

Έργο: «Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Επιστημονικά Υπεύθυνος: Καθηγητής Νικόλαος Σκουτέλης

Επιστημονικά Υπεύθυνη ομάδας και παραδοτέου: Καθηγήτρια Νόννη Μαραβελάκη

Μέλη ομάδας:

Αναστάσιος Καδίτης, Μηχανικός Υλικών MSc,

Καλή Καπετανάκη, Πολιτικός Μηχανικός MSc,

Δημήτριος Στεφανάκης Χημικός PhD,

Αφροδίτη Φωτίου, Πολιτικός Μηχανικός MSc,

Θέμις Κρασουδάκη, Δημήτριος Νικολαΐδης, Αλέξιος Καλαϊτζάκης: προπτυχιακοί φοιτητές



Υλικά:

Αναλύσεις -Διαγράμματα και στοιχεία ελέγχων

18 Μαρτίου 2021



Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	4
2. Περιγραφή Τεχνικών Ανάλυσης	7
2.1. Μικροσκοπία	7
2.2. Υπέρυθρη Φασματοσκοπία με Μετασχηματισμό Fourier	7
2.3. Φθορισμομετρία Ενεργειακής Διασποράς Ακτίνων Χ (EDXRF)	8
2.4. Προσδιορισμός Ανθρακικού Ασβεστίου - Ασβεστόμετρο Bernard	9
2.5. Θερμική ανάλυση DTA/TG	10
2.6. Ορυκτολογική ανάλυση XRD	10
2.7. Προσδιορισμός Ευδιάλυτων Αλάτων.....	11
2.8. Προσδιορισμός Υγρασίας και Ολικού Ανοιχτού Πορώδους	12
2.9. Προσδιορισμός Πυκνότητας με Λήκυθο	12
2.10. Μέτρηση Ταχύτητας Υπερήχων.....	13
2.11. Κρουσιμέτρηση Λίθων	14
2.12. Scotch Tape Test	14
3. Αποτελέσματα και Σχολιασμός	16
3.1. Μακροσκοπική Περιγραφή Δειγμάτων	16
3.1.1. Υπόλευκα Δείγματα.....	17
3.1.2. Φαιά Δείγματα	30
3.1.3. Καστανο – Ερυθρά Δείγματα	35
3.1.4. Δείγματα Λίθων και Τσιμεντοκονιαμάτων	41
3.2. Μικροσκοπική Ανάλυση Δειγμάτων	48
3.2.1. Υπόλευκα Δείγματα.....	48
3.2.2. Φαιά Δείγματα	61
3.2.3. Καστανά- Ερυθρά Δείγματα	66
3.2.4. Δείγματα Λίθων και Τσιμεντοκονιαμάτων	72
3.3. Κοκκομετρική Ανάλυση Δειγμάτων	78
3.3.1. Κοκκομετρική Διαβάθμιση Δειγμάτων.....	78
3.3.2. Μικροσκοπική ανάλυση των κοκκομετρικών κλασμάτων	83
3.4. Ορυκτολογική Ανάλυση XRD	85

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»



3.5.	Χημική και Στοιχειακή Ανάλυση Δειγμάτων	88
3.5.1.	Φθορισμομετρία Ενεργειακής Διασποράς Ακτίνων Χ (EDXRF)	88
3.5.2.	Υπέρυθρη Φασματοσκοπική Ανάλυση (FTIR).....	97
3.5.3.	Προσδιορισμός Ανθρακικού Ασβεστίου	105
3.5.4.	Θερμική Ανάλυση DTA/TG.....	108
3.5.5.	Προσδιορισμός ευδιάλυτων αλάτων	110
3.5.6.	Συνολική επισκόπηση χημικής ανάλυσης των δειγμάτων	113
3.6.	Φυσικο-μηχανικές ιδιοότητες	114
	Προσδιορισμός Υγρασίας και Πορώδους	114
3.6.1.	Προσδιορισμός Πυκνότητας.....	115
3.6.2.	Χρωματομετρία.....	116
3.6.3.	Δοκιμή Υδατο-Απορρόφησης με τη Μέθοδο Sponge Test.....	117
3.6.4.	Ταχύτητα Υπερήχων	118
3.6.5.	Κρουσιμέτρηση Λίθων.....	119
3.6.6.	Δοκιμή Scotch Tape	121
3.7.	Ανάλυση δειγμάτων από τους θόλους	122
4.	Συμπεράσματα -πρόταση	126
5.	Βιβλιογραφία	129

1. Εισαγωγή

Το παρόν παραδοτέο με θέμα: Υλικά: Αναλύσεις -Διαγράμματα και στοιχεία ελέγχων, αποτελεί τμήμα του ερευνητικού προγράμματος με τίτλο: «Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης – απόδοσης χρήσεων – ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά», που εκπονείται από το Πολυτεχνείο Κρήτης, με επιστημονικά Υπεύθυνο τον Καθηγητή της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών κ. Νικόλαο Σκουτέλη.

Το περιεχόμενο του εν λόγω παραδοτέου είναι η ανάλυση των ιστορικών δομικών υλικών και κονιαμάτων των Νεωρίων και περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Δειγματοληψία
2. Ταξινόμηση δειγμάτων και δημιουργία δελτίων δειγμάτων
3. Αναλύσεις δειγμάτων

Οι εργασίες του παραδοτέου εκπονήθηκαν στο Εργαστήριο Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς & Σύγχρονης Δόμησης της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης με Δ/ντρια και επιστημονικά υπεύθυνη την Καθηγήτρια κ. Νόνη Μαραβελάκη. Στην αναφορά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν για τα δείγματα της πρώτης και δεύτερης δειγματοληψίας. Συνολικά ελήφθησαν 14 δείγματα κατά την πρώτη δειγματοληψία και 13 δείγματα κατά την δεύτερη.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα δείγματα και τα σημεία δειγματοληψίας τους στην κάτοψη των Νεωρίων για την καλύτερη γενική εικόνα των υλικών που συμμετέχουν στην δόμηση του μνημείου.



Σχήμα 1: Δείγματα και θέσεις δειγματοληψίας από το κύριο σώμα των Νεωρίων.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Εισαγωγή



Σχήμα 2: Δείγματα και θέσεις δειγματοληψίας από τους θόλους των Νεωρίων.

Οι αναλύσεις στις οποίες υποβλήθηκαν τα δείγματα είναι οι παρακάτω:

- Μακροσκοπική ανάλυση
- Μικροσκοπική ανάλυση
- Κοκκομετρική ανάλυση
- Χημικές αναλύσεις:
 - υπέρυθη φασματοσκοπία FTIR,
 - φθορισμομετρία ενεργειακής διασποράς ακτίνων X EDXRF,
 - ασβεστομετρία με ασβεστόμετρο Bernard,
 - προσδιορισμός αγωγιμότητας και ευδιάλυτων αλάτων, θερμική ανάλυση DTA-TG

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Εισαγωγή



- Ορυκτολογική ανάλυση XRD
- Φυσικο-μηχανικές αναλύσεις
 - Προσδιορισμός πυκνότητας
 - Προσδιορισμός πορώδους και υγρασίας
 - Προσδιορισμός υδατοαπορροφητικότητας με τη δοκιμή sponge test
 - Χρωματομετρία για τον προσδιορισμό των χρωματικών παραμέτρων
 - Προσδιορισμός ταχύτητας υπερήχων και δυναμικού μέτρου ελαστικότητας (UPV test)

Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν 2 φυσικο-μηχανικές δοκιμές επί τόπου (in situ) :

- Κρουσιμέτρηση λίθων
- Δοκιμή scotch tape

2. Περιγραφή Τεχνικών Ανάλυσης

2.1. Μικροσκοπία

Η μικροσκοπία οπτικών ινών έγινε με την χρήση Dino-Lite Ψηφιακού Μικροσκοπίου AM4515T8 υψηλής ρυθμιζόμενης μεγέθυνσης 700-900x.

2.2. Υπέρυθρη Φασματοσκοπία με Μετασχηματισμό Fourier

Η υπέρυθρη φασματοσκοπία είναι μια από τις σημαντικότερες αναλυτικές τεχνικές ταυτοποίησης οργανικών και ανόργανων ενώσεων ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και βασίζεται στην απορρόφηση ακτινοβολίας της ύλης στην υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος [1]. Η πρακτική αυτή διαθέτει ευρύ φάσμα εφαρμογής στο πεδίο της παθολογίας, διάγνωσης και συντήρησης παραδοσιακών δομικών υλικών [2].

Η μελέτη των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της υπέρυθρης φασματοσκοπίας με μετασχηματισμό Fourier. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η τεχνική δίσκου βάσης βρωμιούχου καλίου (KBr) στην περιοχή του μεσαίου υπέρυθρου από 4000 έως 400 cm^{-1} , επειδή εξυπηρετεί δείγματα σε μορφή κονίας. Για την διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο τύπου FTIR Spectrum 1000 της εταιρίας Perkin-Elmer, του τομέα Χημείας και Τεχνολογίας Υδρογονανθράκων, της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Η υπέρυθρη ακτινοβολία, λόγω της μικρής της ενέργειας, δεν προκαλεί ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις αλλά διεγέρσεις μεταξύ διάφορων ενεργειακών σταθμών δόνησης και



περιστροφής 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 την διάρκεια της δόνησης και η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα τη δονητική ή την περιστροφική κίνησή του [3].

Το φασματοφωτόμετρο υπέρυθρου απαρτίζεται από την πηγή ακτινοβολίας, την κυψελίδα του δείγματος, τον μονοχρωμάτορα και τον ανιχνευτή σήματος. Τα ευρέως χρησιμοποιούμενα όργανα υπέρυθρης φασματοσκοπίας υπέρυθρου 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 που αποτελείται από έναν διαιρέτη ακτινοβολίας και δύο κάτοπτρα κάθετα μεταξύ τους. Η διερχόμενη από το δείγμα ακτινοβολία συλλέγεται από τον ανιχνευτή. Τέλος το σήμα που προκύπτει μετασχηματίζεται κατά Fourier σε τυπικό φάσμα IR [4].

2.3. Φθορισμομετρία Ενεργειακής Διασποράς Ακτίνων Χ (EDXRF)

Οι αναλύσεις φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων Χ, έγιναν στο εργαστήριο αναλυτικής και περιβαλλοντικής χημείας, της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, σε συνεργασία με τον Καθηγητή και Αντιπρύτανη του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Ν. Καλλίθρακα - Κόντο.

Η φασματοσκοπία XRF χρησιμοποιείται τόσο για ποιοτική όσο και για ποσοτική στοιχειακή ανάλυση στερεών. Κατά την πειραματική διαδικασία φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων Χ εκπέμπονται φωτόνια από μια πηγή και προσπίπτουν στο προς εξέταση δείγμα. Κατά την ακτινοβολήση ενός ατόμου με φωτόνια κατάλληλης ενέργειας (στην περιοχή των ακτίνων Χ) εκπέμπονται από το άτομο ακτίνες Χ που σχετίζονται με τη μετακίνηση ηλεκτρονίων μεταξύ διαφορετικών ενεργειακών στιβάδων. Όταν η ενέργεια των φωτονίων που χρησιμοποιούνται για τη διέγερση είναι υψηλότερη της ενέργειας σύνδεσης των ηλεκτρονίων μιας δεδομένης ατομικής στιβάδας προκαλείται αποβολή ηλεκτρονίου από τη συγκεκριμένη στιβάδα. Η κενή θέση συμπληρώνεται με μετάπτωση ενός ηλεκτρονίου από στιβάδα υψηλότερης ενέργειας και ταυτόχρονη εκπομπή ακτίνας Χ με ενέργεια ίση με τη διαφορά ενέργειας των δύο στιβάδων που εμπλέκονται στη μετάβαση. Το φαινόμενο ονομάζεται φθορισμός και η εκπεμπόμενη ακτινοβολία ονομάζεται ακτινοβολία φθορισμού. Τα ατομικά ηλεκτρόνια κάθε στοιχείου καταλαμβάνουν θέσεις σε στιβάδες συγκεκριμένης ενέργειας, όπως επίσης και η ενεργειακή διαφορά δύο στιβάδων είναι συγκεκριμένη για κάθε στοιχείο. Επομένως, η εκπεμπόμενη ακτίνα Χ έχει ενέργεια χαρακτηριστική του στοιχείου και οδηγεί στην ταυτοποίησή του. Επίσης η ένταση εκπεμπόμενης ακτινοβολίας καθορίζεται από την ποσότητα του στοιχείου στο δείγμα. Συνεπώς, στο φάσμα ακτίνων Χ του δείγματος εμφανίζεται μια σειρά χαρακτηριστικών ενεργειακών κορυφών που οδηγεί στην ποιοτική και ημιποσοτική ή ποσοτική ανάλυση του [5].



2.4. Προσδιορισμός Ανθρακικού Ασβεστίου - Ασβεστόμετρο Bernard

Η μέθοδος του ασβεστόμετρου Bernard χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου και στηρίζεται στη μέτρηση του όγκου του CO₂ που εκλύεται μετά την αντίδραση διαλύματος υδροχλωρίου (HCl) με τα ανθρακικά άλατα του εξεταζόμενου δείγματος, λόγω της παρακάτω αντίδρασης [6].



Η πειραματική διάταξη παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3: Διάταξη ασβεστομέτρου Bernard.

Αρχικά, 0,1 gr δείγματος τοποθετούνται στο δοχείο. Σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούνται 5ml HCl και ο δοκιμαστικός σωλήνας τοποθετείται μέσα στο δοχείο. Το δοχείο σφραγίζεται με το πώμα έως ότου οι σωλήνες να ισοσταθμιστούν. Στην συνέχεια, το δοχείο στρέφεται με σκοπό να αδειάζει ο δοκιμαστικός σωλήνας και το HCl να αντιδράσει με το δείγμα. Σε περίπτωση που το δείγμα αποτελείται από ανθρακικό ασβέστιο λόγω της απελευθέρωσης διοξειδίου του άνθρακα η στάθμη στο σωλήνα μετατοπίζεται. Καταγράφεται το κατώτερο σημείο που φτάνει η στάθμη του υγρού.

Το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου που απελευθερώνεται προσδιορίζεται μέσω των στοιχειομετρικών σχέσεων της αντίδρασης.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Περιγραφή Τεχνικών Ανάλυσης



2.5. Θερμική ανάλυση DTA/TG

Η θερμική ανάλυση (Thermal Analysis, TA) περιλαμβάνει μια ομάδα με περισσότερες από 12 επιμέρους τεχνικές κατά τις οποίες καταγράφεται κάποια φυσική ιδιότητα μιας ουσίας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία όταν αυτή μεταβάλλεται με έναν προγραμματισμένο τρόπο. Οι αναλυτικές αυτές τεχνικές βρίσκουν εφαρμογή στον ερευνητικό και βιομηχανικό τομέα, τόσο για ποιοτικό όσο και για ποσοτικό έλεγχο. Οι πιο γνωστές αναλυτικές τεχνικές είναι: η θερμοστατική ανάλυση (Thermogravimetry, TGA), η διαφορική θερμική ανάλυση (Differential Thermal Analysis, DTA) και η διαφορική θερμιδομετρία σάρωσης (Differential Scanning Calorimetry, DSC) [7]. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η διαφορική θερμική ανάλυση (DTA).

Κατά την τεχνική διαφορικής θερμικής ανάλυσης μελετάται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του υπό μελέτη δείγματος και ενός αδρανούς υλικού αναφοράς όταν αυτά θερμαίνονται ομοιόμορφα με συγκεκριμένο θερμοκρασιακό πρόγραμμα. Η απεικόνιση του διαγράμματος που δίνει τις διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του δείγματος και του αδρανούς υλικού, σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, αποτελεί την καμπύλη διαφορικής θερμοανάλυσης και περιέχει όλες τις μεταβολές ενθαλπίας που λαμβάνουν χώρα κατά τη θέρμανση του δείγματος, είτε αυτές συνοδεύονται από μεταβολή του βάρους είτε όχι. 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 [8]. Η θερμική ανάλυση ιστορικών κονιαμάτων αλλά και σύγχρονων ασβεστοτικών υλικών μας δίνει πληροφορίες για το βαθμό ενανθράκωσης του ασβέστη αλλά και την ύπαρξη υδραυλικών συστατικών. Συγκεκριμένα, κατά την ενδόθερμη αντίδραση μεταξύ 400-550° C η μεταβολή μάζας αφορά την αφυδάτωση του CH (CHdeh) και η αντίστοιχη μεταξύ 600-900°C αφορά τη διάσπαση του ανθρακικού ασβεστίου (Cadec) [9, 10].

Στην παρούσα έρευνα η συσκευή θερμοσταθμικής ανάλυσης που χρησιμοποιείται είναι η LabSys Evo 1600° C της εταιρείας Setaram, του Εργαστηρίου ΥΛΠΟΚ της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης.

2.6. Ορυκτολογική ανάλυση XRD

Η μέθοδος της περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ (XRD) στηρίζεται στην περίθλαση των ακτίνων-Χ και δίνει τη δυνατότητα προσδιορισμού των ορυκτολογικών συστατικών των δειγμάτων. Όταν μονοχρωματική δέσμη ακτίνων Χ προσπίπτει στο υλικό του δείγματος, προκαλείται σκέδαση των ακτίνων-Χ στα πλέγματα των κρυσταλλικών φάσεων του δείγματός. Σε ορισμένες διευθύνσεις και για ορισμένες μόνο γωνίες προσπτώσεως της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, οι σκεδασμένες ακτίνες συμβάλλουν και ενισχύονται. Τότε θα προκύψουν περιθλώμενες

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

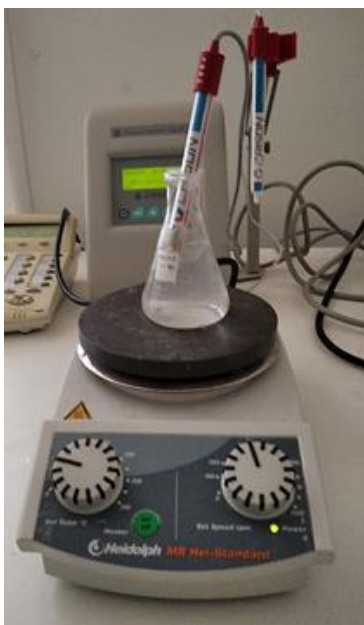


ακτίνες [11]. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το περιθλασίμετρο ακτίνων X Siemens D 500 diffractometer (Cu – Kα).

2.7. Προσδιορισμός Ευδιάλυτων Αλάτων

Ο προσδιορισμός ευδιάλυτων αλάτων γίνεται με την μέτρηση της αγωγιμότητας διαλύματος του υπό μελέτη υλικού σε απιονισμένο νερό σε αναλογία 0.1% (0.1g κονία σε 100 mL απιονισμένο νερό [12]. Η ποσότητα του δείγματος τοποθετείται σε κωνική φιάλη με απιονισμένο νερό και αναδεύεται για 48 ώρες. Στη συνέχεια, μετريέται η αγωγιμότητα του διαλύματος ενώ αναδεύεται με χρήση αγωγιμομέτρου GLP31 της Crison. Ακόμη, μετريέται και η αγωγιμότητα του απιονισμένου νερού που χρησιμοποιείται στα διαλύματα.

Η διάταξη του αγωγιμομέτρου παρουσιάζεται παρακάτω.



Σχήμα 4: Διάταξη αγωγιμομέτρου.

Η αγωγιμότητα του δείγματος προσδιορίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$C = \frac{(a - b) * 100}{P}$$

όπου:

C: αγωγιμότητα δείγματος ($\mu S * cm^{-1} * mg^{-1}$)

a: αγωγιμότητα διαλύματος ($\mu S * cm^{-1}$)

b: αγωγιμότητα απιονισμένου νερού ($\mu S * cm^{-1}$)

p: ποσότητα δείγματος (mg)

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Περιγραφή Τεχνικών Ανάλυσης



2.8. Προσδιορισμός Υγρασίας και Ολικού Ανοιχτού Πορώδους

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας ένα μέρος δείγματος ζυγίζεται αρχικά και καταγράφεται η μάζα του. Στη συνέχεια, τοποθετείται σε φούρνο θερμοκρασίας 60 °C μέχρι σταθερού βάρους το οποίο στη συνέχεια καταγράφεται. Η ποσότητα της υγρασίας του δείγματος προκύπτει από την διαφορά της μάζας του δείγματος πριν και μετά την τοποθέτηση στο φούρνο.

Η διαδικασία προσδιορισμού του πορώδους απαιτεί από το δείγμα αρχικά να έχει αφαιρεθεί η υγρασία με θέρμανση σε φούρνο στους 60 °C και να καταγραφεί το ξηρό βάρος του (m_{in}). Έπειτα, προσδιορίζεται ο όγκος των δειγμάτων σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη. Σε ποτήρι ζέσεως προστίθεται συγκεκριμένος όγκος απιονισμένου νερού ικανός ώστε να καλύψει το δείγμα προς μέτρηση, και καταγράφεται η στάθμη του. Στη συνέχεια, το δείγμα βυθίζεται στο ποτήρι και καταγράφεται η νέα στάθμη του νερού. Το δείγμα απομακρύνεται και προστίθεται απιονισμένο νερό έως τη νέα στάθμη. Ο όγκος του νερού που απαιτείται για να φτάσει στη νέα στάθμη καταγράφεται και αποτελεί τον όγκο του δείγματος ($V_{ολ}$). Έπειτα, για το προσδιορισμό του πορώδους το δείγμα επαναβυθίζεται στο νερό και αφήνεται εκεί για 2 ημέρες. Μετά το πέρας των ημερών, το δείγμα ζυγίζεται και καταγράφεται το βάρος του (m_{out}). Το ανοιχτό πορώδες προσδιορίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{ανοιχτό πορώδες (\%)} = 1000 * \frac{m_{out} - m_{in} \text{ (gr)}}{V_{ολ} \text{ (mm}^3\text{)}}$$

2.9. Προσδιορισμός Πυκνότητας με Λήκυθο

Ο προσδιορισμός της πυκνότητας των δειγμάτων λίθων και κονιαμάτων πραγματοποιείται με τη μέθοδο της λήκυθου. Η λήκυθος είναι γυάλινη φιάλη με ακριβή όγκο και εσμηρισμένο πώμα που εφαρμόζει τέλεια με ένα θερμόμετρο [13].



Σχήμα 5: Λήκυθος με θερμόμετρο.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

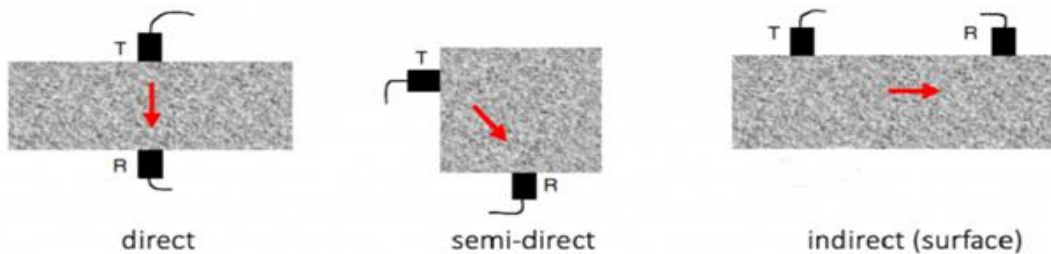
Καταρχήν, προσδιορίζεται ο όγκος του πυκνομέτρου. Ζυγίζεται η λήκυθος μαζί με το θερμόμετρο κενή (m_1). Προστίθεται απιονισμένο νερό έως ότου να γεμίσει η φιάλη και ξαναζυγίζεται (m_2). Καταγράφεται η θερμοκρασία και με τη χρήση πινάκων προσδιορίζεται η πυκνότητα του απιονισμένου νερού για την συγκεκριμένη θερμοκρασία (d). Ο όγκος του απιονισμένου νερού και συνεπώς ο όγκος της λήκυθου προσδιορίζεται σύμφωνα με τη σχέση :

$$V_{λήκυθου} = \frac{m_2 - m_1}{d}$$

Για την μέτρηση της πυκνότητας ενός δείγματος αρχικά ζυγίζεται η λήκυθος μαζί με το θερμόμετρο ξανά (m_1). Στη συνέχεια, τοποθετείται ορισμένη ποσότητα κονιοποιημένου δείγματος ώστε να καλυφθεί τουλάχιστον ο πάτος του δοχείου και το δοχείο ξαναζυγίζεται (m_2). Έπειτα, προστίθεται απιονισμένο νερό μέχρι να γεμίσει η φιάλη και ζυγίζεται εκ νέου (m_3). Η πυκνότητα του δείγματος προσδιορίζεται τελικώς από τις σχέσεις:

$$d_{\text{δείγμα}} = \frac{m_2 - m_1}{V_{\text{δείγμα}}}$$

$$V_{\text{δείγμα}} = V_{\text{λήκυθου}} - \frac{m_3 - m_2}{d}$$



Σχήμα 6: Μέθοδοι μέτρησης ταχύτητας υπερήχων.

