E** (Επίχρισμα)
Προέλευση: **Φρούριο Φραγκοκάστελλο /Σφακιά,**
Χανιά
Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **9/7/2015**



Ιστορική περίοδος:
ενετική

Είδος δείγματος:

- ☐ δόμηση
- ☒ επίχρισμα
- ☐ επίστρωση
- ☐ πλήρωση
- ☐ άλλο:

Θέση δειγματοληψίας:

ύψος από το έδαφος: 4,3 m
οριζόντιο / **κατακόρυφο**
εσωτερικό/ **εξωτερικό**

Επαφή με:

- ☐ πλίνθο
- ☒ λίθο
- ☐ μέταλλο
- ☒ άλλο: προηγούμενη στρώση
κονιάματος

Στοιχείο κατασκευής:

- ☒ τοιχοποιία
- ☐ καμάρα
- ☐ παραστάδα
- ☐ πεσσός
- ☐ οροφή
- ☐ τόξο
- ☒ άλλο: υπέρθυρο νότιας πύλης

Τρόπος δειγματοληψίας:

- ☐ καλέμι
- ☒ χέρι
- ☐ καροτιέρα
- ☐ άλλο:

**Επιπλέον στοιχεία περιοχής της
δειγματοληψίας:**

Από το σημείο του υπέρθυρου της
νότιας πύλης του φρουρίου

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Κωδικός αριθμός: **ΦΡ ΑΜΜ** (άμμος)

Προέλευση: **Παραλία Φραγκοκάστελλου /Σφακιά,**
Χανιά

Ημερομηνία Δειγματοληψίας: **7/5/2015**