2.10. Μέτρηση Ταχύτητας Υπερήχων

Οι αναλύσεις της ταχύτητας υπερήχων (Ultrasonic Pulse Velocity UPV test) έγιναν στο εργαστήριο MaCHMoB - Εργαστήριο Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης, της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών με τη συσκευή υπερήχων είναι η B&W 3000 της Matest.

Οι υπέρηχοι είναι ελαστικοί κυματισμοί του αέρα, της ίδιας φύσης με τον ήχο, αλλά συχνότητας μεγαλύτερης των 20.000 m/sec. Η ταχύτητα των υπερήχων (v), όπως και του ήχου, μέσα από ένα υλικό συνδέεται με το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας E , και την πυκνότητα ρ του υλικού με τη σχέση: $v = \sqrt{E/\rho}$ Η μέτρηση της ταχύτητα υπερήχων είναι μια μη καταστρεπτική τεχνική που

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»



περιλαμβάνει τη μέτρηση της ταχύτητας του ήχου μέσω συγκεκριμένης διάταξης όπου 1 πομπός υπέρηχου και ένας δέκτης του σήματος τοποθετούνται πάνω και κάτω από το δείγμα αντίστοιχα. Για να επιτευχθεί καλή επαφή με τις επιφάνειες πολλές φορές χρησιμοποιείται βαζελίνη ή πλαστελίνη.

Η ταχύτητα των υπερήχων ενός ομογενούς στερεού σώματος μπορεί εύκολα να συσχετιστεί με τις φυσικές και μηχανικές του ιδιότητες βασισμένη στη θεωρία ελαστικότητας για ομογενή και ισοτροπικά υλικά. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η ταχύτητα των υπερηχητικών διαμηκών κυμάτων σε ένα ομογενές ισότροπο υλικό εξαρτάται από τις ελαστικές του ιδιότητες. Το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας (E_{dyn}) υπολογίζεται από τον τύπο $E_{dyn} = d \cdot v^2$, όπου με d συμβολίζεται η πυκνότητα του δείγματος και v η ταχύτητα του μετρούμενου παλμού.

Υπάρχουν 3 μέθοδοι μέτρησης η έμμεση, άμεση και ημιάμεση ανάλογα με την τοποθέτηση των πομπών στο δείγμα οι οποίες παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, εφαρμόστηκε η άμεση μέθοδος μέτρησης με χρήση πλαστελίνης.

2.11. Κρουσιμέτρηση Λίθων

Η αρχή της μεθόδου των κρουσιμετρήσεων βασίζεται στην πρόσκρουση μεταλλικής μάζας στην επιφάνεια του σκυροδέματος, του λίθου ή του αρμού και στη μέτρηση του ύψους αναπήδησής της, το οποίο εξαρτάται από την ελαστικότητα του υλικού και συνεπώς από την αντοχή του. Τα αποτελέσματα επηρεάζονται από παράγοντες όπως η παρουσία αδρανών ή κενών σε επαφή με το έμβολο, ο τύπος και η γεωμετρία των εξεταζόμενων στοιχείων, η υγρασία, η θερμοκρασία γι' αυτό συνίσταται η διενέργεια τουλάχιστον ενός πλήθους μετρήσεων ανά θέση. Για τους παραπάνω λόγους υπεισέρχεται στις κρουσιμετρήσεις σημαντικό σφάλμα το οποίο μπορεί να φτάσει μέχρι και το 25%. Για τις μετρήσεις στους λίθους, χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό κρουσίμετρο Digital Test Hammer C386N της Matest.

2.12. Scotch Tape Test

Η μέθοδος scotch tape αποσκοπεί στην εκτίμηση της συνοχής του κονιάματος καθώς και της συνάφειας με το υπόστρωμα. Πραγματοποιείται με βάση το πρότυπο EN 1015-12, όπου με τη βοήθεια μίας ταινίας διπλής όψης, μετράται η ποσότητα που αποκολλάται από το υπόστρωμα και παραμένει στην ταινία (Σχήμα 7). Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η ποσότητα, τόσο μικρότερη είναι η συνοχή της επιφάνειας. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιούνται επί τόπου στο χώρο του μνημείου σε ήπιες περιβαλλοντικές συνθήκες και χρησιμοποιείται η ταινία TESA Universal 10 mm.



Σχήμα 7: Δοκιμή scotch tape σε κονίαμα αρμού στο 2^ο Νεώριο



3. Αποτελέσματα και Σχολιασμός

3.1. Μακροσκοπική Περιγραφή Δειγμάτων

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

Από την αρχική μελέτη των δειγμάτων προέκυψε η κατηγοριοποίηση, η οποία, απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1: Κατηγορίες δειγμάτων σύμφωνα με τη μακροσκοπική παρατήρησή τους.

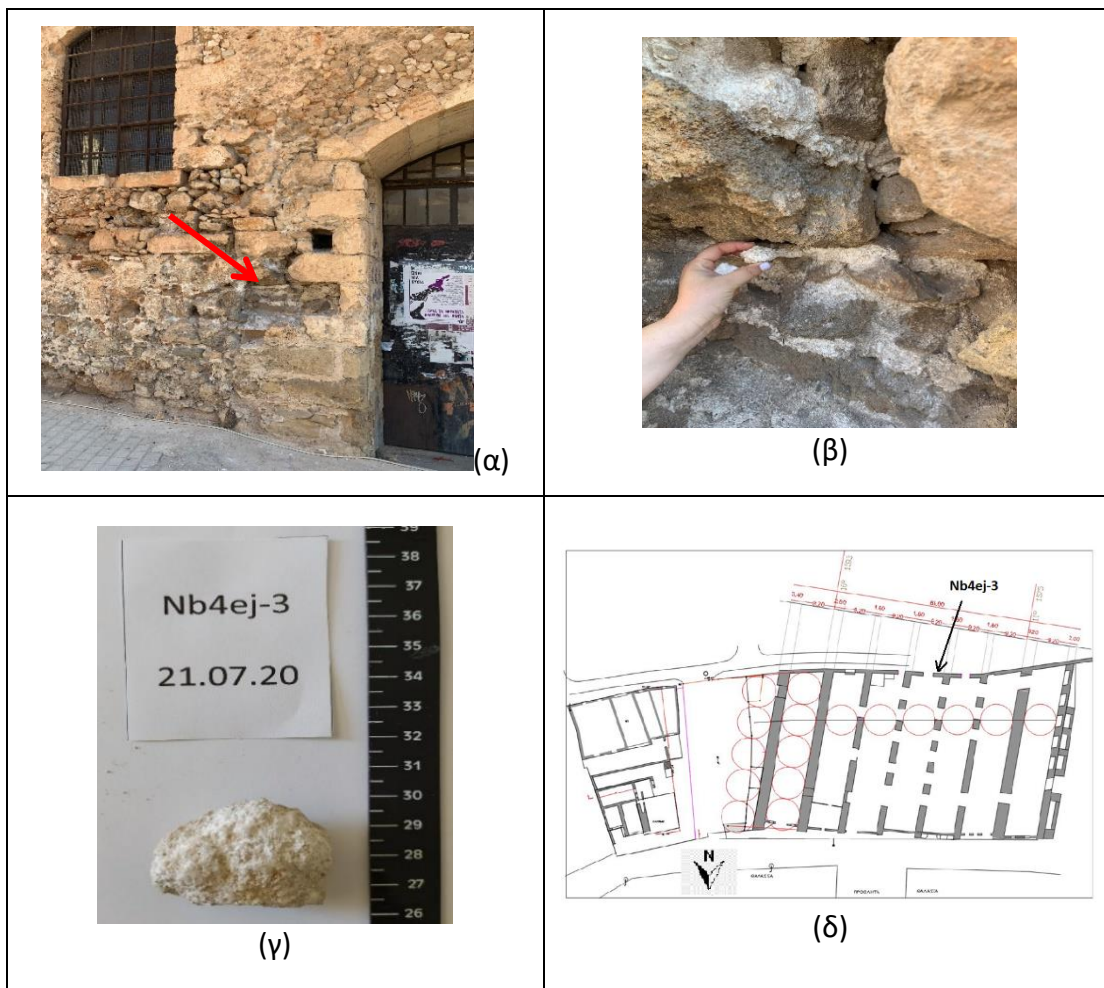
Υπόλευκα Δείγματα	Φαιά Δείγματα	Καστανά-Ερυθρά Δείγματα	Λίθοι-Τσιμεντοκονιάματα
Nb4ej-3	Nb5ij-1	Nb3er-10	Nb5is-2
Nb4er-4	Nb6er-18	Nc7er-16	Nb4es-7
Nb4er-5	Na1ej-24	Na1.5ej-22	Nc7es-17
Nb4er-6	Na1er-28	Na1ep-26	Nb5ep-20
Nb3ep-8	Na1er-33-3	Na1er-33-1	Na1.5ep-21
Nb3ej-9		Na1er-33-2	Na1.5ep-23
Nb2.5ij-11		Nb5er-34	
Nb2.5ip-12			
Nb2ij-14			
Nc7er-15			
Nb6er-19			
Na1er-25			
Na1ej-27			

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

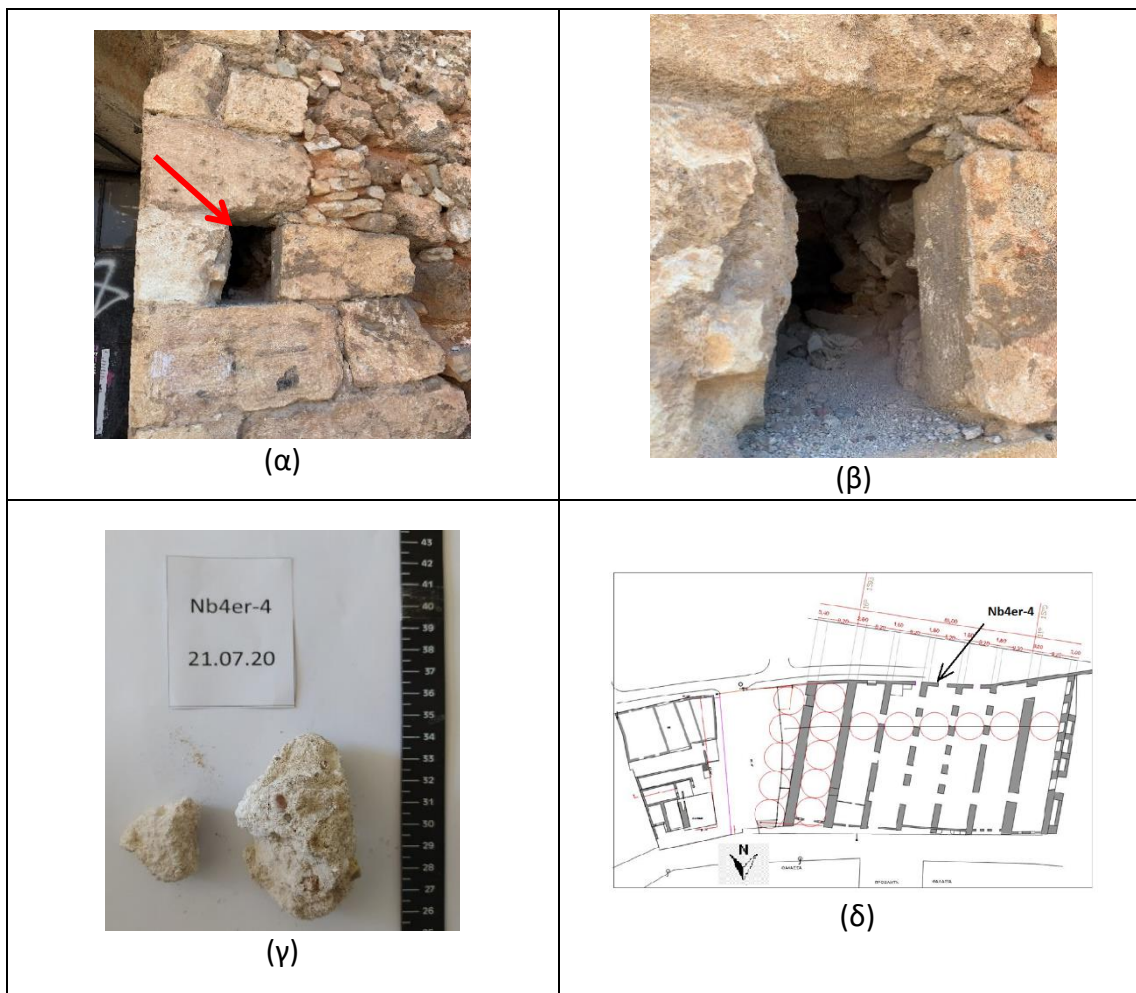
3.1.1. Υπόλευκα Δείγματα

Το **Nb4ej-3** πρόκειται για κονίαμα αρμού το οποίος συλλέχθηκε από το 4^ο Νεώριο από δυτικά (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα δίπλα από την πόρτα εξωτερικά του νοτίου τείχους. Το κονίαμα είναι υπόλευκου χρώματος με μεγάλη ποσότητα ασβεστίτη, τα αδρανή δε έχουν σκούρο και ανοιχτό γκρι χρώμα.



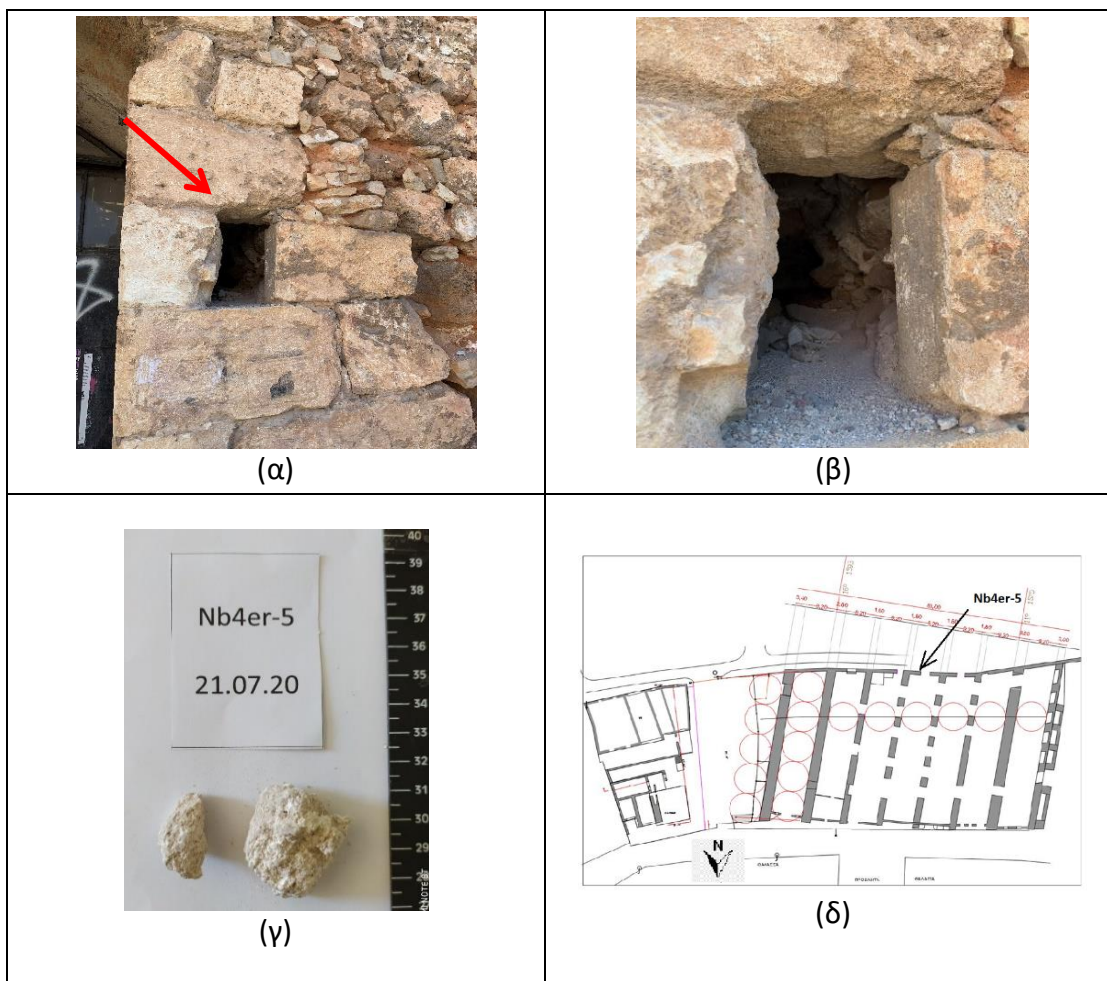
Σχήμα 8: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb4ej-3: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

Το **Nb4er-4** πρόκειται για κονίαμα δόμησης το οποίος συλλέχθηκε από το 4^ο Νεώριο (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα από την τρύπα στην ανατολική πλευρά της νότιας πόρτας εισόδου. Το κονίαμα είναι υπόλευκου χρώματος. Τα αδρανή είναι ποικίλου σχήματος και έχουν ανοιχτό γκρι και καστανό χρώμα.



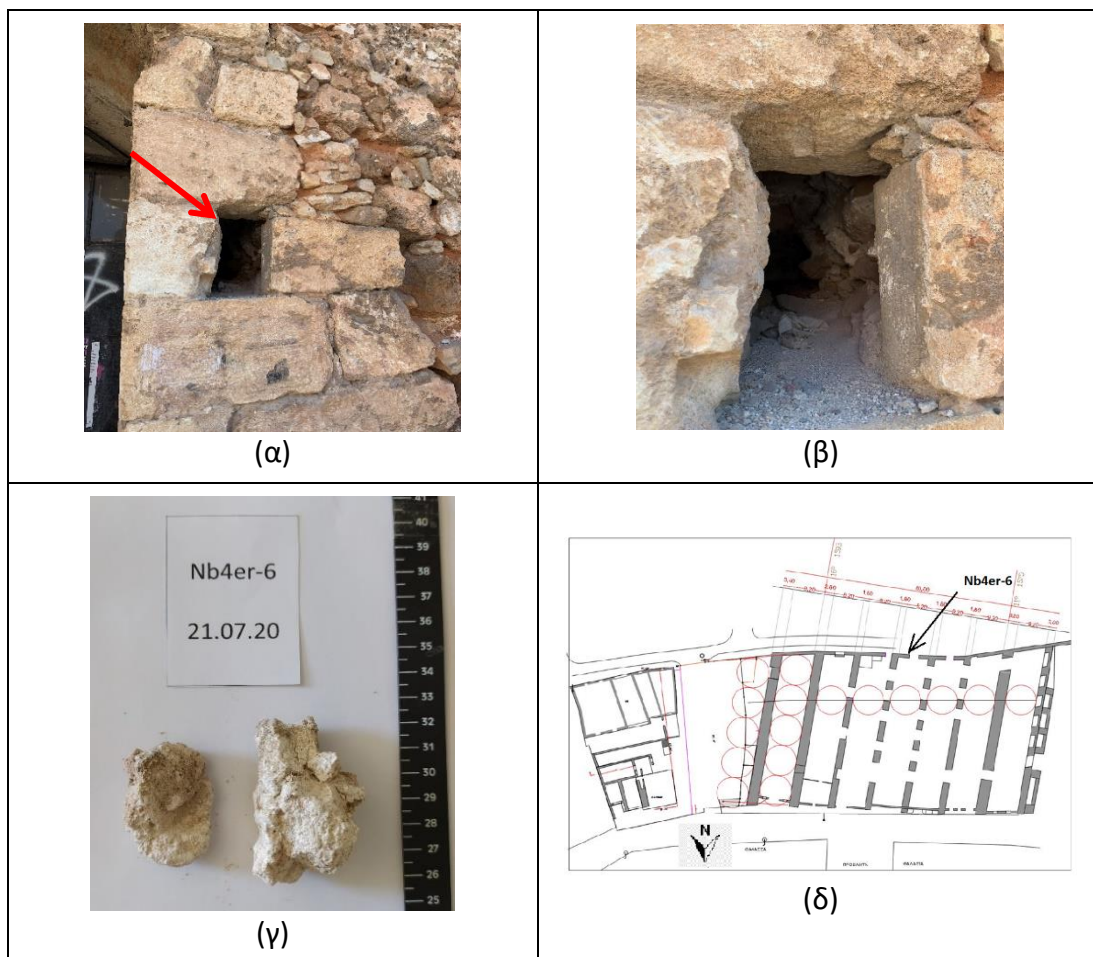
Σχήμα 9: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb4er-4: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

Το **Nb4er-5** πρόκειται για κονιάμα δόμησης το οποίο συλλέχθηκε από το 4^ο Νεώριο (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα από την τρύπα στην ανατολική πλευρά της νότιας πόρτας εισόδου του 4^{ου} Νεωρίου. Το κονιάμα είναι υπόλευκου χρώματος με μεγάλη ποσότητα ασβεστίτη και μικρή ποσότητα εδαφικού υλικού (καστανού χρώματος), τα αδρανή δε είναι γωνιώδη και ποικίλουν σε χρώμα.



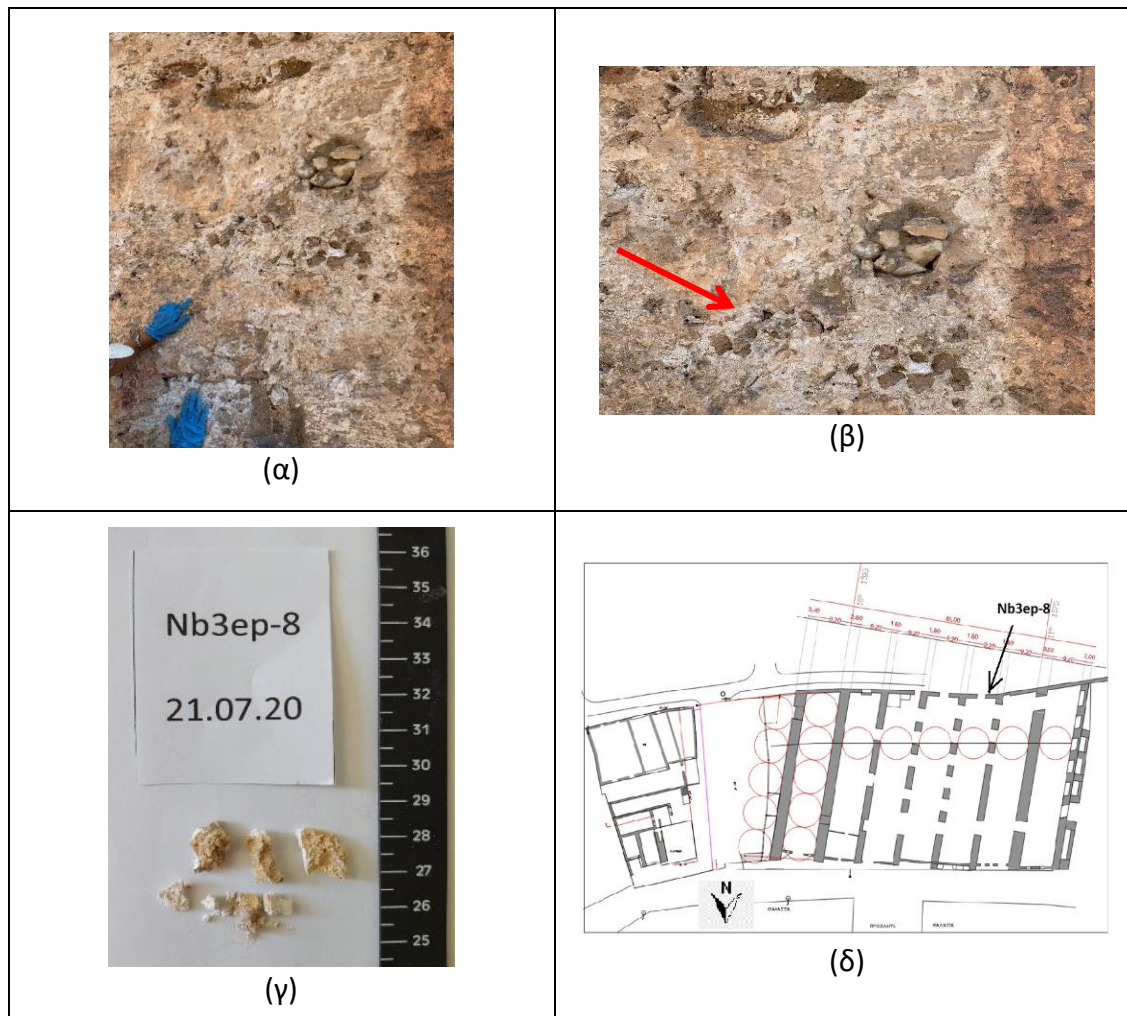
Σχήμα 10: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb4er-5: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

Το **Nb4er-6** πρόκειται για κονίαμα δόμησης το οποίος συλλέχθηκε από το 4^ο Νεώριο (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα από την τρύπα στην ανατολική πλευρά της νότιας πόρτας εισόδου του 4^{ου} Νεωρίου. Το κονίαμα είναι υπόλευκου χρώματος με μεγάλη ποσότητα ασβεστίτη και μικρή ποσότητα εδαφικού υλικού (καστανού χρώματος), όσον αφορά στα αδρανή ποικίλουν σε χρώμα και σχήμα.



Σχήμα 11: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb4er-6: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

Το **Nb3ep-8** πρόκειται για επίχρισμα το οποίο συλλέχθηκε από το 3^ο Νεώριο (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα εξωτερικά της νότιας πόρτας εισόδου του 3^{ου} Νεωρίου. Το επίχρισμα είναι υπόλευκου χρώματος.

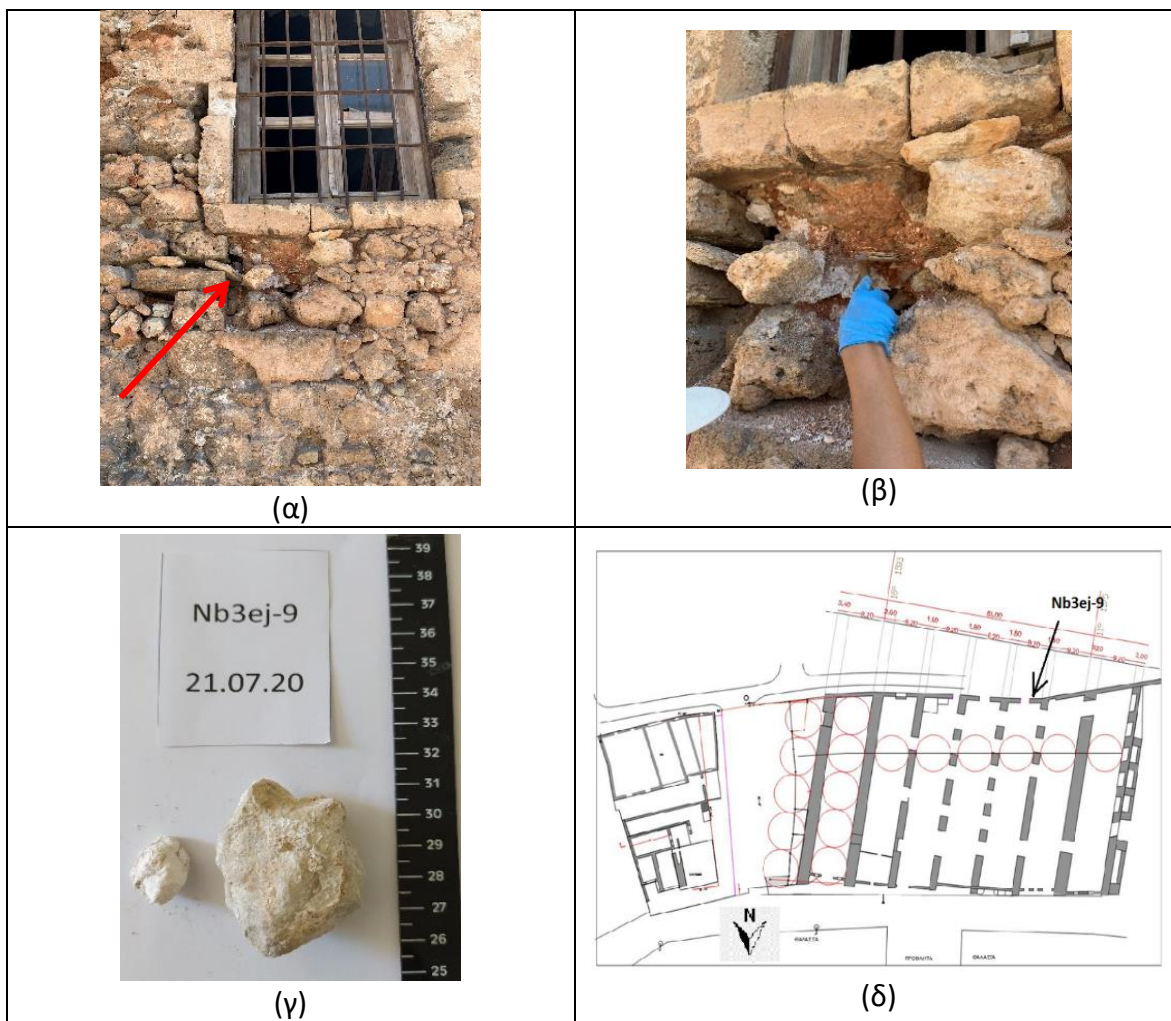


Σχήμα 12: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb3ep-8: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος επιχρίσματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το **Nb3ej-9** πρόκειται για κονίαμα αρμού το οποίο συλλέχθηκε από το 3^ο Νεώριο από δυτικά (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα εξωτερικά της νότιας πόρτας εισόδου του 3^{ου} Νεωρίου. Το κονίαμα είναι υπόλευκου χρώματος με μεγάλη ποσότητα ασβεστίτη και μικρή ποσότητα εδαφικού υλικού (καστανού χρώματος), τα αδρανή του ποικίλουν σε χρώμα. Στο εσωτερικό του εντοπίζονται εγκλωβισμένες πέτρες.

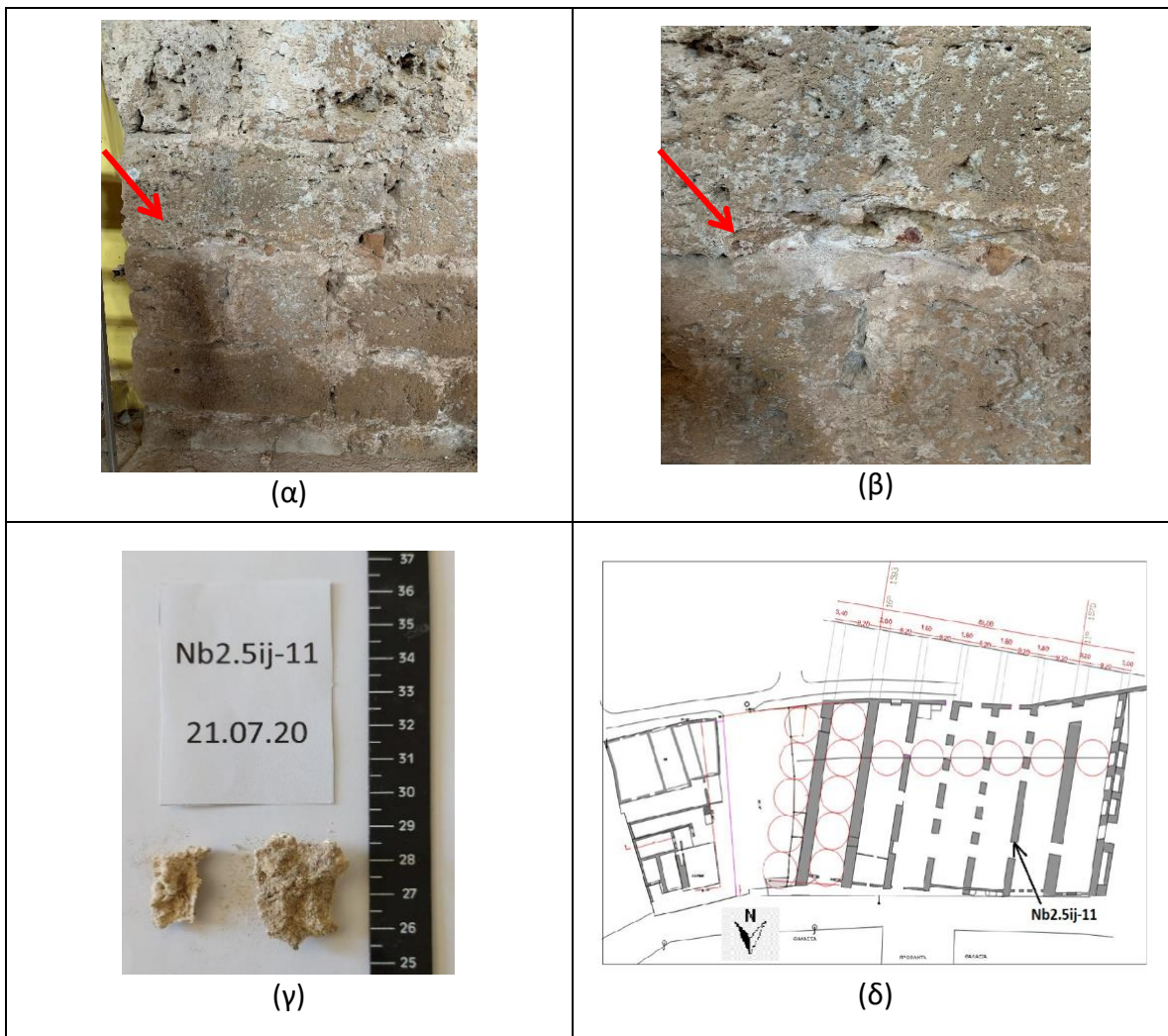


Σχήμα 13: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb3ej-9: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

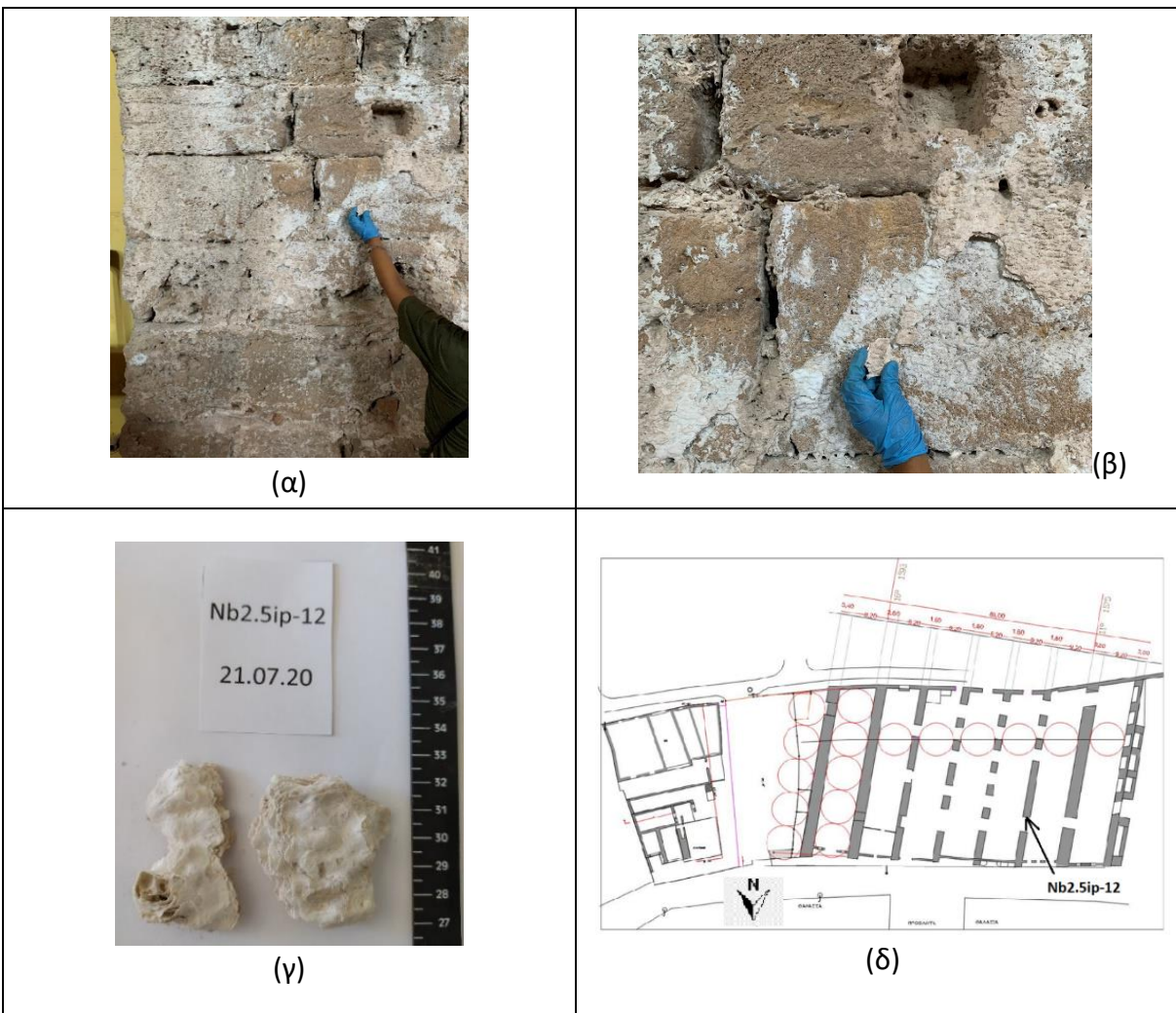
Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το **Nb2.5ij-11** πρόκειται για κονίαμα αρμού το οποίο συλλέχθηκε από την καμάρα μεταξύ του 2^{ου} και 3^{ου} Νεώριου από δυτικά (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα αποτελεί εσωτερικό κονίαμα το οποίο ίσως είναι νεότερης επέμβασης. Το κονίαμα είναι υπόλευκου χρώματος με μεγάλη ποσότητα ασβεστίτη και μικρή ποσότητα εδαφικού υλικού (καστανού χρώματος), τα αδρανή είναι μικρού μεγέθους έχουν σκούρο γκρι χρώμα.



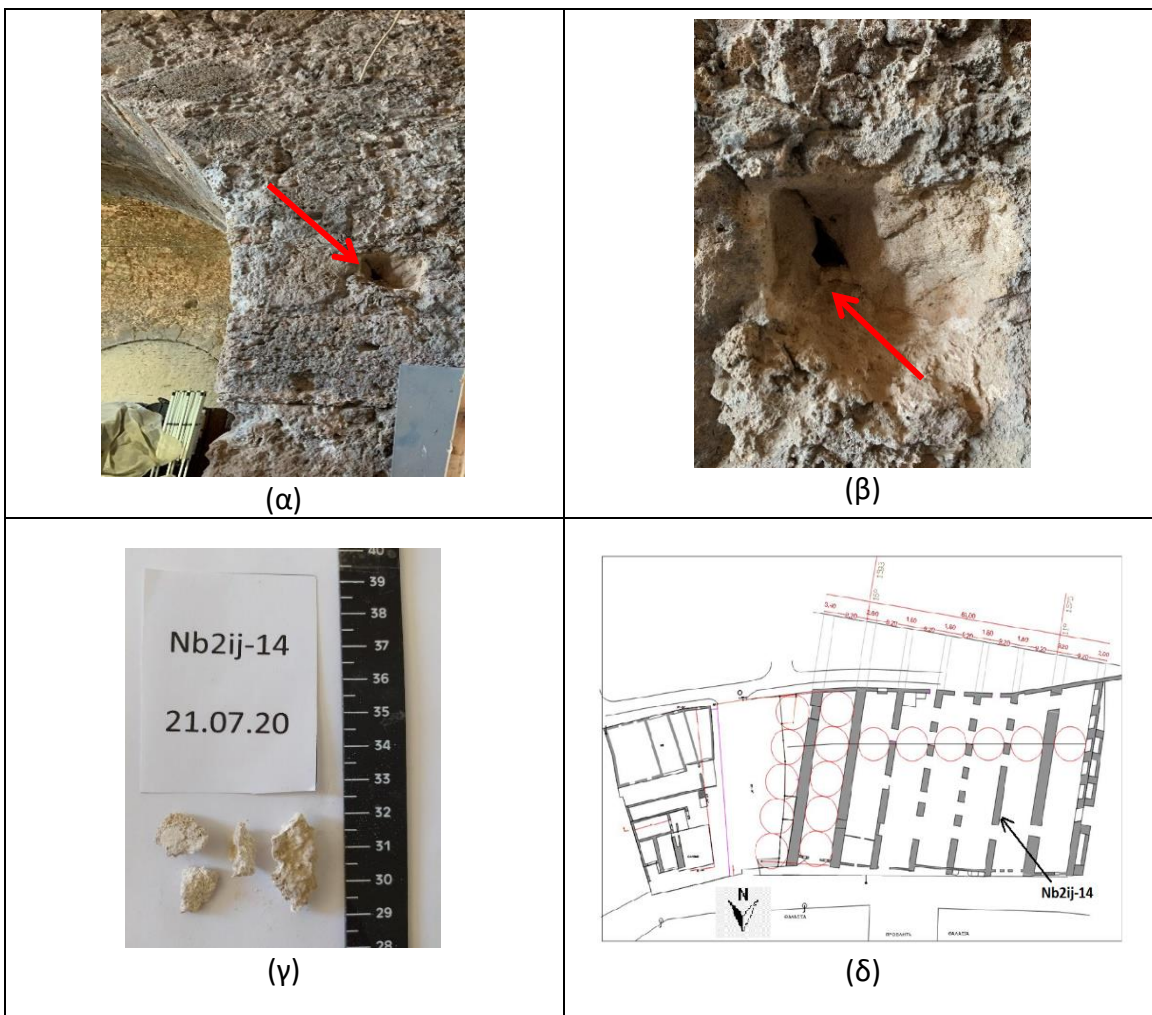
Σχήμα 14: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb2.5ij-11: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

Το **Nb2.5ip-12** πρόκειται για επίχρισμα το οποίο συλλέχθηκε από την καμάρα μεταξύ του 2^{ου} και 3^{ου} Νεώριου από δυτικά (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα αποτελεί εσωτερικό κονίαμα το οποίο ίσως είναι νεότερης επέμβασης. Το επίχρισμα είναι υπόλευκού χρώματος. Επίσης, είναι φανερή η παρουσία αλάτων ακόμη και από την μακροσκοπική ανάλυση, αλλά και η μεγάλη φθορά του επιχρίσματος που παρουσιάζει έντονο εκφύλλωμα.



Σχήμα 15: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb2.5ip-12: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος επιχρίσματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

Το **Nb2ij-14** πρόκειται για εσωτερικό κονίαμα αρμού το οποίος συλλέχθηκε από την τρύπα στον τοίχο στα δεξιά της καμάρας του 2^{ου} Νεώριου από δυτικά (Β' φάση). Το κονίαμα αυτό είναι υπόλευκου χρώματος με μεγάλη ποσότητα ασβεστίτη και μικρή ποσότητα εδαφικού υλικού (καστανού χρώματος) με ποικιλόμορφα αδρανή.

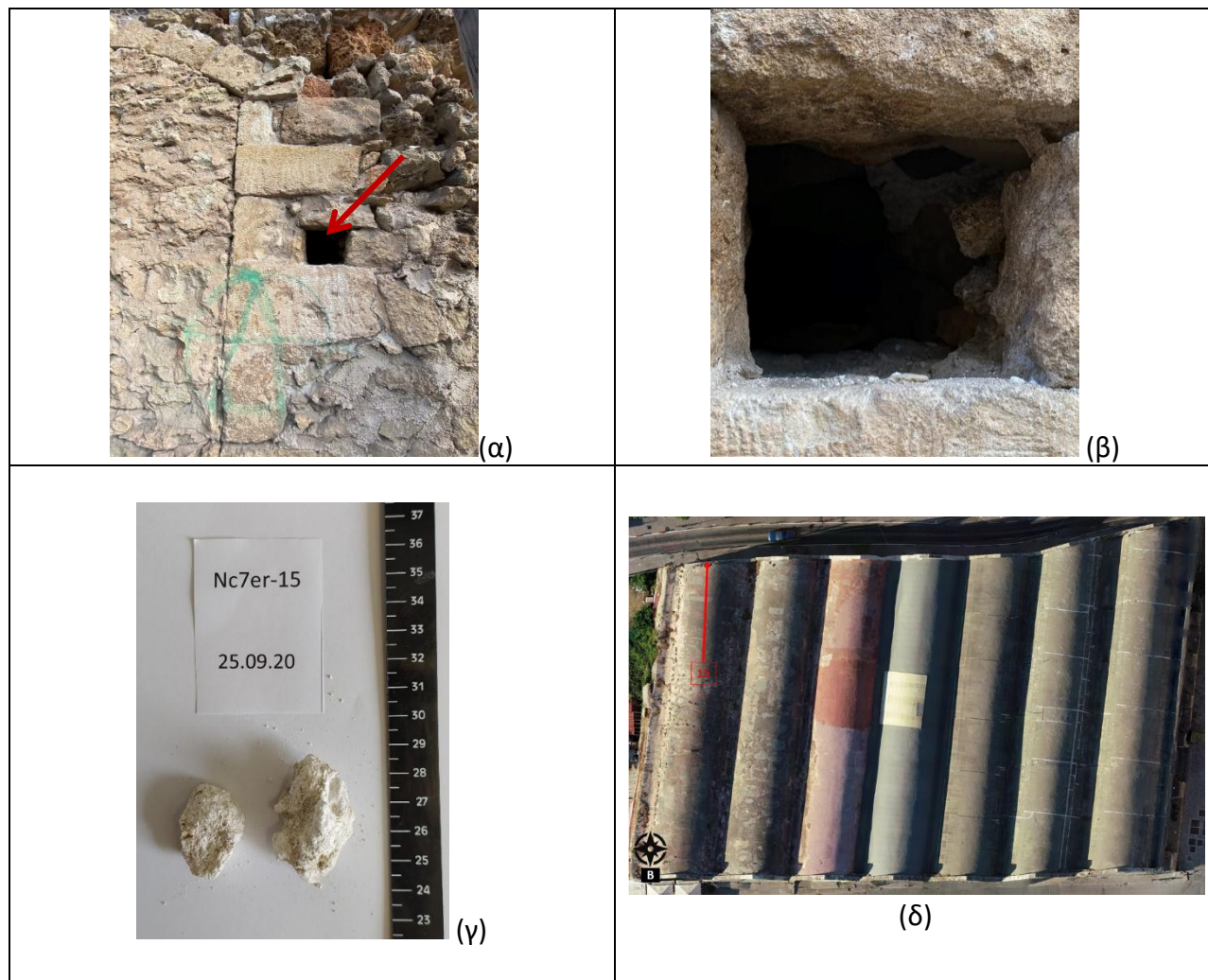


Σχήμα 16 : Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb2ij-14: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας **Nc7er-15** αποκόπηκε εξωτερικά από το εσωτερικό της οπής επί του τμήματος ισόδομης λαξευτής λιθοδομής της νότιας όψης του 7^{ου} Νεωρίου. Το χρώμα του δείγματος είναι υπόλευκο με ασβεστιτική κονία. Τα αδρανή του είναι μικρού μεγέθους γκρι, λευκά και καφέ χρώματος.

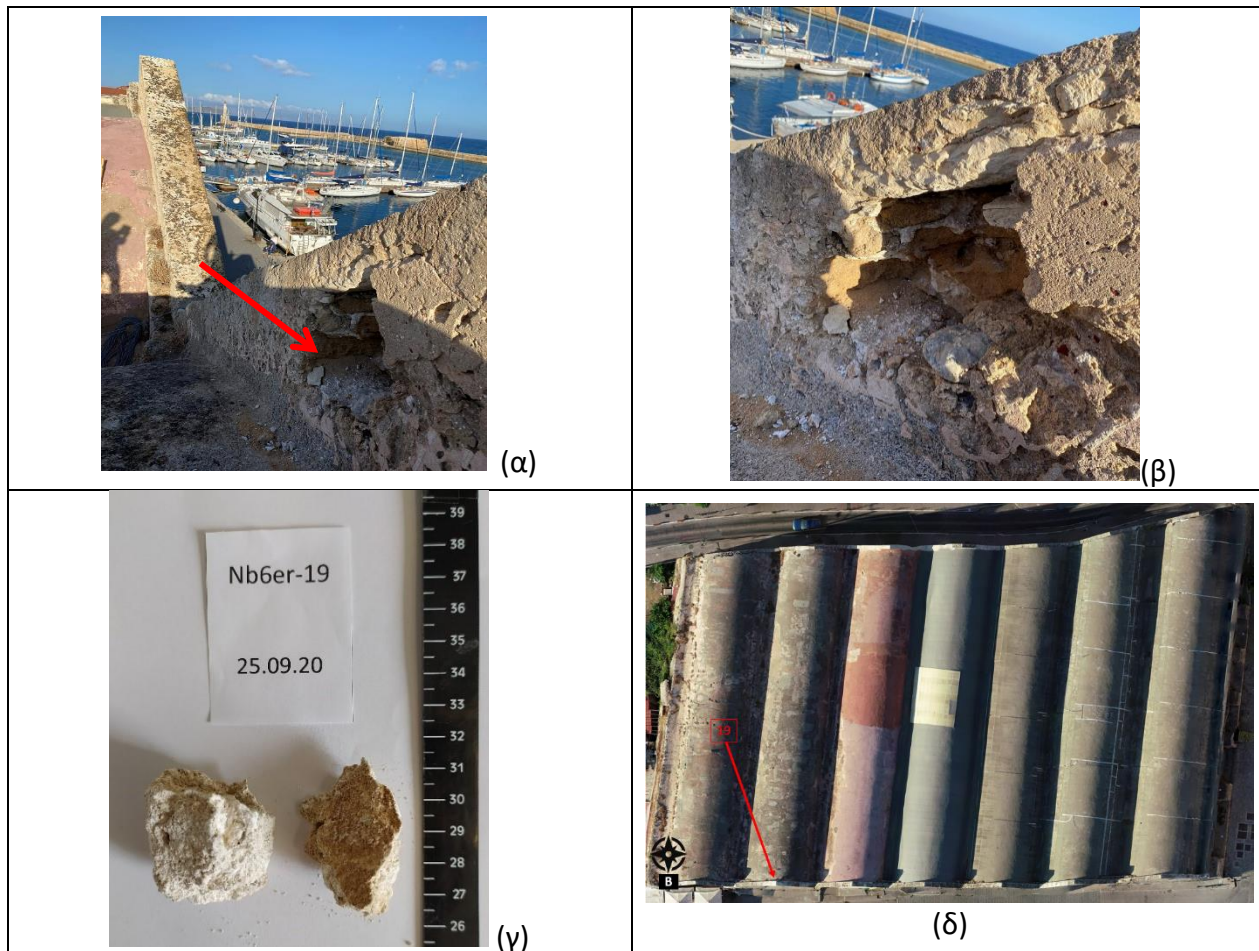


Σχήμα 17: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nc7er-15: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το κονίαμα δόμησης **Nb6er-19** συλλέχθηκε από την νότια παρειά της βόρειας αετωματικής απόληξης του 6^{ου} Νεωρίου. Το χρώμα του είναι υπόλευκο. Έχει λεπτόκοκκα αδρανή γκρι χρώματος και είναι εύθρυπτο.

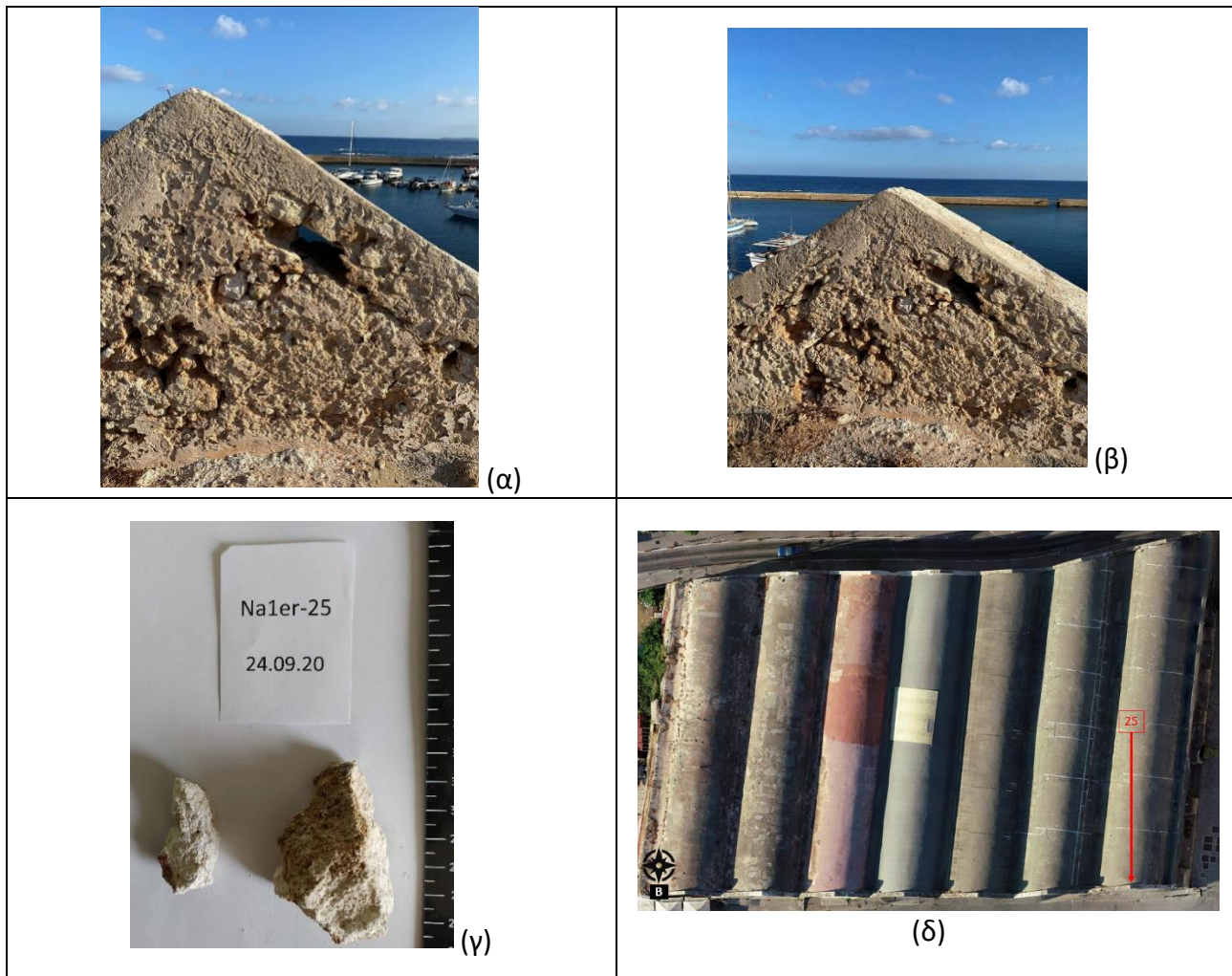


Σχήμα 18: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb6er-19: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

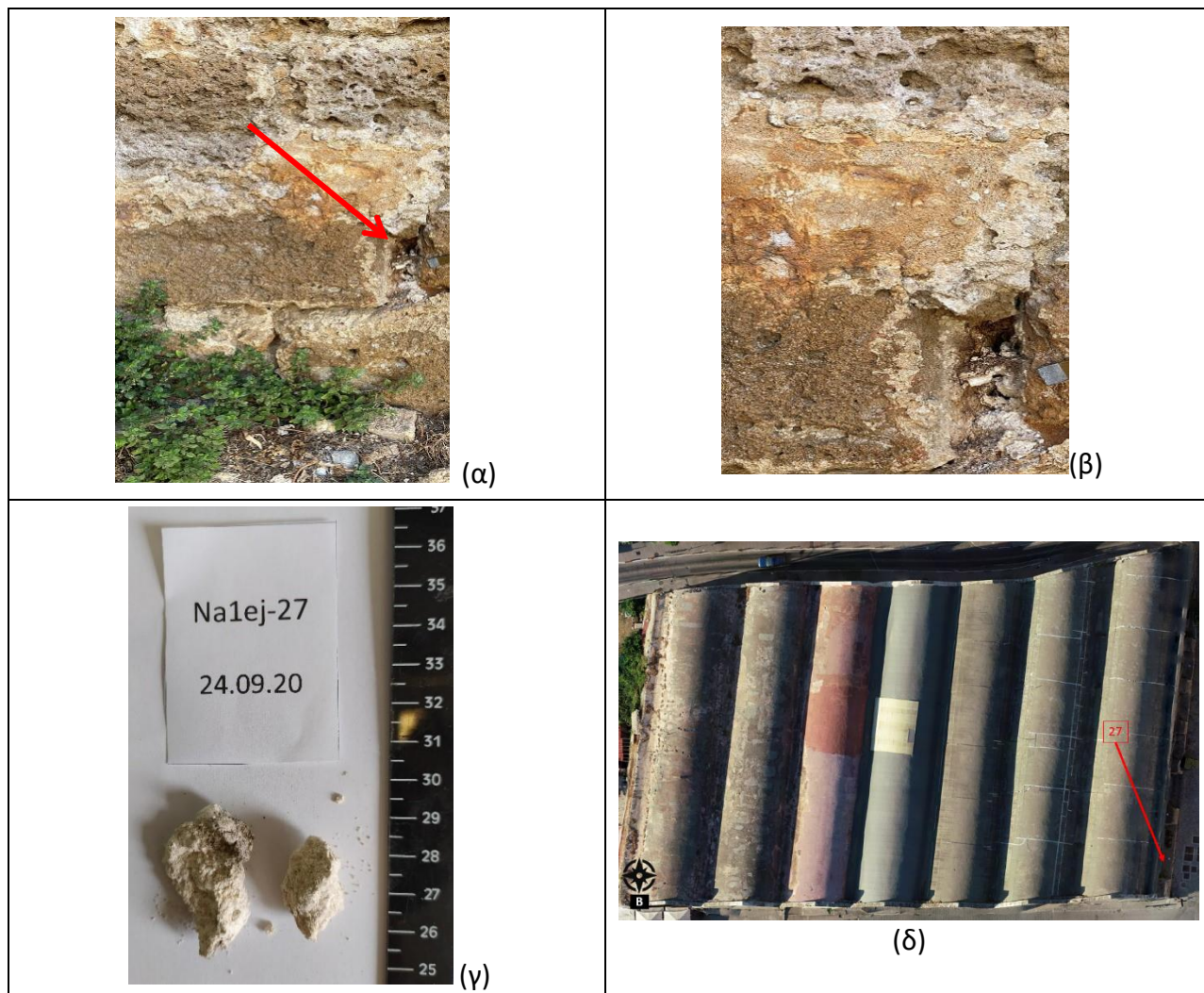
Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το κονίαμα **Na1er-25** συλλέχθηκε από την νότια παρειά της βόρειας αετωματικής απόληξης του 1^{ου} Νεωρίου. Το κονίαμα είναι υπόλευκου χρώματος. Με αδρανή σκούρου γκρι και καφέ χρώματος.



Σχήμα 19: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1er-25: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

Το κονίαμα **Na1ej-27** συλλέχθηκε από το σημείο κοντά στο επίπεδο τμήμα της ΒΔ αντηρίδας του 1^{ου} Νεωρίου και αποτελεί κονίαμα αρμολόγησης. Είναι εύθρυπτο με πολλούς πόρους και ρηγματώσεις. Το χρώμα του είναι υπόλευκο με αδρανή ανοιχτού και σκούρου γκρι χρώματος, μικρού μεγέθους.



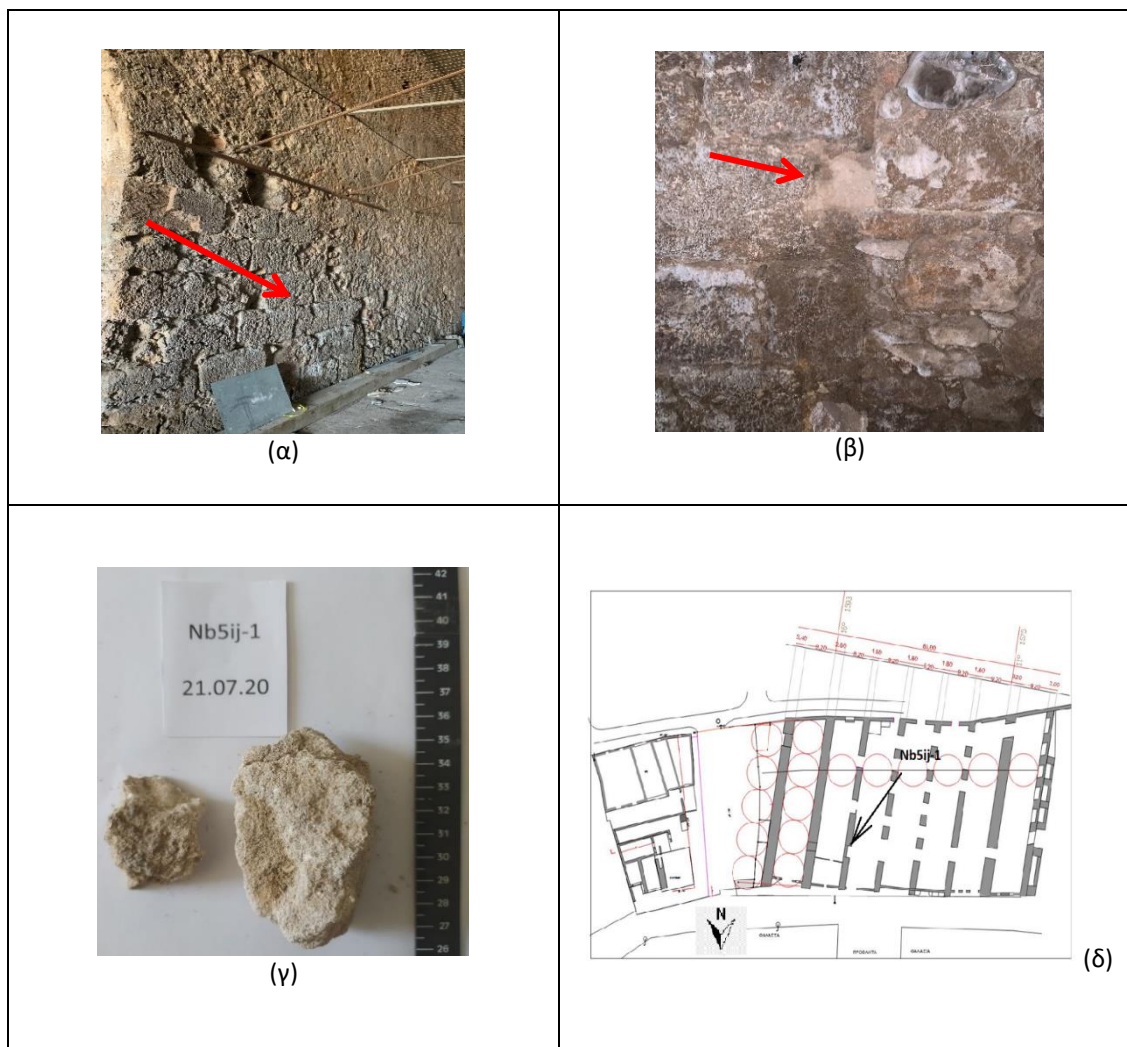
Σχήμα 20: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1ej-27: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

3.1.2. Φαιά Δείγματα

Το κονίαμα **Nb5ij-1** συλλέχθηκε από το εσωτερικό του 5^{ου} Νεωρίου από δυτικά το οποίο ανήκει στην Β' φάση, πρόκειται για κονίαμα αρμού που βρισκόταν πλησίον του βόριου τείχους. Το κονίαμα αυτό είναι φαιού χρώματος με ποικιλόμορφα αδρανή καστανού και γκρι χρώματος.

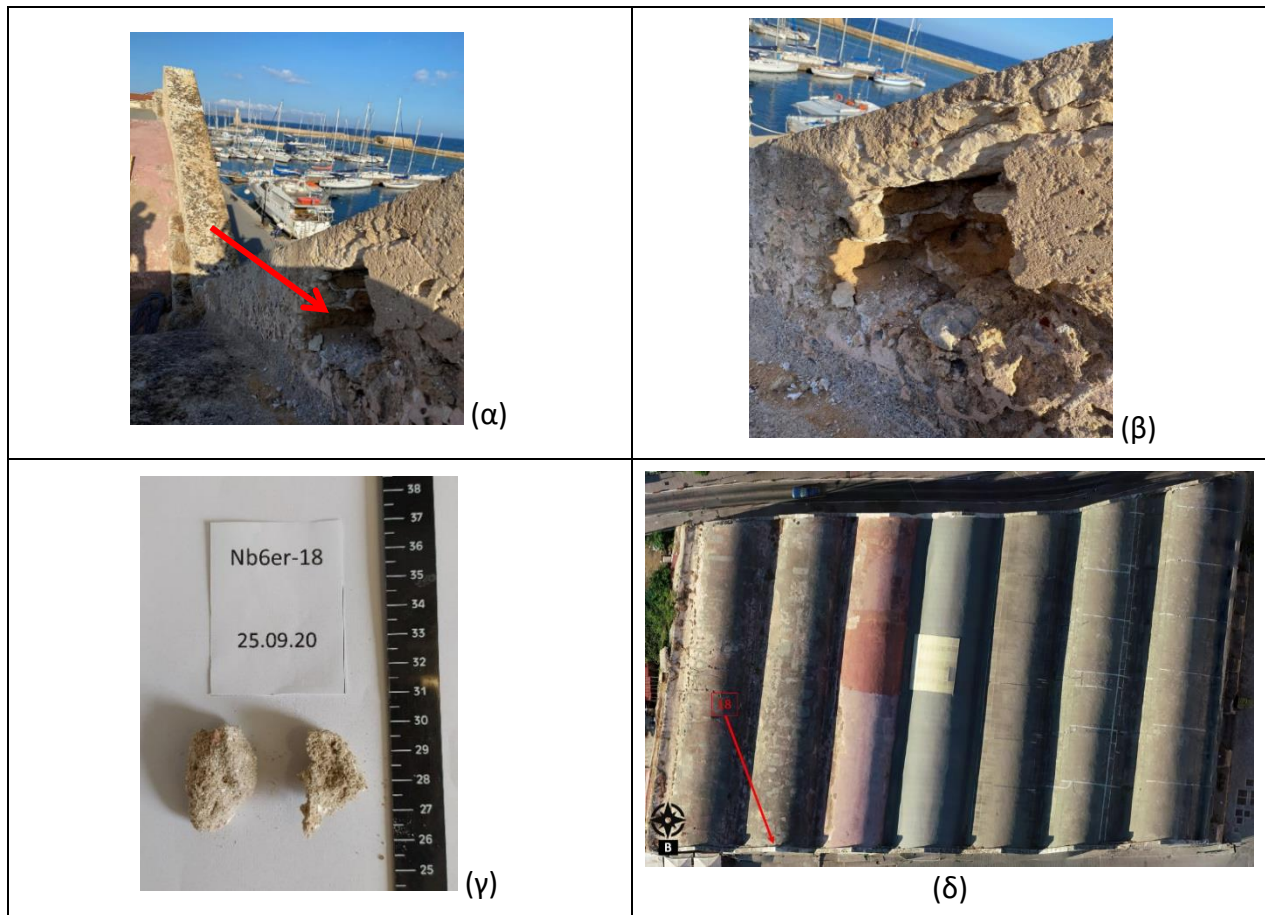


Σχήμα 21: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb5ij-1: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

Το κονίαμα δόμησης **Nb6er-18** συλλέχθηκε από την νότια παρειά της βόρειας αετωματικής απόληξης του 6^{ου} Νεωρίου. Το συγκεκριμένο εμφανίζει πολλούς πόρους και ρηγματώσεις. Επίσης, είναι φαιού χρώματος, αρκετά εύθρυπτο με μικρού μεγέθους αδρανή γκρι και ερυθρού χρώματος.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

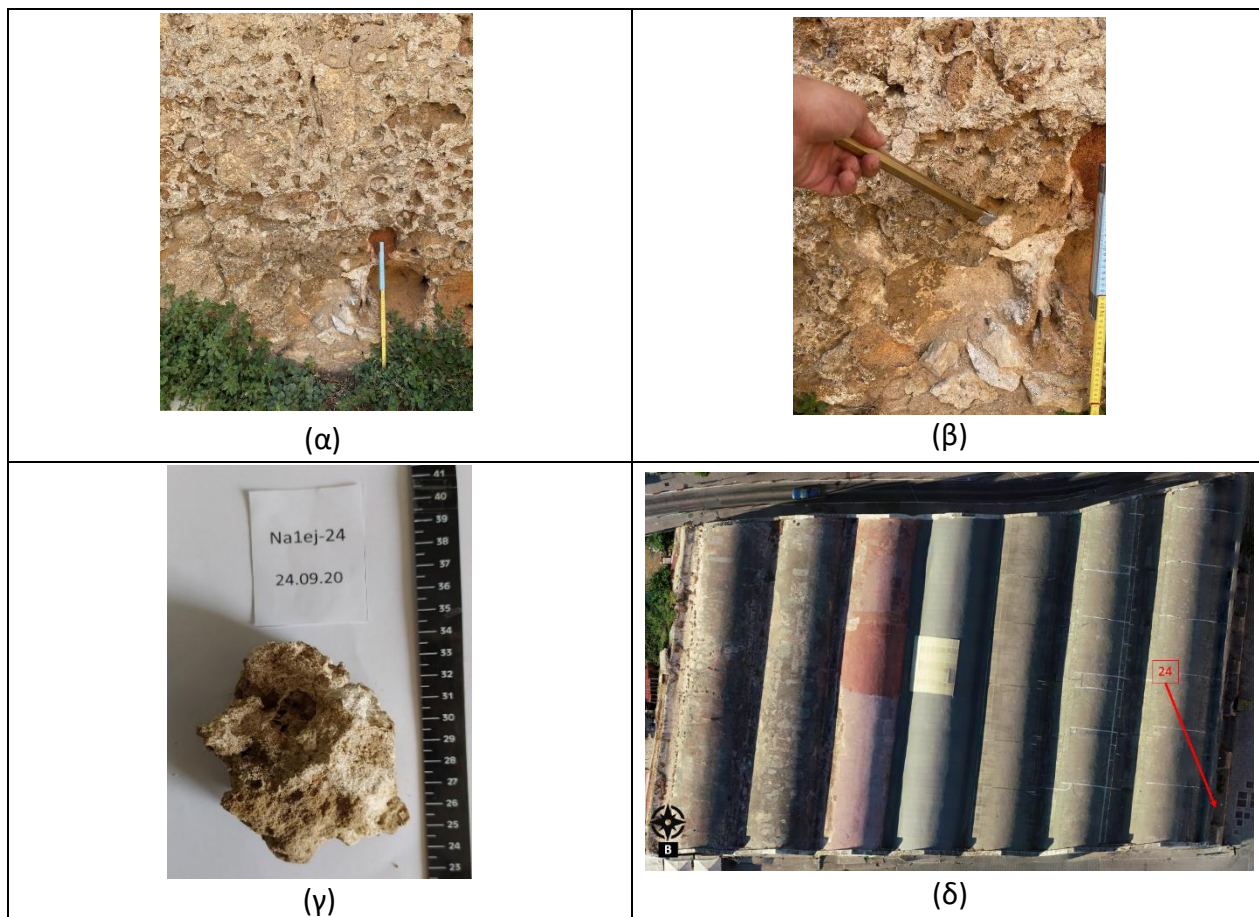


Σχήμα 22: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb6er-18: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το κονίαμα **Na1ej-24** συλλέχθηκε από το σημείο κοντά στο επίπεδο τμήμα της ΒΔ αντηρίδας του 1^{ου} Νεωρίου και αποτελεί κονίαμα αρμολόγησης φαιού χρώματος το οποίο περιέχει λίθο με συναρμογή κονιάς. Είναι εύθρυπτο με πολλούς πόρους και ρηγματώσεις και με μικρού μεγέθους αδρανή.



Σχήμα 23: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1ej-24: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

Το κονίαμα **Na1er-28** συλλέχθηκε από την βόρεια παρειά της αετωματικής απόληξης του νότιου τοίχου του 1^{ου} Νεωρίου. Και αποτελεί κονίαμα στέψης. Το χρώμα του είναι γκρίζο – σταχτί (φαιό) και παρατηρείται η ύπαρξη πόρων και ρηγματώσεων σε αυτό.

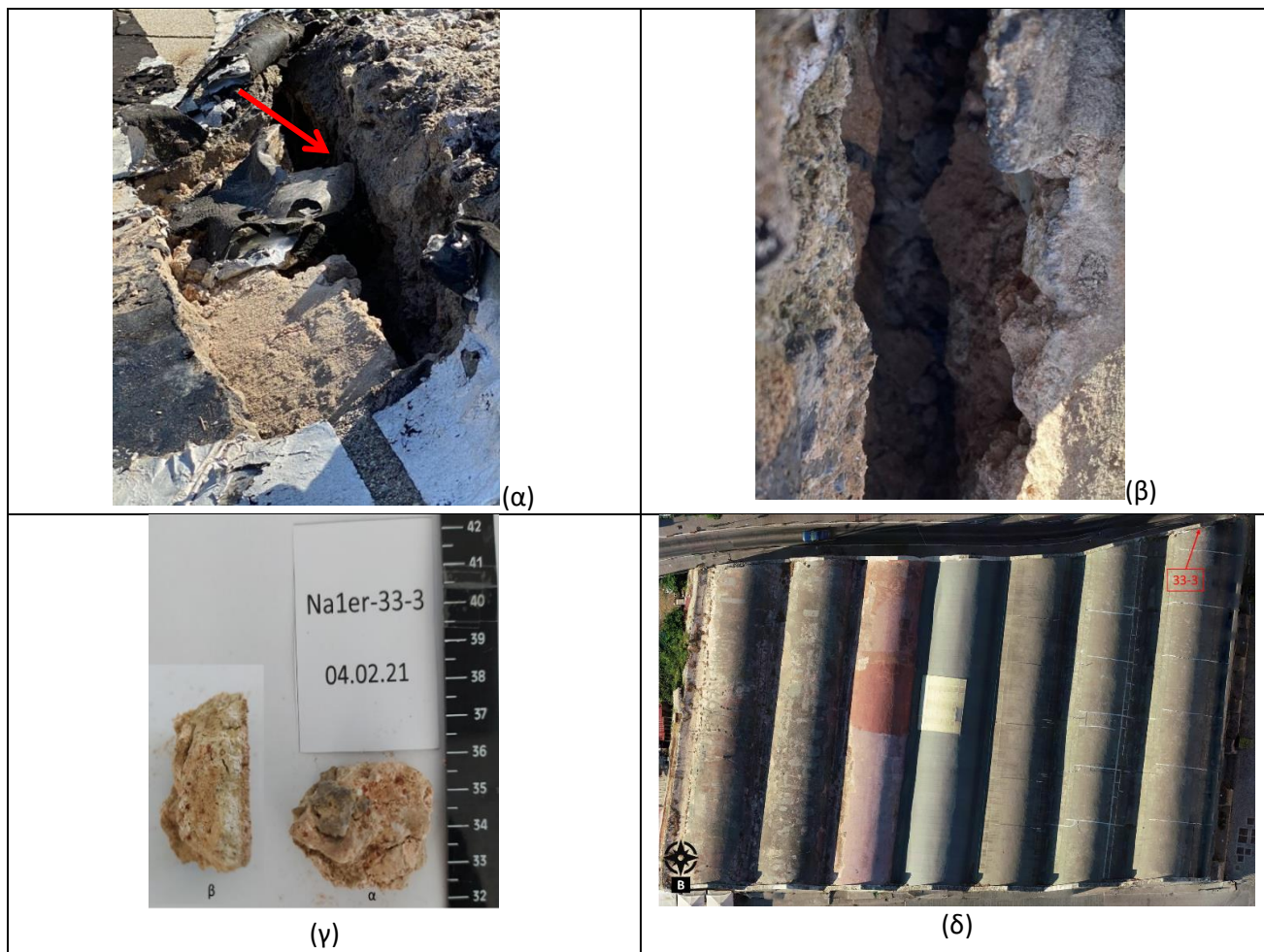


Σχήμα 24: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1er-28: (α),(β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

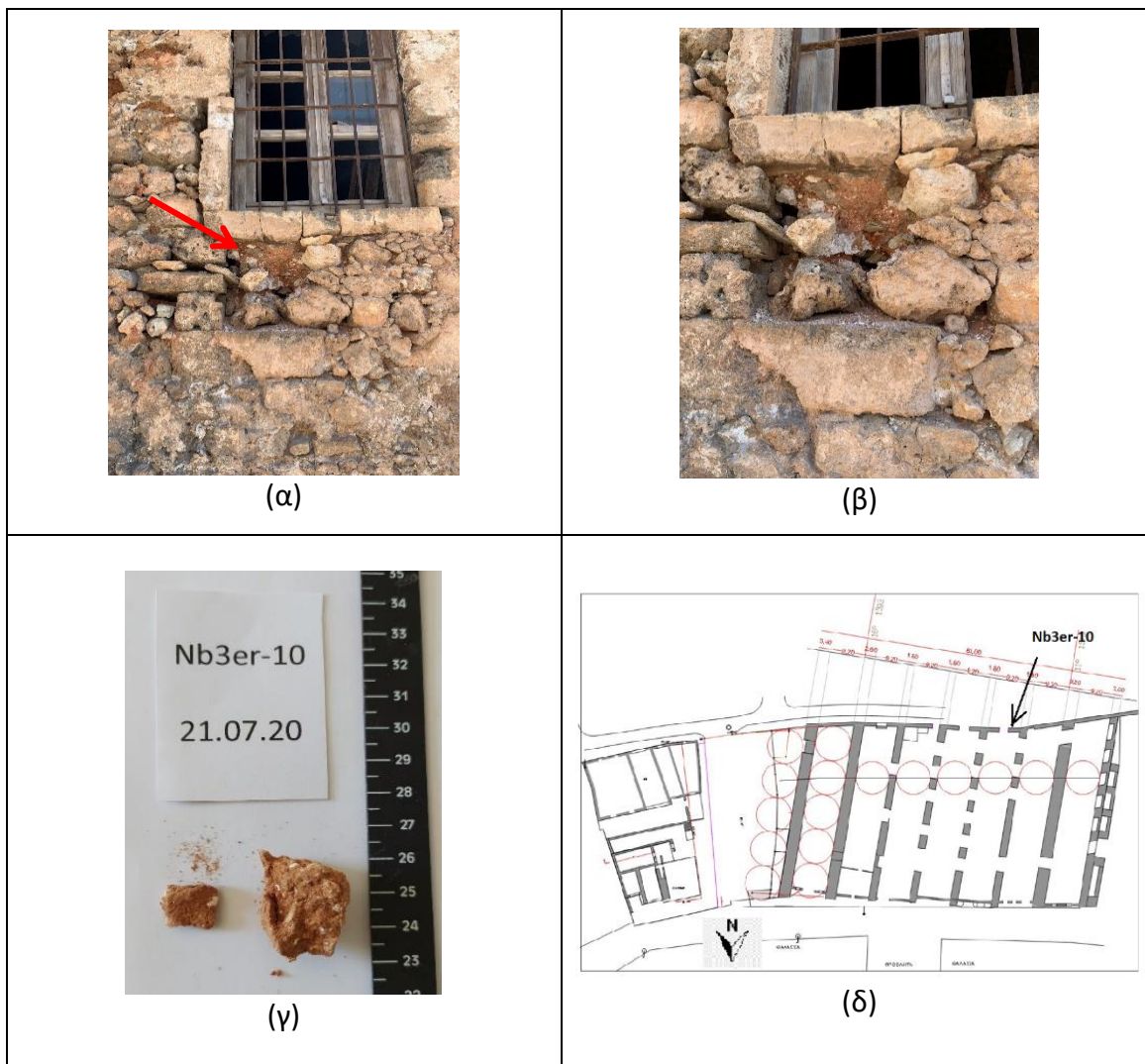
Το κονίαμα **Na1er-33-3** συλλέχθηκε από σημείο αποκόλλησης μεταξύ της αετωματικής απόληξης και της εξωτερικής επιφάνειας του πρώτου θόλου από την βόρεια παρειά του νότιου τοίχου του 1^{ου} Νεωρίου. Στο συγκεκριμένο δείγμα φαίνονται τρία διακριτά στρώματα. Το εσωτερικό και το εξωτερικό είναι παρόμοια και έχουν καστανό – ερυθρό χρώμα ενώ το μεσαίο στρώμα είναι φαιού χρώματος. Τα αδρανή του μεσαίου στρώματος είναι σκούρα γκρι και ξεπερνούν τα 2 mm σε μέγεθος. Στο εσωτερικό στρώμα τα αδρανή που κυριαρχούν είναι ερυθρά και το μέγεθος τους ανά σημεία ξεπερνά τα 2 mm.



Σχήμα 25: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1er-33-3: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

3.1.3. Καστανο – Ερυθρά Δείγματα

Το **Nb3er-10** πρόκειται για Οθωμανικό κονίαμα δόμησης το οποίος συλλέχθηκε από το 3^ο Νεώριο από δυτικά (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα εξωτερικά της νότιας πόρτας εισόδου του 3^{ου} Νεωρίου. Το κονίαμα είναι καστανού – ερυθρού χρώματος ,τα αδρανή έχουν σκούρο γκρι και ερυθρό χρώμα.

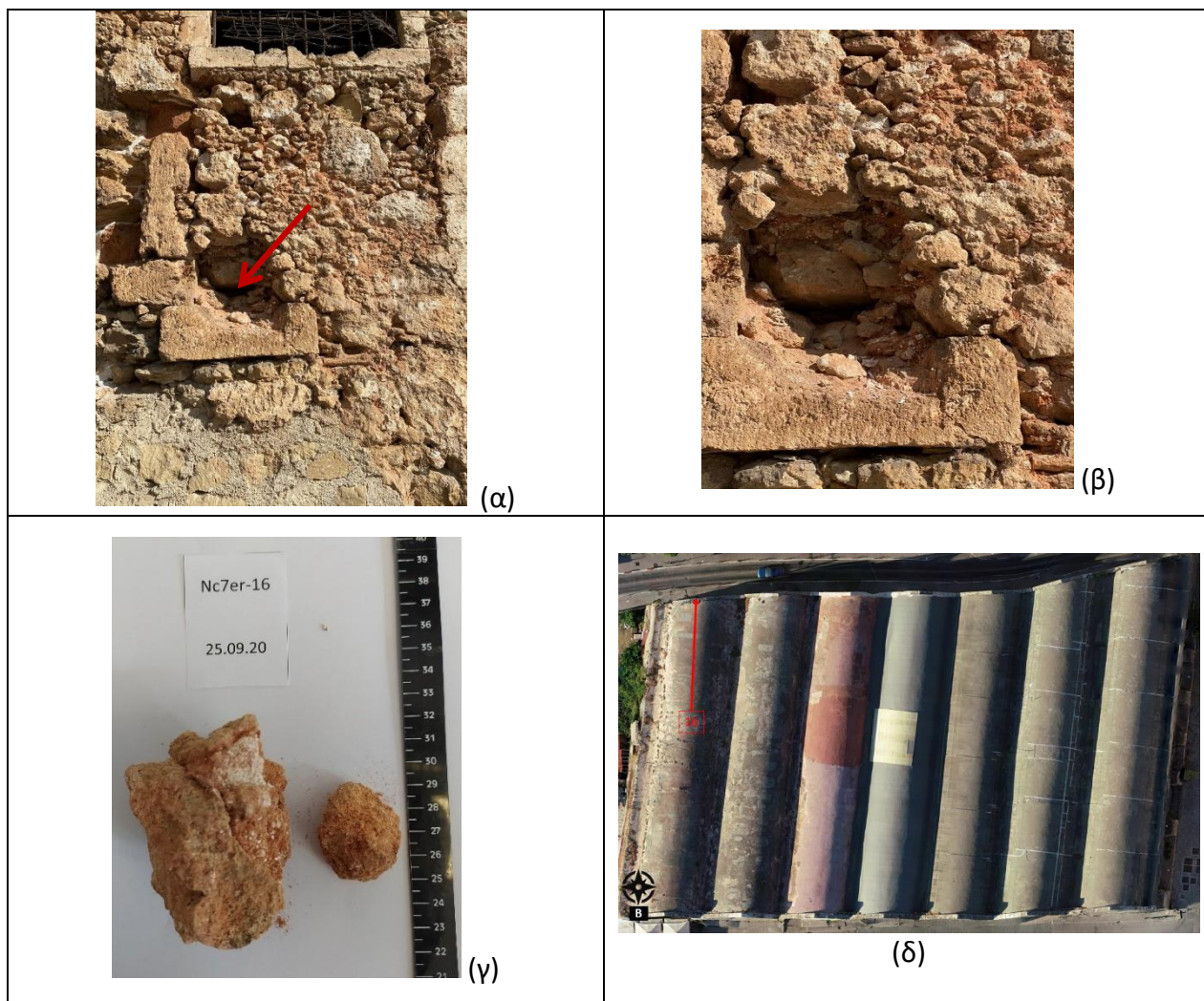


Σχήμα 26: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb3er-10: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος κονιάματος και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το κονίαμα δόμησης **Nc7er-16** συλλέχθηκε από την εξωτερική παρειά του νότιου τοίχου του 7^{ου} Νεωρίου δυτικά από το παράθυρο. Το χρώμα του δείγματος είναι καστανό - ερυθρό και μάλλον πρόκειται για κονίαμα Οθωμανικής περιόδου. Διακρίνονται μέσα στο κονίαμα λευκά συσσωματώματα πιθανά από ασβέστη. Τα αδρανή του είναι σχετικά μικρού μεγέθους, γκρι, καφέ και ερυθρού χρώματος.



Σχήμα 27: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nc7er-16: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

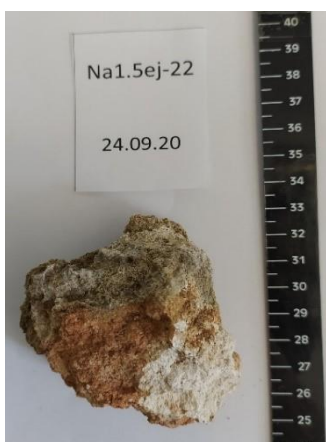
«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

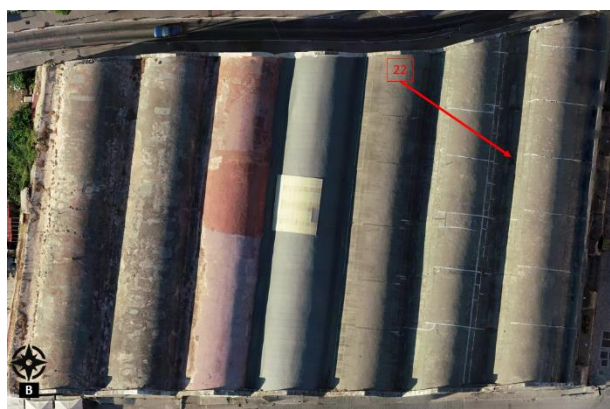
Το κονίαμα **Na1.5ej-22** συλλέχθηκε από σωρό αποκολλημένων υλικών στην χαμηλή στάθμη απορροής μεταξύ 1^{ου} και 2^{ου} Νεωρίου από δυτικά. Αποτελεί κονίαμα αρμολόγησης και περιέχει λίθο με συναρμογή κονίας (καστανού – ερυθρού χρώματος). Το δείγμα έχει συμπαγή δομή και είναι αρκετά δύσθραυστο. Τα αδρανή του είναι μικρού μεγέθους, λευκού και σκούρου γκρι χρώματος.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 28: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1.5ej-22: (α) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (β) ληφθέν κονίαμα και (γ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το επίχρισμα **Na1ep-26** συλλέχθηκε από χαμηλή στάθμη του νότιου τείχους της αετωματικής απόληξης του 1^{ου} Νεωρίου. Είναι καστανού – ερυθρού χρώματος στο εσωτερικό του και εξωτερικά έχει γκρι τσιμεντοκονία. Έχει συμπαγή δομή και είναι δύσθραυστο. Τα αδρανή του είναι μικρού μεγέθους και το χρώμα τους είναι σκούρο γκρι και καφέ.



(α)



(β)



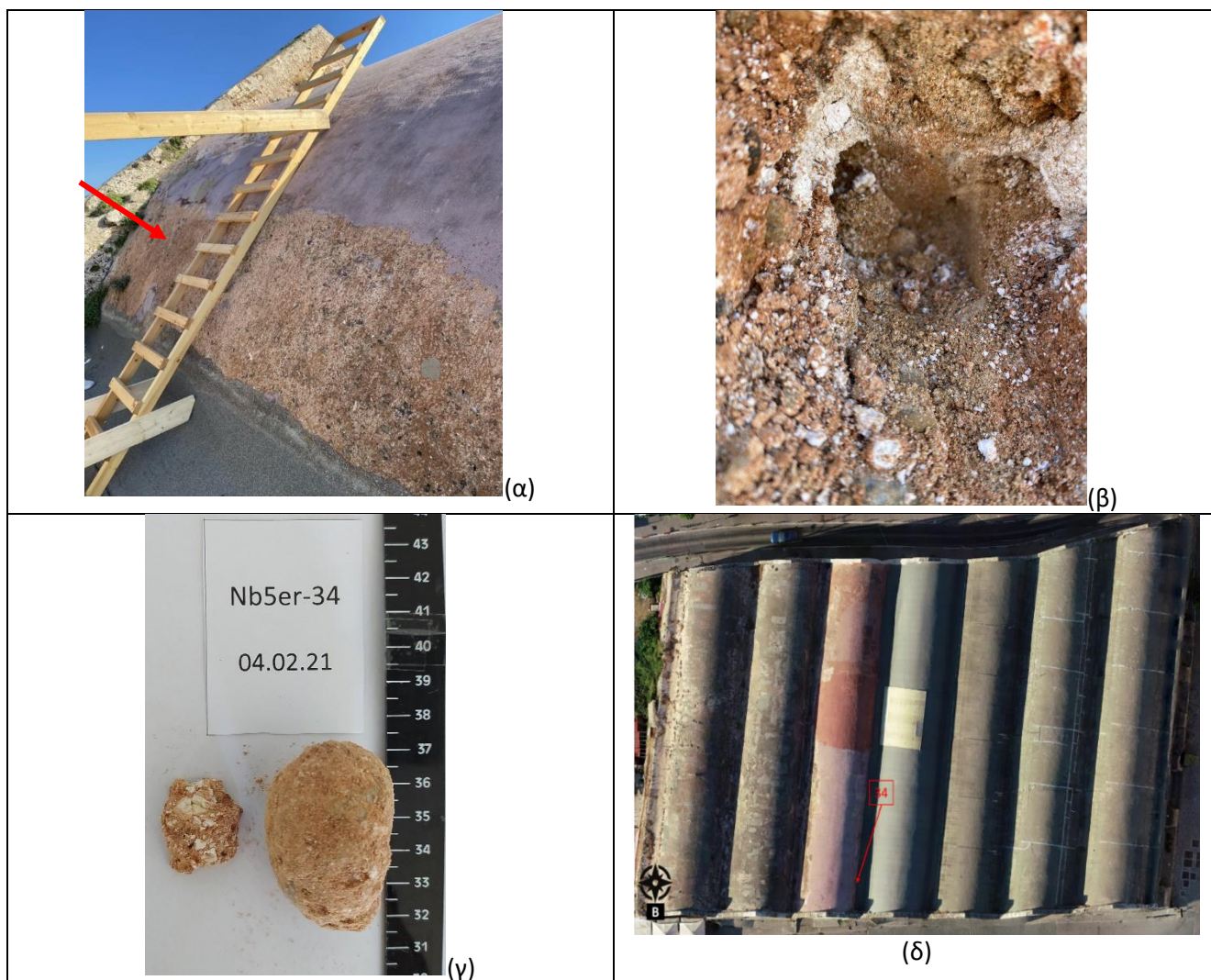
(γ)

Σχήμα 29: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1ep-26: (α) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (β) ληφθέν επίχρισμα και (γ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

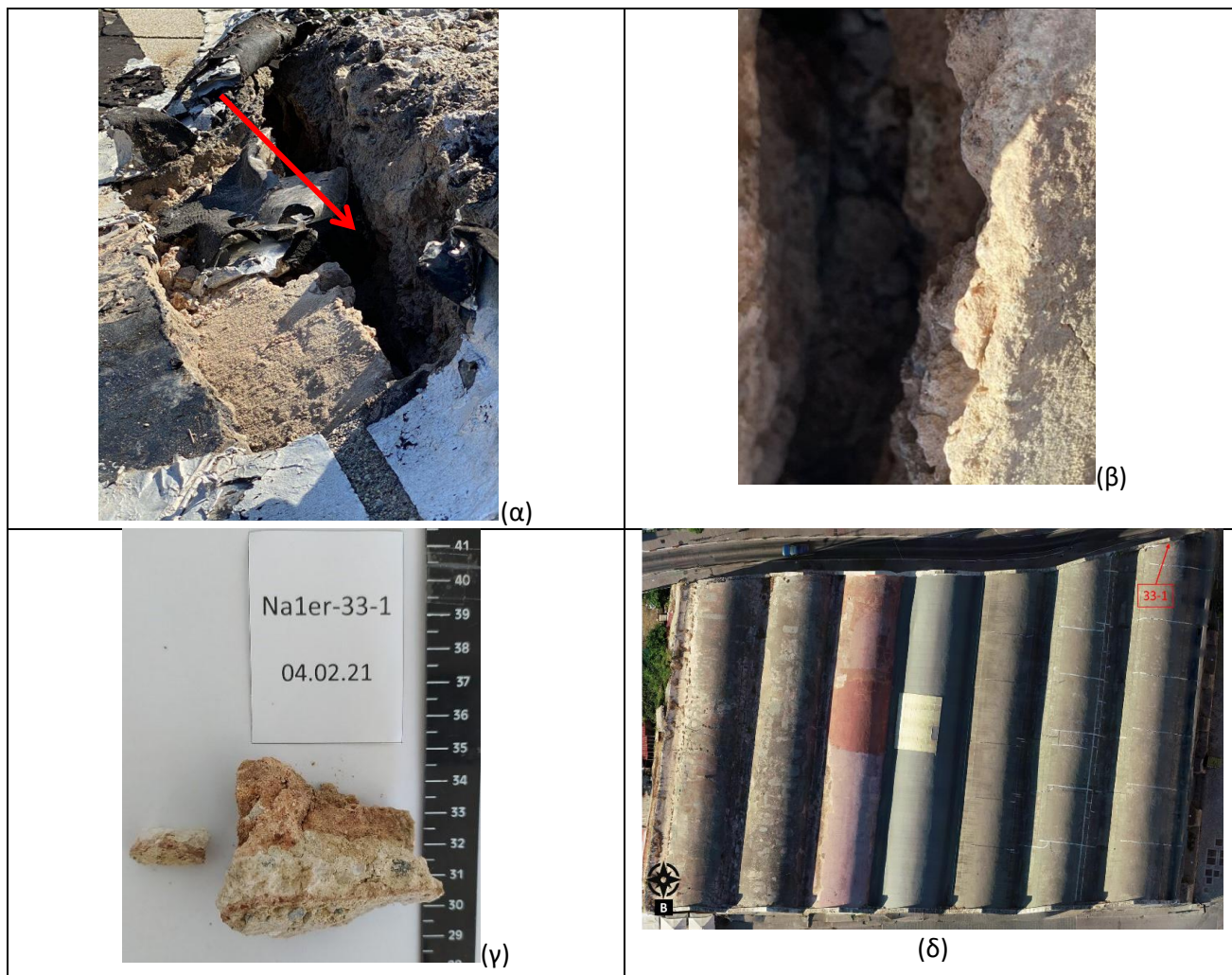
Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το κονίαμα **Nb5er-34** συλλέχθηκε από οπή στο εξωράχιο του θόλου του 5^{ου} Νεωρίου, με δυτικό προσανατολισμό και πρόκειται για κονίαμα δόμησης. Το χρώμα αυτού είναι καστανό – ερυθρό και είναι εύθρυπτο, περιέχει χαλαζιακά αδρανή και λευκά συσσωματώματα από ασβέστη.



Σχήμα 30 : Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb5er-34: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

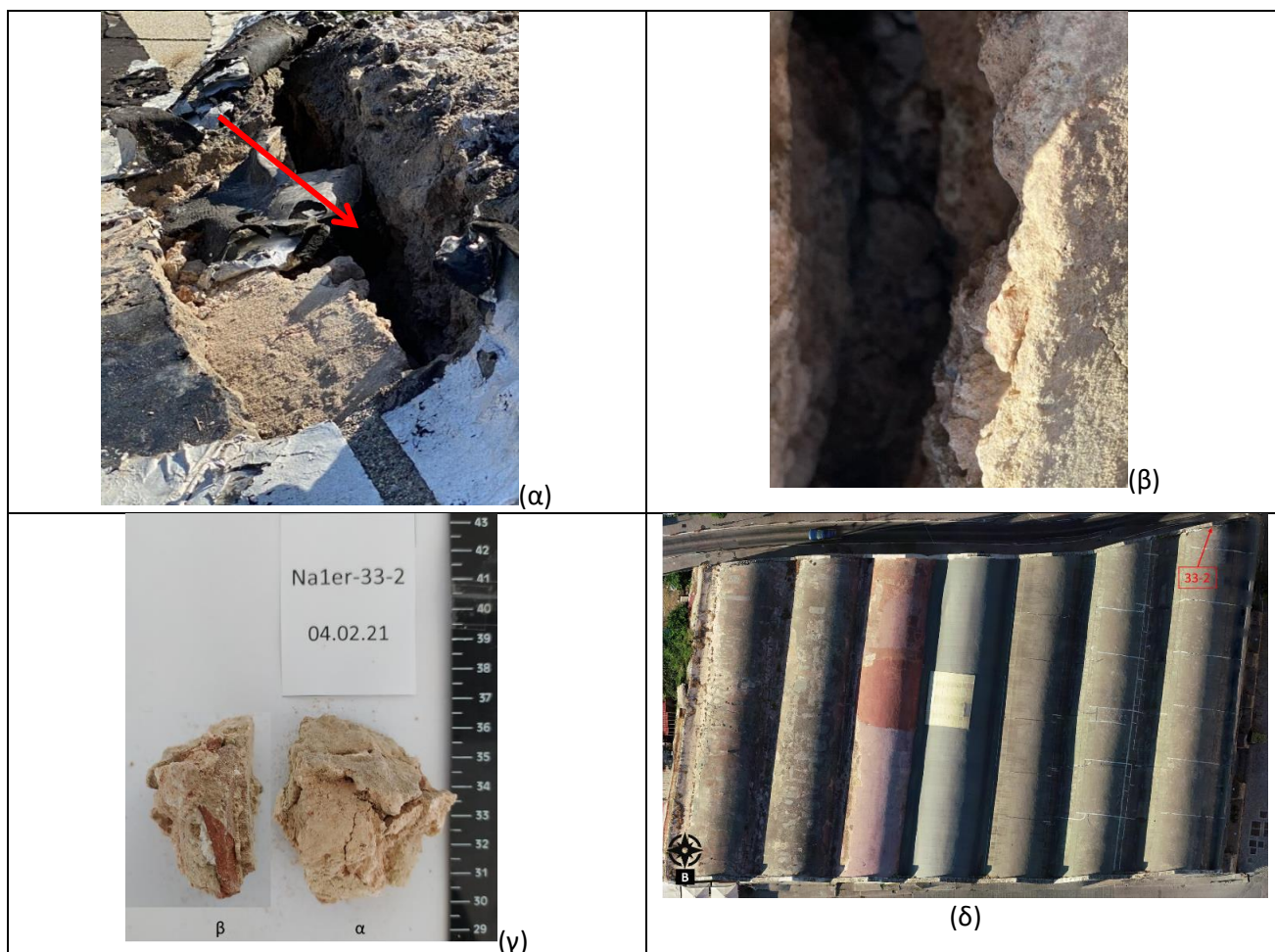
Το κονίαμα **Na1er-33-1** συλλέχθηκε από σημείο αποκόλλησης μεταξύ της αετωματικής απόληξης και της εξωτερικής επιφάνειας του πρώτου θόλου από την βόρεια παρειά του νότιου τείχους του 1^{ου} Νεωρίου. **Στο συγκεκριμένο δείγμα όπως και στο Na1er-33-3 παρατηρείται στρωματογραφία 3 στρωμάτων.** Το εσωτερικό και το εξωτερικό στρώμα είναι παρόμοια και έχουν καστανό – ερυθρό χρώμα, ενώ το μεσαίο είναι φαιού χρώματος. Τα αδρανή του μεσαίου στρώματος είναι σκούρα γκρι και ξεπερνούν τα 2 mm σε μέγεθος. Στο εσωτερικό στρώμα τα αδρανή που κυριαρχούν είναι ερυθρά και το μέγεθος τους ανά σημεία ξεπερνά τα 2mm.



Σχήμα 31: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1er-33-1: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

Το κονίαμα **Na1er-33-2** συλλέχθηκε και αυτό από σημείο αποκόλλησης μεταξύ της αετωματικής απόληξης και της εξωτερικής επιφάνειας του πρώτου θόλου από την βόρεια παρειά του νότιου

τείχους του 1^{ου} Νεωρίου. Παρατηρείται και εδώ στρωματογραφία τριών στρωμάτων ίδια με αυτή των δειγμάτων Na1er-33-1 και Na1er-33-3 μόνο που στο συγκεκριμένο δείγμα στο μεσαίο στρώμα εντοπίζεται η ύπαρξη κεραμικών κομματιών μεγέθους μεγαλύτερο από 10 mm.



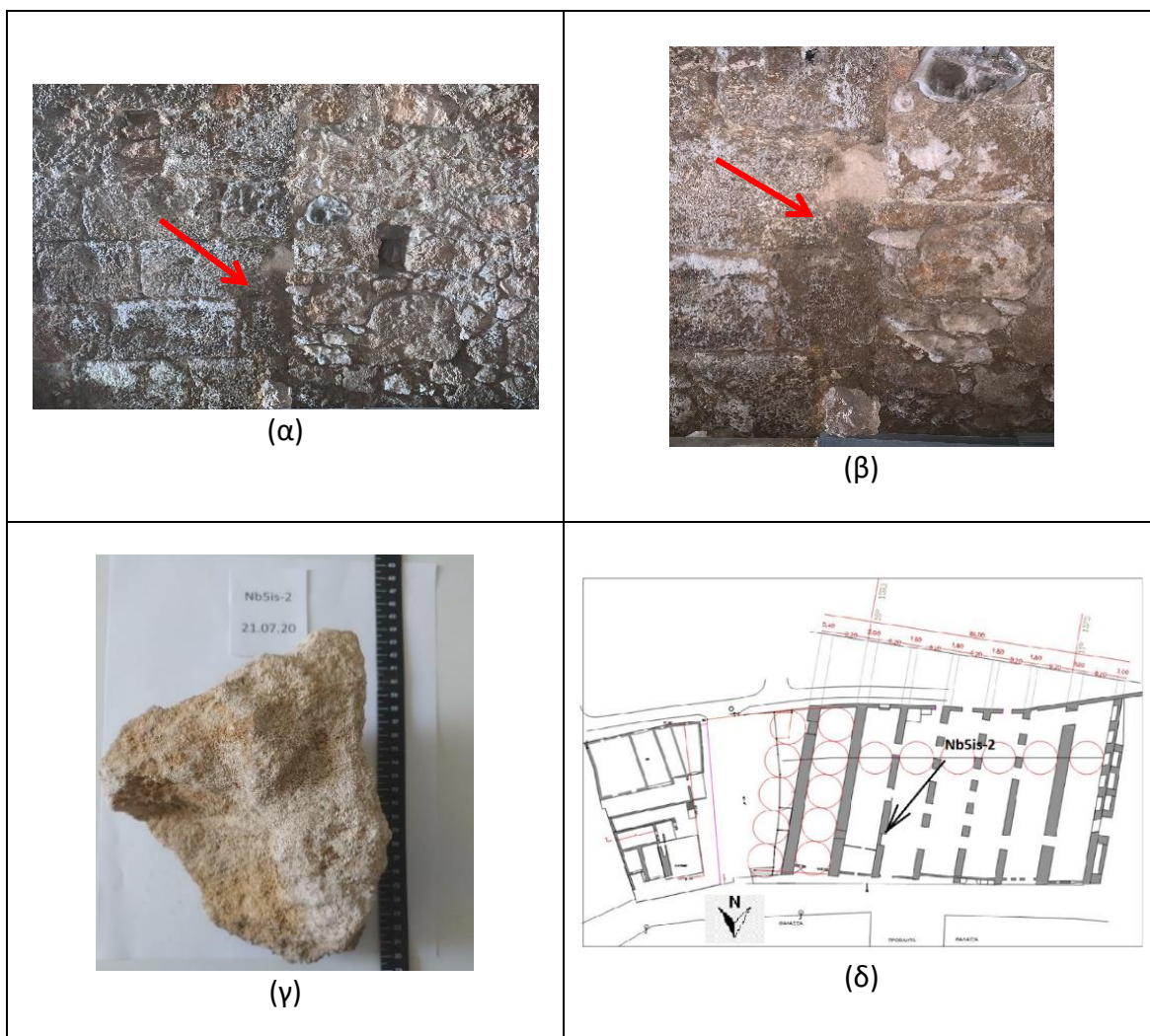
Σχήμα 32: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1er-33-2: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν κονίαμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

3.1.4. Δείγματα Λίθων και Τσιμεντοκονιαμάτων

Το δείγμα **Nb5is-2** πρόκειται για λίθο ο οποίος συλλέχθηκε από το 5^ο Νεώριο από δυτικά (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα από το εσωτερικό κοντά στο βόριο τοίχο. Ο λίθος είναι καστανού χρώματος ψαμμίτης, ιζηματογενές πέτρωμα. Ο λίθος αυτός κυριαρχεί τόσο στα Νεώρια, όσο και στις παράκτιες οχυρωματικές κατασκευές στα Χανιά, λόγω της ανθεκτικότητάς στις παραθαλάσσιες συνθήκες, δηλαδή έντονη παρουσία υγρασίας με άλατα, αερολύματα θάλασσας, δυνατούς βόρειους ανέμους.

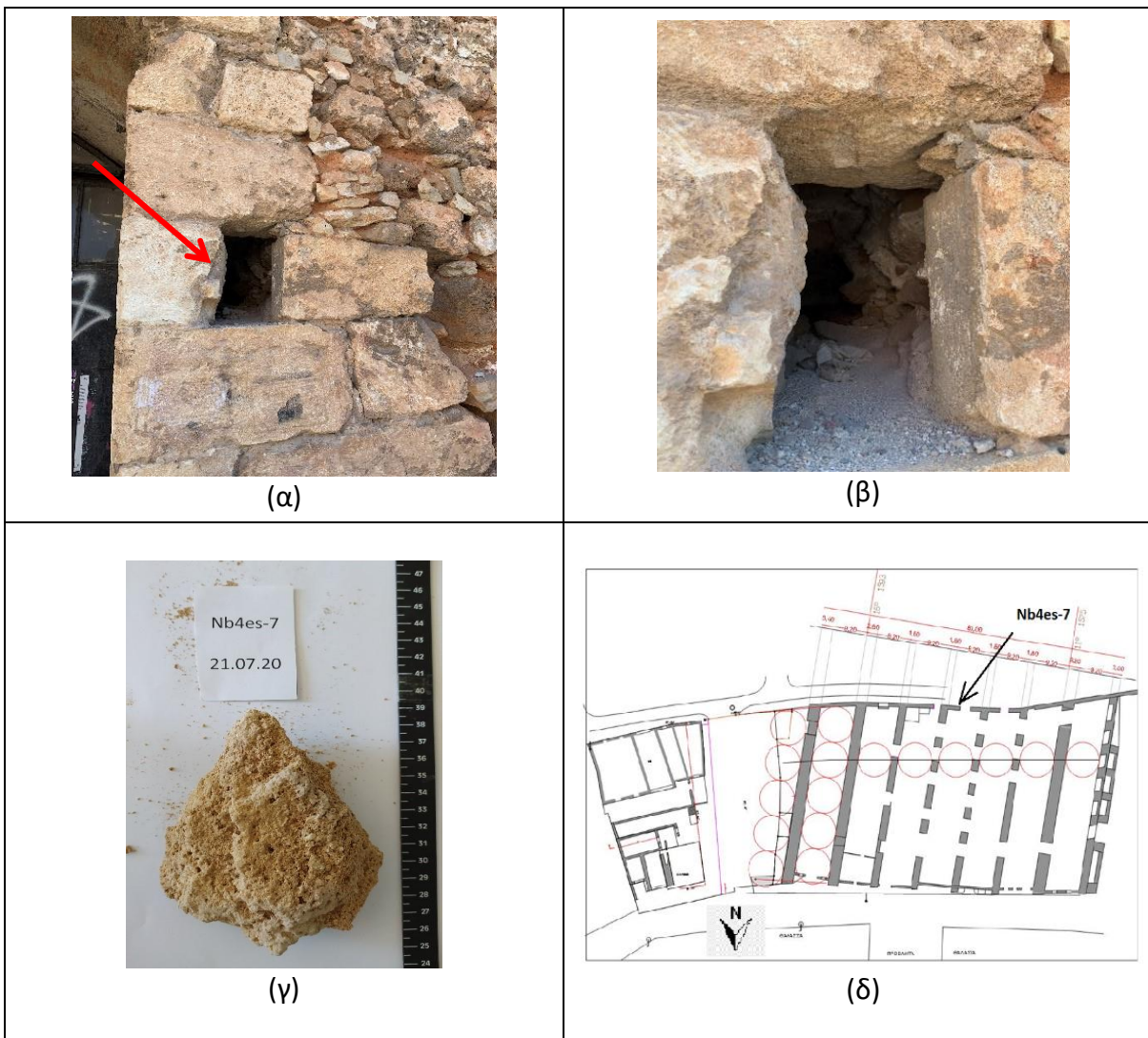
«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Σχήμα 33: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb5is-2: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος λίθου και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

Το **Nb4es-7** πρόκειται για λίθο ο οποίος συλλέχθηκε από το 4^ο Νεώριο (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα από την τρύπα στην ανατολική πλευρά της νότιας πόρτας εισόδου του 4^{ου} Νεωρίου. Ο λίθος αυτός είναι επίσης ψαμμίτης.

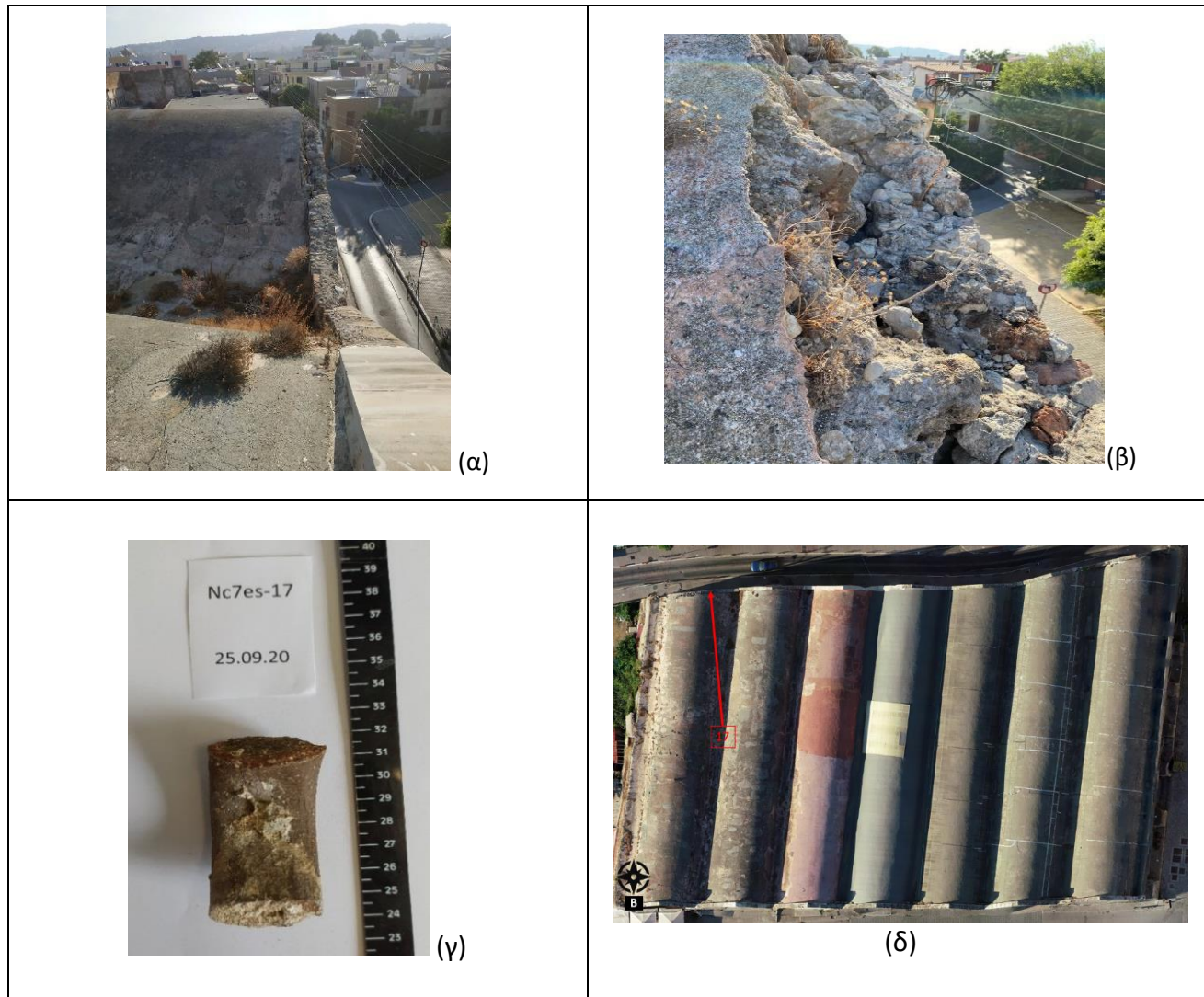


Σχήμα 34: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb4es-7: (α,β) σημείου δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέντος λίθου και (δ) θέσης στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το δείγμα **Nc7es-17** αποτελεί κεραμικό θραύσμα το οποίο ελήφθη από χαλαρή περιοχή της στέψης του νότιου τοίχου του 7^{ου} Νεωρίου. Το χρώμα του είναι σκούρο καφέ και έχει υποστεί εξωτερική βαφή. Το υλικό είναι πολύ συμπαγές και δύσθραυστο.

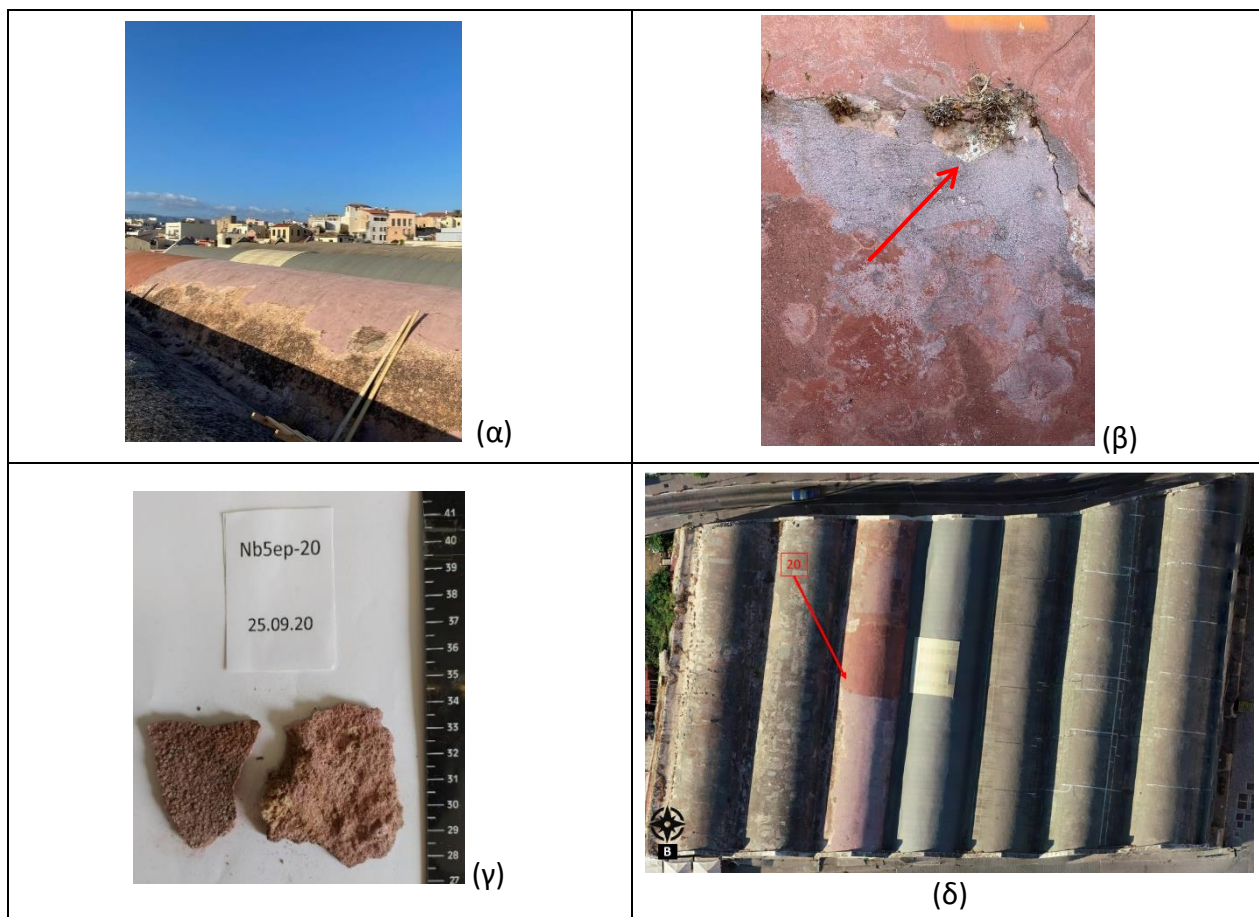


Σχήμα 35: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nc7es-17: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν δείγμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

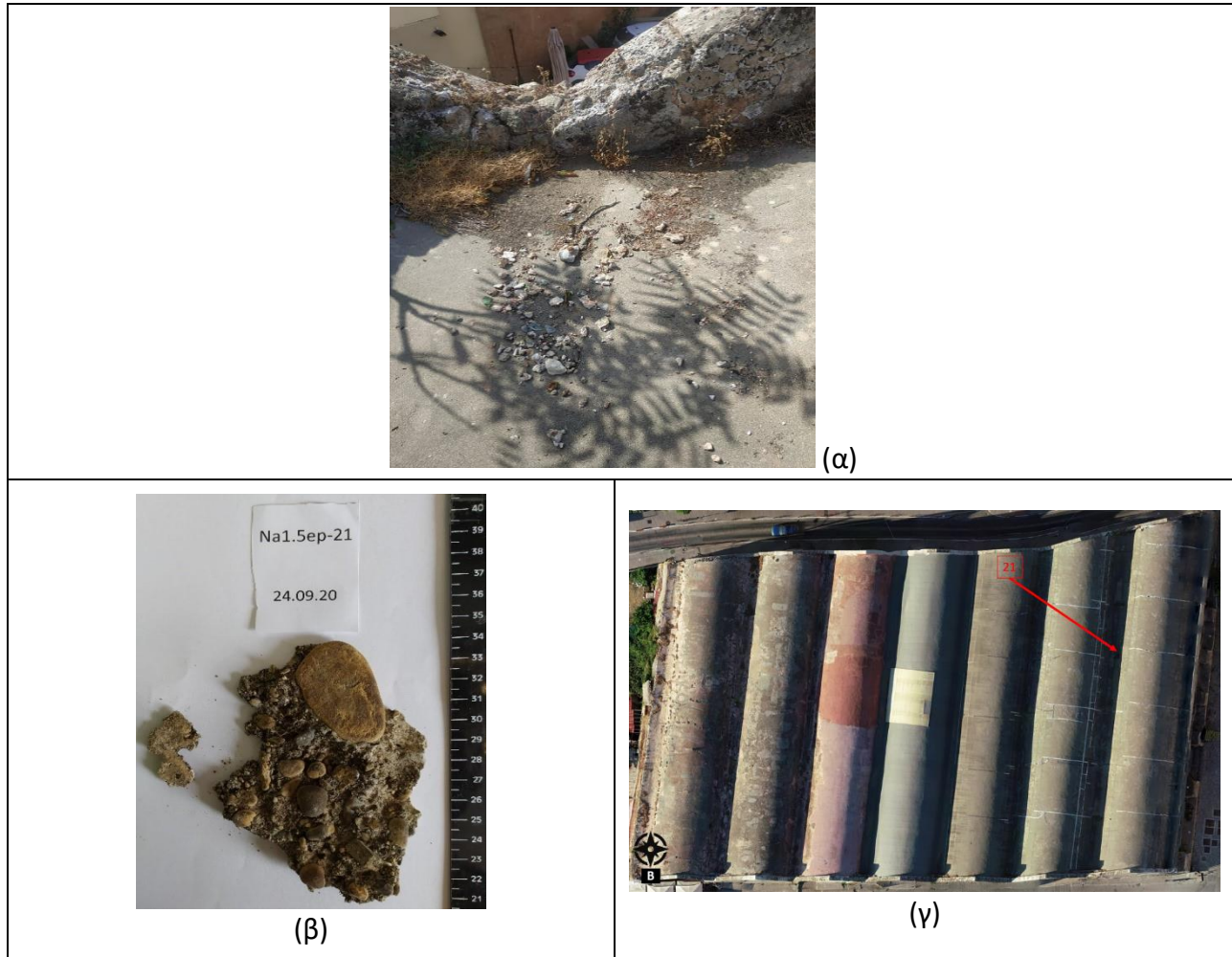
Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το επίχρισμα **Nb5ep-20** συλλέχθηκε από τον εξωράχιο του θόλου του 5^{ου} Νεωρίου, με δυτικό προσανατολισμό και πρόκειται για πατητό επίχρισμα. Είναι ανοιχτού μωβ χρώματος και έχει χαμηλή συνοχή με εμφανείς πόρους και ρηγματώσεις. Τα αδρανή του επιχρίσματος είναι σκούρου και ανοιχτού γκρι χρώματος.



Σχήμα 36: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Nb5ep-20: (α,β) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (γ) ληφθέν επίχρισμα και (δ) θέση στο υπόμνημα.

Το επίχρισμα **Na1.5ep-21** συλλέχθηκε από σωρό αποκολλημένων υλικών στην χαμηλή στάθμη απορροής μεταξύ 1^{ου} και 2^{ου} Νεωρίου από δυτικά και αποτελεί τσιμεντοκονίαμα. Το επίχρισμα είναι σκούρου γκρι χρώματος και παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία αδρανών, που κυμαίνονται από 8-1 cm αλλά και άλλα μέχρι 2 mm. Το υλικό έχει μέτρια συνοχή με εμφανείς πόρους.

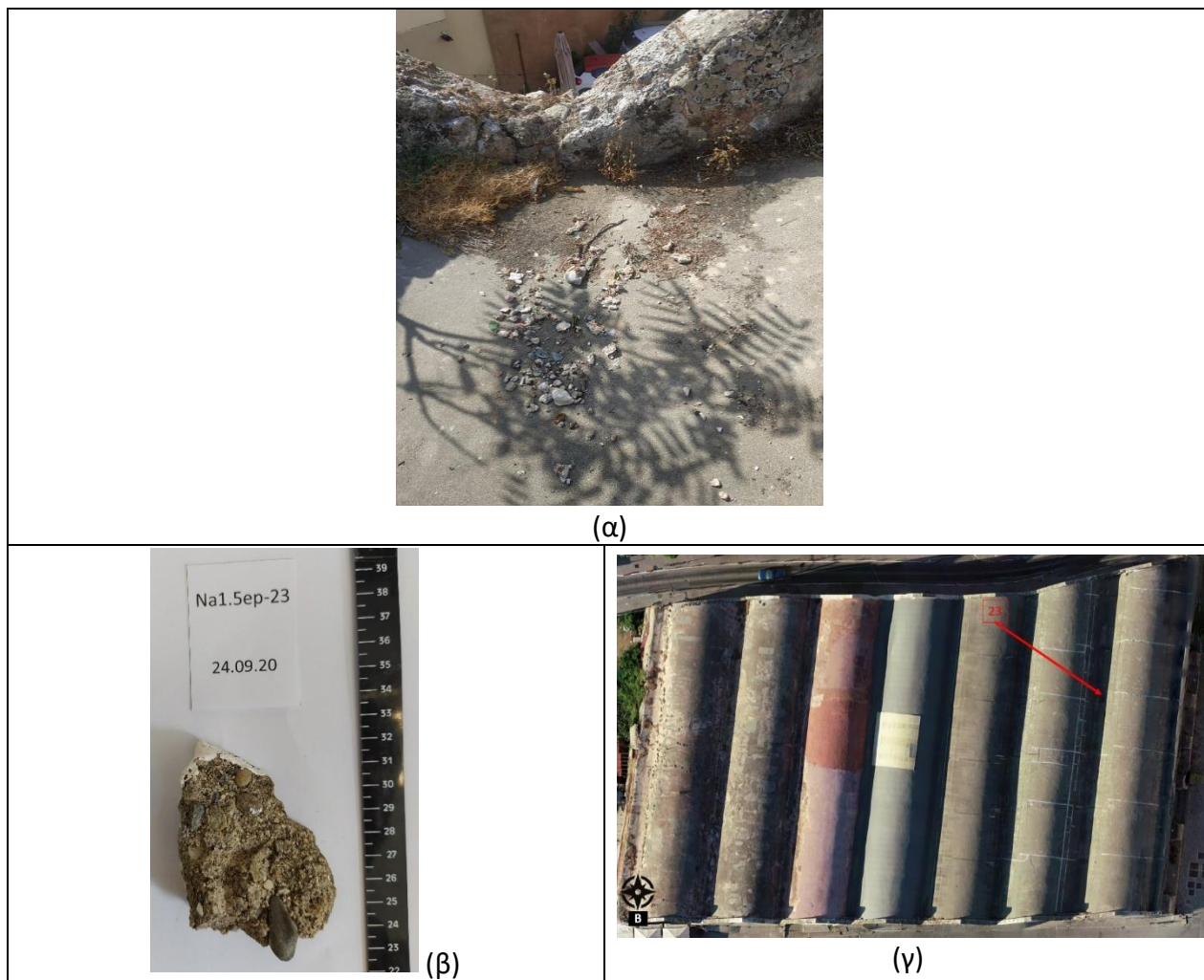


Σχήμα 37: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1.5ep-21: (α) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (β) ληφθέν επίχρισμα και (γ) θέση στο υπόμνημα.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το επίχρισμα **Na1.5ep-23** συλλέχθηκε από σωρό αποκολλημένων υλικών στην χαμηλή στάθμη απορροής μεταξύ 1^{ου} και 2^{ου} Νεωρίου από δυτικά και όπως το δείγμα Na1.5ep-21 αποτελεί τσιμεντοκονίαμα. Το επίχρισμα είναι σκούρου γκρι χρώματος. Εμφανίζει ποικιλομορφία στα αδρανή τόσο στο χρώμα όσο και στο μέγεθός τους.



Σχήμα 38: Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1.5ep-23: (α) σημείο δειγματοληψίας δείγματος, (β) ληφθέν επίχρισμα και (γ) θέση στο υπόμνημα.

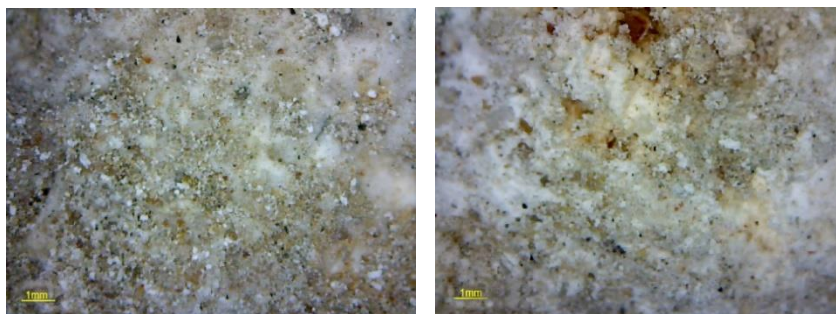


3.2. Μικροσκοπική Ανάλυση Δειγμάτων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι εικόνες των δειγμάτων που ελήφθησαν με μικροσκόπιο οπτικών ινών.

3.2.1. Υπόλευκα Δείγματα

Nb4ej-3



Σχήμα 39: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb4ej-3 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Από τις παραπάνω φωτογραφίες είναι εμφανής η καλή επαφή μεταξύ κονίας και αδρανούς στο κονίαμα Nb4ej-3. Το δείγμα αυτό είναι αρκετά συμπαγές και δύσθραυστο. Το χρώμα του είναι υπόλευκο.

Κονίαμα	Nb4ej-3
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Συμπαγής δομή με καλή συναρμογή κονίας και αδρανών
Αδρανή	Σκούρα γκρι και ανοιχτά γκρι αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστιτικό κονίαμα
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα αρμού, παρουσία αλάτων

Nb4er-4



Σχήμα 40: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb4er-4 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα αποτελεί κονίαμα δόμησης και είναι υπόλευκου χρώματος. Όπως και το Nb4ej-3 έχει και αυτό συμπαγή δομή και καλή συναρμογή κονίας και αδρανών. Από τις φωτογραφίες μικροσκοπίας είναι εμφανής ο εγκλωβισμός στοιχείων όπως πέτρες και κομμάτια ξύλου.

Κονίαμα	Nb4er-4
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Συμπαγής δομή με καλή συναρμογή κονίας και αδρανών
Αδρανή	Ανοιχτά γκρι και καστανά αδρανή, με ποικιλομορφία σχημάτων
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστιτικό κονίαμα
Εγκλωβισμένα υλικά	Κομμάτια ξύλου
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας, έντονη παρουσία αλάτων

Nb4er-5



Σχήμα 41: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb4er-5 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα αποτελεί κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας, είναι εμφανές από τις φωτογραφίες πως η κονία είναι λευκού χρώματος με αδρανή που ποικίλουν. Επίσης παρουσιάζει συμπαγής δομή.

Κονίαμα	Nb4er-5
Χρώμα	Λευκού χρώματος κονία
Στρωματογραφία	Συμπαγής δομή με καλή συναρμογή κονίας και αδρανών
Αδρανή	Ποικιλόμορφα διαφόρων χρωμάτων, γωνιώδους σχήματος αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστιτικό κονίαμα
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας, παρουσία αλάτων

Nb4er-6



Σχήμα 42: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb4er-6 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα αποτελεί κονίαμα δόμησης και είναι εμφανές από τις φωτογραφίες πως η κονία είναι λευκού χρώματος. Είναι εύθρυπτο με αρκετές ρηγματώσεις.

Κονίαμα	Nb4er-6
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με ρηγματώσεις
Αδρανή	Ποικιλομορφία αδρανών σε χρώμα και σχήμα
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστιτικό κονίαμα
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας, παρουσία αλάτων

Nb3ep-8



Σχήμα 43: Φωτογραφίες του επιχρίσματος Nb3ep-8 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα Nb3ep-8 αποτελεί επίχρισμα υπόλευκου χρώματος με αδρανή που ποικίλουν σε μέγεθος και χρώμα. Είναι εύθρυπτο με εμφανείς πόρους και ρηγματώσεις.

Κονίαμα	Nb3ep-8
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με εμφανείς πόρους και ρηγματώσεις
Αδρανή	Ποικίλων χρωμάτων και σχήματος αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστοτική κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Επίχρισμα, παρουσία αλάτων

Nb3ej-9



Σχήμα 44: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb3ej-9 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα είναι κονίαμα αρμού, με συμπαγή δομή και καλή συναρμογή μεταξύ κονίας και αδρανούς υλικού και δεν παρουσιάζει ρηγματώσεις. Το χρώμα του συγκεκριμένου κονιάματος είναι υπόλευκο.

Κονίαμα	Nb3ej-9
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Καλή συνοχή, συμπαγής δομή
Αδρανή	Αδρανή διαφόρων χρωμάτων και σχήματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστιτική κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	Εγκλωβισμένες πέτρες
Παρατηρήσεις	Κονίαμα αρμού

Nb2.5ij-11



Σχήμα 45: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb2.5ij-11 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το συγκεκριμένο κονίαμα είναι υπόλευκου χρώματος. Είναι δύσθραυστο με καλή συνοχή μεταξύ κονιάς και αδρανούς και παρουσιάζει έντονες ρηγματώσεις.

Κονίαμα	Nb2.5ij-11
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με έντονες ρηγματώσεις, τραχιά επιφάνεια
Αδρανή	Μικρού μεγέθους αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστιτικό κονίαμα
Εγκλωβισμένα υλικά	Εγκλωβισμένες πέτρες και κοχύλια
Παρατηρήσεις	Κονίαμα αρμού

Nb2.5ip-12



Σχήμα 46: Φωτογραφίες του επιχρίσματος Nb2.5ip-12 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα Nb2.5ip-12 αποτελεί επίχρισμα υπόλευκου χρώματος, χαμηλής συνοχής, με πόρους και έντονες ρηγματώσεις. Έχει έντονη επιφανειακή φθορά λόγω των αλάτων και παρουσιάζει εκφυλλώματα.

Κονίαμα	Nb2.5ip-12
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με έντονες ρηγματώσεις και πόρους
Αδρανή	-
Κοκκομετρία αδρανών	-
Κονία	Επίχρισμα με ασβεστιτική κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	Εγκλωβισμένα κοχύλια
Παρατηρήσεις	Επίχρισμα τοιχοποιίας, έντονη παρουσία αλάτων

Nb2ij-14



Σχήμα 47: Φωτογραφίες του επιχρίσματος Nb2ij-14 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα Nb2ij-14 αποτελεί κονίαμα αρμού υπόλευκου χρώματος, χαμηλής συνοχής, με πόρους και έντονες ρηγματώσεις.

Κονίαμα	Nb2ij-14
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με έντονες ρηγματώσεις και πόρους
Αδρανή	Ποικιλόμορφα αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστιτική κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα αρμού, παρουσία αλάτων

Nc7er-15



Σχήμα 48: Φωτογραφίες του κονιάματος Nc7er-15 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Από τις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρείται στο συγκεκριμένο κονίαμα μέτρια συνάφεια και συνοχή μεταξύ κονίας και αδρανούς. Το χρώμα του δείγματος είναι υπόλευκο. Το κονίαμα είναι αρκετά εύθρυπτο.

Κονίαμα	Nc7er-15
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Μέτρια συνάφεια μεταξύ κονίας και αδρανούς
Αδρανή	Γκρι, λευκά και καφέ αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ασβεστιτικό κονίαμα
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

Nb6er-19



Σχήμα 49: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb6er-19 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα Nb6er-19 είναι κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας. Το χρώμα του είναι υπόλευκο. Τα αδρανή του είναι γκρι χρώματος, είναι εύθρυπτο με μέτρια συνοχή μεταξύ κονιάς και αδρανούς.

Κονίαμα	Nb6er-19
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Μέτρια συνοχή με πόρους και μικρορηγματώσεις
Αδρανή	Γκρι χρώματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Λευκού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

Na1er-25



Σχήμα 50: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1er-25 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα Na1er-25 είναι κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας. Το χρώμα του είναι υπόλευκο. Η ποσότητα αδρανούς υλικού στην επιφάνεια του είναι περιορισμένη και το κονίαμα είναι εύθρυπτο με μέτρια συνοχή μεταξύ κονίας και αδρανούς.

Κονίαμα	Na1er-25
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Μέτρια συνοχή με πόρους και μικρορηγματώσεις
Αδρανή	Γκρι και καφέ χρώματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Λευκού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας



Na1ej-27



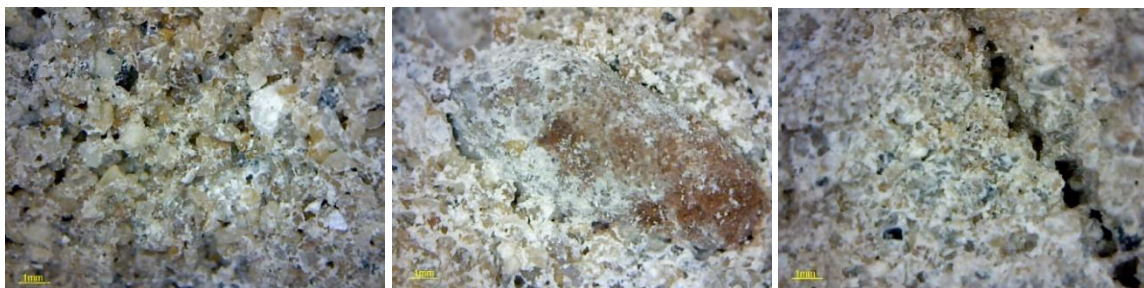
Σχήμα 51: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1ej-27 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το κονίαμα αρμολόγησης Na1ej-27 είναι υπόλευκου χρώματος. Είναι εύθρυπτο με πολλούς πόρους και ρηγματώσεις. Τα αδρανή του είναι ανοιχτού και σκούρου γκρι χρώματος, μικρού μεγέθους.

Κονίαμα	Na1ej-27
Χρώμα	Υπόλευκο
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με εμφανείς πόρους και ρηγματώσεις
Αδρανή	Μικρομεγέθη αδρανή ανοιχτού και σκούρου γκρι χρώματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Ασβεστιτικό κονίαμα με λευκού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα αρμολόγησης τοιχοποιίας

3.2.2. Φαιά Δείγματα

Nb5ij-1



Σχήμα 52: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb5ij-1 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Από τις παραπάνω φωτογραφίες είναι εμφανής η καλή σχετικά επαφή μεταξύ κονιάς και αδρανούς παρά την ύπαρξη ρηγματώσεων. Το δείγμα είναι φαιού χρώματος (γκρίζο-σταχτί) με ποικιλόμορφα αδρανή καστανά και γκρι χρώματος.

Κονίαμα	Nb5ij-1
Χρώμα	Φαιό (γκρίζο - σταχτί)
Στρωματογραφία	Εμφανείς ρηγματώσεις, επαφή με λίθους κατά σημεία
Αδρανή	Γκρι, καστανά και λευκά αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Ελαφρώς υδραυλικό κονίαμα
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα αρμού, παρουσία αλάτων

Nb6er-18



Σχήμα 53: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb6er-18 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Από τις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρείται η χαμηλή συνοχή μεταξύ κονίας και αδρανούς. Ακόμα, το κονίαμα εμφανίζει πολλούς πόρους και ρηγματώσεις και είναι αρκετά εύθρυπτο. Το συγκεκριμένο δείγμα είναι φαιού χρώματος και η κονία του λευκού χρώματος.

Κονίαμα	Nb6er-18
Χρώμα	Φαιό (γκρίζο - σταχτί)
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με εμφανείς πόρους και ρηγματώσεις
Αδρανή	Ποικιλόμορφα αδρανή διαφόρων χρωμάτων
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Λευκού χρώματος
Εγκλωβισμένα υλικά	Τμήματα κονίας άσπρα ανάμεσα στη μάζα των αδρανών
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

Na1ej-24



Σχήμα 54: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1ej-24 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το κονίαμα αρμολόγησης Na1ej-24 είναι φαιού χρώματος και η κονία του είναι λευκή. Το δείγμα όπως και το Na1.5ej-22 περιέχει λίθο με συναρμογή κονίας. Είναι εύθρυπτο με πολλούς πόρους και ρηγματώσεις. Τα αδρανή του είναι μικρού μεγέθους.

Κονίαμα	Na1ej-24
Χρώμα	Φαιό (γκρίζο - σταχτί)
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με εμφανείς πόρους και ρηγματώσεις
Αδρανή	Μικρομεγέθη αδρανή γκρι και καφέ χρώματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Λευκού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα αρμολόγησης τοιχοποιίας

Na1er-28

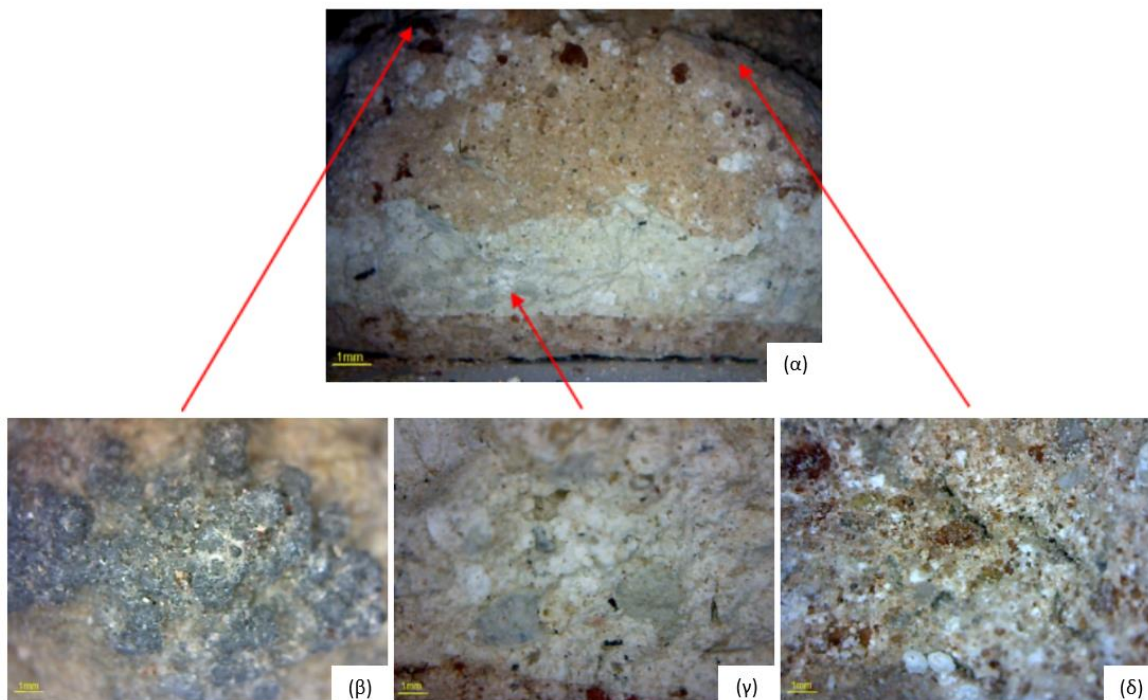


Σχήμα 55: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1er-28 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Από τις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρείται στο συγκεκριμένο κονίαμα η ύπαρξη πόρων και ρηγματώσεων. Παρόλα αυτά, υπάρχει καλή συναρμογή μεταξύ κονίας και αδρανούς και το δείγμα είναι δύσθραυστο.

Κονίαμα	Na1er-28
Χρώμα	Φαιό (γκρίζο - σταχτί)
Στρωματογραφία	Καλή συναρμογή κονίας και αδρανούς, ύπαρξη πόρων και ρηγματώσεων
Αδρανή	Γκρι, καφέ και λευκού χρώματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Λευκού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

Na1er-33-3



Σχήμα 56: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1er-33-3 από μικροσκόπιο οπτικών ινών. Εικόνα (α) παρουσιάζεται η τομή του δείγματος όπου διακρίνεται η στρωματογραφία του, (β),(γ),(δ) συγκεκριμένες περιοχές στο δείγμα.

Στο συγκεκριμένο κονίαμα παρατηρείται ξεκάθαρα η ύπαρξη στρωματογραφίας τριών στρωμάτων εκ των οποίων το ενδιάμεσο στρώμα είναι φαιού χρώματος. Η συνοχή μεταξύ των στρωμάτων είναι εξαιρετική.

Κονίαμα	Na1er-33-3
Χρώμα	Μεσαίο στρώμα: φαιό (γκρίζο – σταχτί)
Στρωματογραφία	3 διακριτά στρώματα με εξαιρετική συνοχή
Αδρανή	Λευκά, γκρι σκούρα και ερυθρά αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Μικρού μεγέθους αδρανή
Κονία	Μεσαίο στρώμα: φαιού χρώματος
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

3.2.3. Καστανά- Ερυθρά Δείγματα

Nb3er-10



Σχήμα 57: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb3er-10 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το Nb3er-10 αποτελεί κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας είναι καστανού (ερυθρό) χρώματος. Είναι εύθρυπτο με καλή συνοχή μεταξύ κονίας και αδρανούς, καθώς και πληθώρα εγκλωβισμένων υλικών.

Κονίαμα	Nb3er-10
Χρώμα	Καστανό - ερυθρό
Στρωματογραφία	Καλή συνοχή με πόρους
Αδρανή	Σκούρο γκρι, λευκά και ερυθρά μικρού μεγέθους αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δε ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Καστανού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	Εγκλωβισμένα κομμάτια ξύλου και κοχύλια
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

Nc7er-16

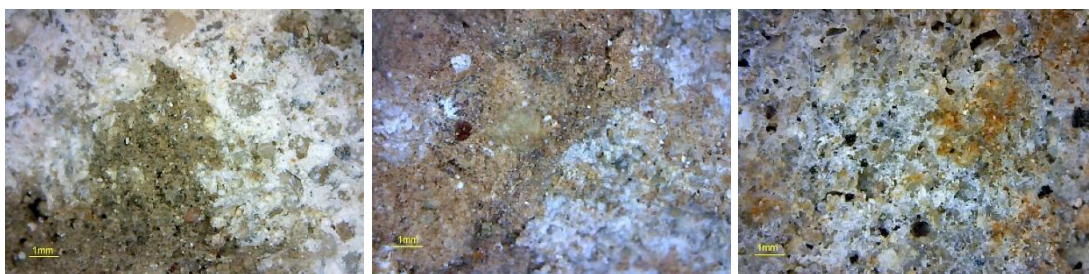


Σχήμα 58: Φωτογραφίες του κονιάματος Nc7er-16 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το κονίαμα Nc7er-16 είναι καστανού (ερυθρού) χρώματος. Το δείγμα έχει μέτρια συνοχή και εμφανίζει αρκετούς πόρους και ρηγματώσεις. Τα αδρανή του είναι γκρι και καφέ χρώματος και σχετικά μικρού μεγέθους.

Κονίαμα	Nc7er-16
Χρώμα	Καστανό - ερυθρό
Στρωματογραφία	Μέτρια συνοχή μεταξύ κονίας και αδρανούς
Αδρανή	Γκρι, καστανά και λευκά μικρομεγέθη αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δε ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Καστανού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	Τμήματα λευκά από ασβέστη
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

Na1.5ej-22

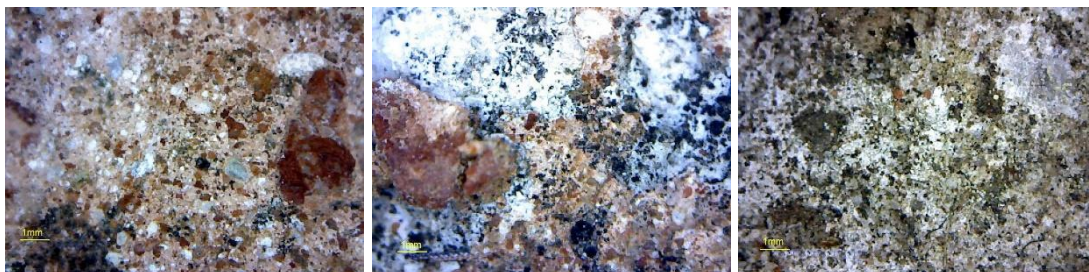


Σχήμα 59: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1.5ej-22 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα Na1.5ej-22 αποτελεί κονίαμα αρμολόγησης το οποίο περιέχει λίθο με συναρμογή κονίας. Έχει συμπαγή δομή και είναι δύσθραυστο. Ωστόσο δεν υπάρχει καλή συνάφεια μεταξύ της κονίας και του αδρανούς στο δείγμα. Τα αδρανή του είναι αρκετά μικρού μεγέθους.

Κονίαμα	Na1.5ej-22
Χρώμα	Καστανό – ερυθρό
Στρωματογραφία	Συμπαγής δομή με κακή συναρμογή μεταξύ κονίας και αδρανούς
Αδρανή	Λευκού και σκούρου γκρι χρώματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Καστανού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα αρμολόγησης τοιχοποιίας

Να1ερ-26

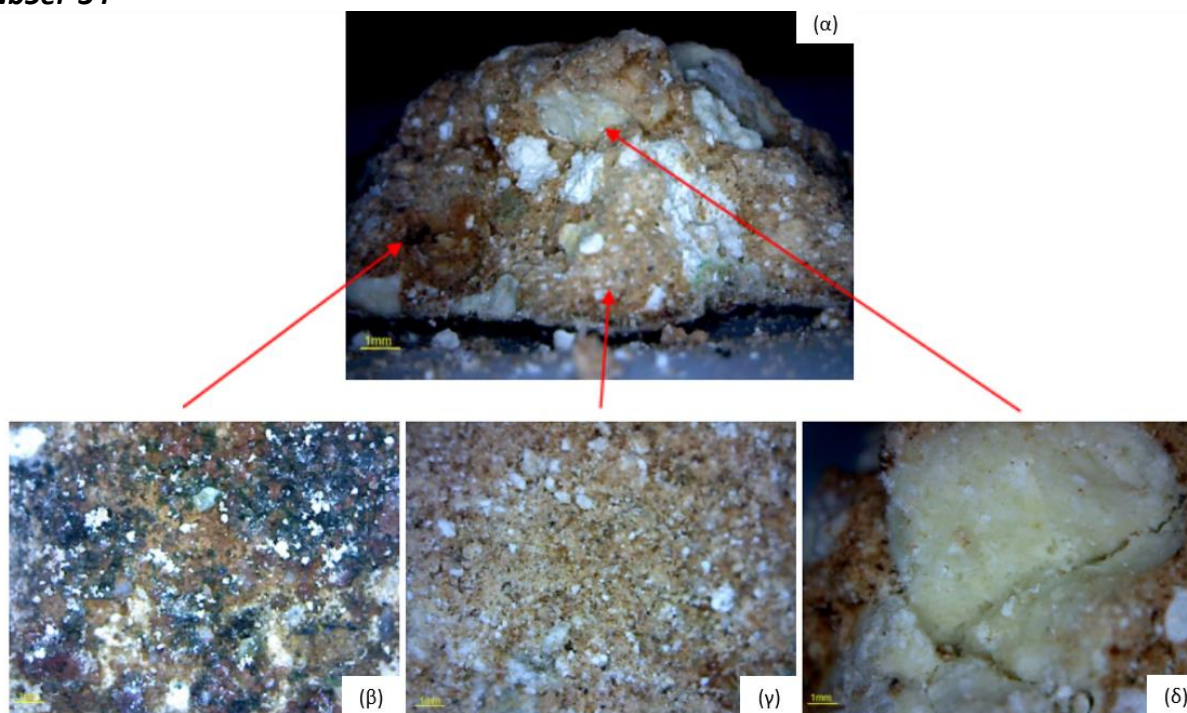


Σχήμα 60: Φωτογραφίες του κονιάματος Να1ερ-26 από μικροσκόπιο οπτικών ινών, α,β) εσωτερική πλευρά του δείγματος, γ) εξωτερικό τσιμεντοκονίαμα.

Το τσιμεντοκονίαμα Να1ερ-26 από την εσωτερική πλευρά του είναι καστανού – ερυθρού χρώματος. Είναι δύσθραυστο και υπάρχει μέτρια συνοχή μεταξύ κονιάς και αδρανούς υλικού, καθώς και ρηγματώσεις. Τα αδρανή του είναι μικρού μεγέθους και το χρώμα τους είναι σκούρου γκρι και καφέ.

Κονίαμα	Να1ερ-26
Χρώμα	Καστανό – ερυθρό
Στρωματογραφία	Συμπαγής δομή με μέτρια συνοχή και ρηγματώσεις
Αδρανή	Σκούρου γκρι και καφέ χρώματος μικρομεγέθη αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Καστανού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Επίχρισμα

Nb5er-34

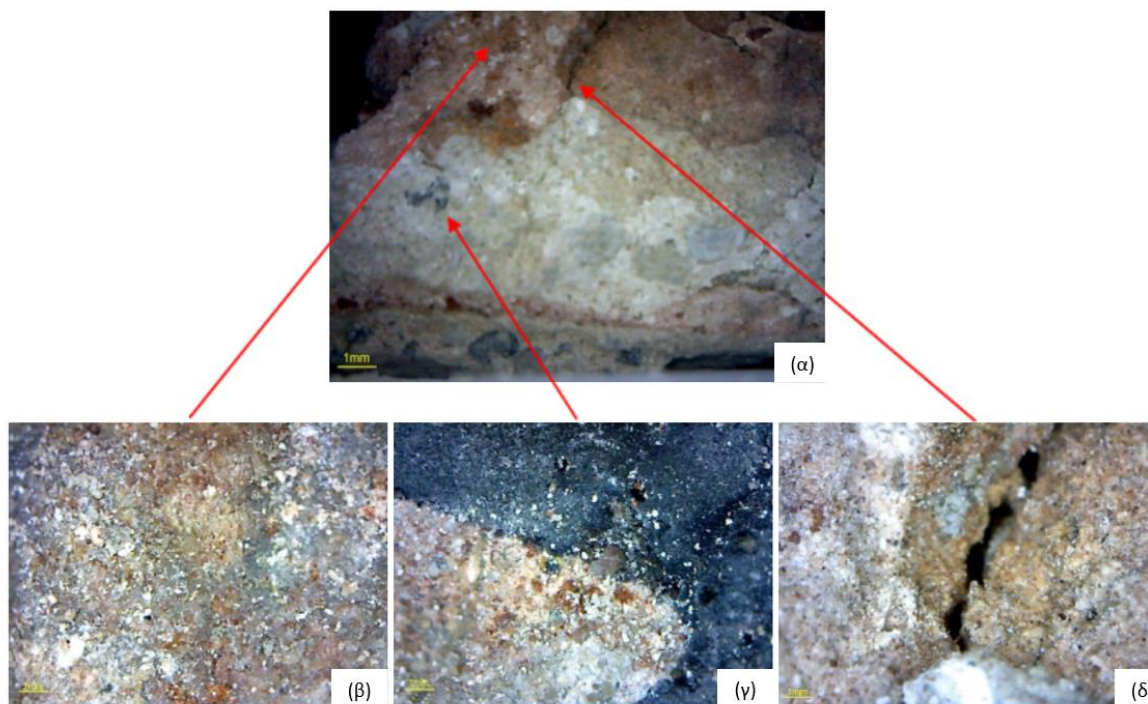


Σχήμα 61: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb5er-34 από μικροσκόπιο οπτικών ινών. Εικόνα (α) παρουσιάζεται η τομή του δείγματος, (β),(γ),(δ) συγκεκριμένες περιοχές στο δείγμα.

Το κονίαμα Nb5er-34 είναι κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας. Το χρώμα του είναι καστανό – ερυθρό, έχει συμπαγής δομή με μέτρια συνοχή κονίας - αδρανούς με εμφανείς μικρορηγματώσεις.

Κονίαμα	Nb5er-34
Χρώμα	Καστανό – ερυθρό
Στρωματογραφία	Συμπαγής δομή με μέτρια συνοχή και ρηγματώσεις
Αδρανή	Σκούρου γκρι και καφέ χρώματος μικρομεγέθη αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δε ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Καστανού χρώματος κονία
Εγκλωβισμένα υλικά	Τμήματα λευκά από ασβέστη
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

Na1er-33-1



Σχήμα 62: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1er-33-1 από μικροσκόπιο οπτικών ινών. Εικόνα (α) παρουσιάζεται η τομή του δείγματος όπου διακρίνεται η στρωματογραφία του, (β),(γ),(δ) συγκεκριμένες περιοχές στο δείγμα.

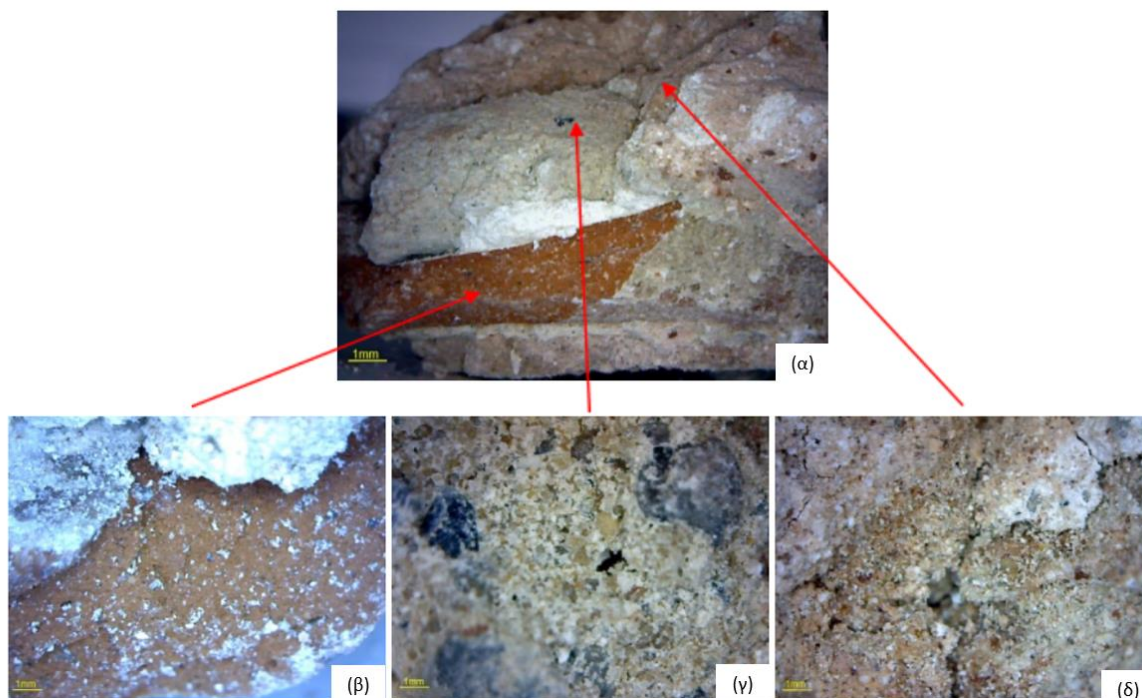
Από τις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρείται στο συγκεκριμένο κονίαμα η ύπαρξη 3 στρωμάτων. Το εσωτερικό στρώμα πρόκειται για κονίαμα δόμησης καστανού χρώματος, ακολουθεί στρώμα φαιού χρώματος και το εξωτερικό στρώμα είναι καστανού – ερυθρού χρώματος παρόμοιο με το εσωτερικό.

Κονίαμα	Na1er-33-1
Χρώμα	Πρώτο και τρίτο στρώμα: Καστανό – ερυθρό
Στρωματογραφία	Στρωματογραφία 3 στρωμάτων
Αδρανή	Ποικιλόμορφα αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Καστανού χρώματος κονία στο 1 ^ο και 3 ^ο στρώμα
Εγκλωβισμένα υλικά	-
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

Na1er-33-2

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Σχήμα 63: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1er-33-2 από μικροσκόπιο οπτικών ινών. Εικόνα (α) παρουσιάζεται η τομή του δείγματος όπου διακρίνεται η στρωματογραφία του, (β),(γ),(δ) συγκεκριμένες περιοχές στο δείγμα.

Το κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας Na1er-33-2 παρουσιάζει και αυτό στρωματογραφία 3 στρωμάτων, όπως φαίνεται στις παραπάνω φωτογραφίες από το μικροσκόπιο οπτικών ινών. Η βασική διαφοροποίηση είναι ότι σε αυτό το κονίαμα παρατηρείται στο μεσαίο στρώμα κομμάτι από κεραμικό σε αντίθεση με το δείγμα Na1er-33-1.

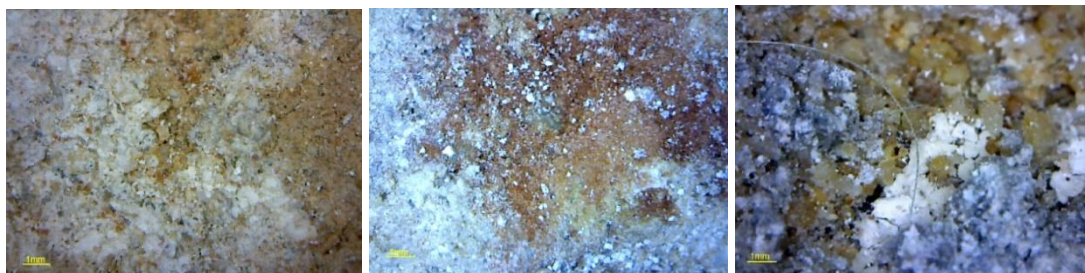
Κονίαμα	Na1er-33-2
Χρώμα	Πρώτου και τρίτου στρώματος: Καστανό - ερυθρό
Στρωματογραφία	Στρωματογραφία 3 στρωμάτων
Αδρανή	Ποικιλόμορφα αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δε ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Καστανού χρώματος κονία στο 1 ^ο και 3 ^ο στρώμα
Εγκλωβισμένα υλικά	Κομμάτια κεραμικών
Παρατηρήσεις	Κονίαμα δόμησης τοιχοποιίας

3.2.4. Δείγματα Λίθων και Τσιμεντοκονιαμάτων

Nb5is-2

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Σχήμα 64: Φωτογραφίες του λίθου Nb5is-2 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Από τις παραπάνω φωτογραφίες είναι εμφανής η καλή επαφή μεταξύ κονίας και λίθου. Το χρώμα του λίθου είναι καστανό και της κονίας ανοιχτό γκρι.

Λίθος	Nb5is-2
Χρώμα	Ανοιχτό γκρι με κόκκινες και καστανές περιοχές
Στρωματογραφία	Συμπαγής δομή με τραχιά επιφάνεια
Αδρανή	Σκούρα γκρι, κόκκινα και καστανά αδρανή
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 4 mm
Κονία	Ανοιχτού γκρι χρώματος
Εγκλωβισμένα υλικά	Κομμάτια ξύλου, κοχύλια
Παρατηρήσεις	Λίθος δόμησης τοιχοποιίας, παρουσία αλάτων

Nb4es-7

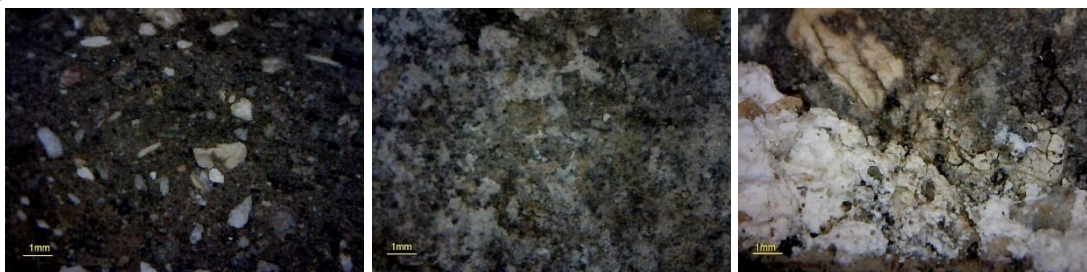


Σχήμα 65: Φωτογραφίες του λίθου Nb4es-7 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Ο συγκεκριμένος λίθος είναι ψαμμίτης, παρουσιάζει πόρους, είναι αρκετά εύθρυπτος, και παρουσιάζει έντονη κονιοποίηση. Το χρώμα του λίθου είναι καστανοκόκκινο και της κονιάς γκρι.

Λίθος	Nb4es-7
Χρώμα	Καστανοκόκκινος λίθος με υπολείμματα γκρι χρώματος κονιάς
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με εμφανείς πόρους
Κατηγορία λίθου	Ψαμμίτης
Παρατηρήσεις	Λίθος δόμησης

Nc7es-17



Σχήμα 66: Φωτογραφίες του κονιάματος Nc7es-17 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το δείγμα Nc7es-17 αποτελεί κεραμικό κομμάτι και έχει περιοχές όπου παρατηρείται προσκολλημένο κονίαμα. Το χρώμα του είναι σκούρο καφέ, είναι πολύ συμπαγές και δύσθραυστο.

Κονίαμα	Nc7es-17
Χρώμα	Σκούρο καφέ
Στρωματογραφία	Προσκολλημένο κονίαμα κατά σημεία
Αδρανή	Μικρομεγέθη αδρανή ανοιχτού γκρι και καφέ χρώματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το προσκολλημένο κονίαμα έχει μικρού μεγέθους αδρανή
Κονία	Γκριζόλευκη κονία

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Παρατηρήσεις | Κεραμικό κομμάτι

Nb5ep-20



Σχήμα 67: Φωτογραφίες του κονιάματος Nb5ep-20 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το συγκεκριμένο δείγμα αποτελεί πατητό επίχρισμα ανοιχτού μωβ χρώματος. Η κονία διακρίνεται και είναι καλά προσκολλημένη στα αδρανή. Με τη βοήθεια των παραπάνω φωτογραφιών φαίνεται πως στο δείγμα υπάρχουν εγκλωβισμένα μικρά κομμάτια ξύλου. Το επίχρισμα έχει μέτρια αντοχή με πόρους και ρηγματώσεις. Πρόκειται για ασβεστοτσιμεντική κονία στην οποία έχει προστεθεί και ώχρα ψημένη.

Κονίαμα	Nb5ep-20
Χρώμα	Ανοιχτό μωβ
Στρωματογραφία	Μέτρια συνοχή με πόρους και ρηγματώσεις
Αδρανή	Σκούρου και ανοιχτού γκρι χρώματος
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Ασβεστοτσιμεντικό με ψημένη ώχρα
Εγκλωβισμένα υλικά	Κομμάτια ξύλου
Παρατηρήσεις	Πατητό επίχρισμα

Na1.5ep-21

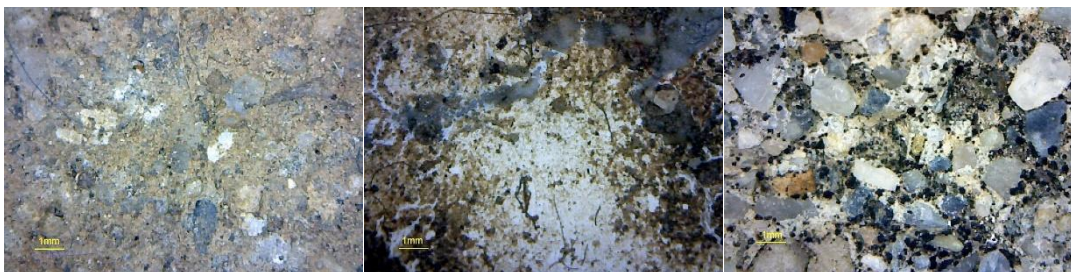


Σχήμα 68: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1.5ep-21 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το επίχρισμα Na1.5ep-21 είναι σκούρου γκρι χρώματος και περιέχει τσιμεντοκονία. Παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία αδρανών, τόσο σε μέγεθος όσο και σε χρώμα. Είναι εύθρυπτο με εμφανείς πόρους.

Κονίαμα	Na1.5ep-21
Χρώμα	Σκούρο γκρι
Στρωματογραφία	Χαμηλή συνοχή με πόρους και ρηγματώσεις
Αδρανή	Ποικιλομορφία αδρανών σε μέγεθος και χρώμα
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών δεν ξεπερνά τα 2 mm
Κονία	Τσιμεντοκονία
Εγκλωβισμένα υλικά	Βότσαλα μέχρι και 10 cm
Παρατηρήσεις	Επίχρισμα

Na1.5ep-23



Σχήμα 69: Φωτογραφίες του κονιάματος Na1.5ep-23 από μικροσκόπιο οπτικών ινών.

Το επίχρισμα Na1.5ep-23, όπως και το επίχρισμα Na1.5ep-21 παραπάνω, είναι σκούρου γκρι χρώματος και περιέχει τσιμεντοκονία. Έχει ποικιλόμορφα αδρανή διαφόρων μεγεθών. Το δείγμα είναι αρκετά δύσθραυστο.

Κονίαμα	Na1.5ep-23
Χρώμα	Σκούρο γκρι
Στρωματογραφία	Συμπαγής δομή με μέτρια συναρμογή μεταξύ κονίας και αδρανούς
Αδρανή	Λευκά, μαύρα, γκρι και καφέ χρώματος και διαφόρων μεγεθών
Κοκκομετρία αδρανών	Το μέγεθος των αδρανών κυμαίνεται από 2 mm έως 3 cm
Κονία	Τσιμεντοκονία λευκού χρώματος
Εγκλωβισμένα υλικά	Κομμάτια ξύλου
Παρατηρήσεις	Επίχρισμα

3.3. Κοκκομετρική Ανάλυση Δειγμάτων

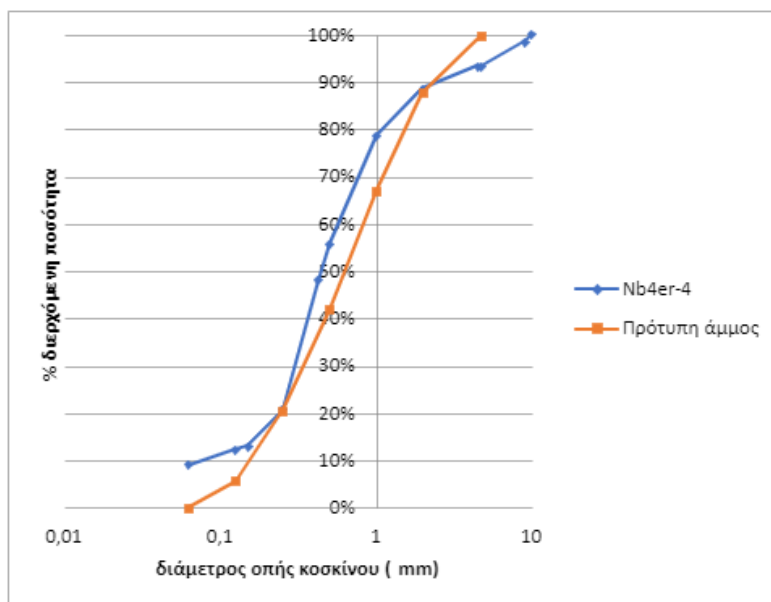
3.3.1. Κοκκομετρική Διαβάθμιση Δειγμάτων

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις 3 επιλεγμένων δειγμάτων (λόγω του ότι ήταν επαρκής η ποσότητα τους) σε παραλληλισμό με την καμπύλη της πρότυπης άμμου. Οι καμπύλες προέκυψαν από την ανάλυση με την χρήση 12 κοσκίων κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης από 63 μm έως 10 mm.



Σχήμα 70: Διάταξη και αποτελέσματα κοκκομετρικής διαβάθμισης των δειγμάτων.

Από την κατηγορία των υπόλευκων δειγμάτων μελετήθηκε το δείγμα Nb4er-4.



Σχήμα 71: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης Nb4er-4.

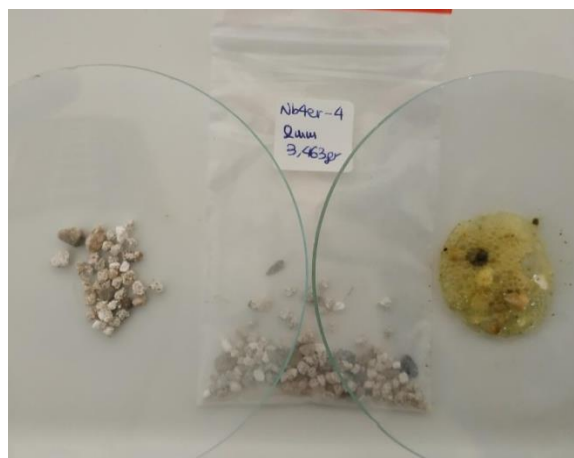
Το κονίαμα Nb4er-4 παρουσιάζει καλή κοκκομετρική διαβάθμιση σε σχέση με την πρότυπη άμμο. Έχει ελάχιστη ποσότητα χονδροκόκκων αδρανών (10 – 9 mm), μικρή ποσότητα μεσαίου μεγέθους αδρανών (4.75 - 4.5 mm) και μεγάλη ποσότητα λεπτόκοκκων. Η παιπάλη που συλλέχθηκε ήταν περίπου 6 gr και είχε υπόλευκο χρώμα. Για να διαπιστωθεί η ασβεστιτική φύση των αδρανών έγινε ελεγχόμενη επίδραση οξέος όπως φαίνεται στο Σχήμα 73. Ο αφρισμός των αδρανών λόγω του οξέος υποδηλώνει την έκκλιση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) λόγω της αντίδρασης του οξέος (HCl) με το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και την ύπαρξη μικρού υπολείμματος πυριτικής σύστασης.



Σχήμα 72: Κοκκομετρική διαβάθμιση δείγματος Nb4er-4.

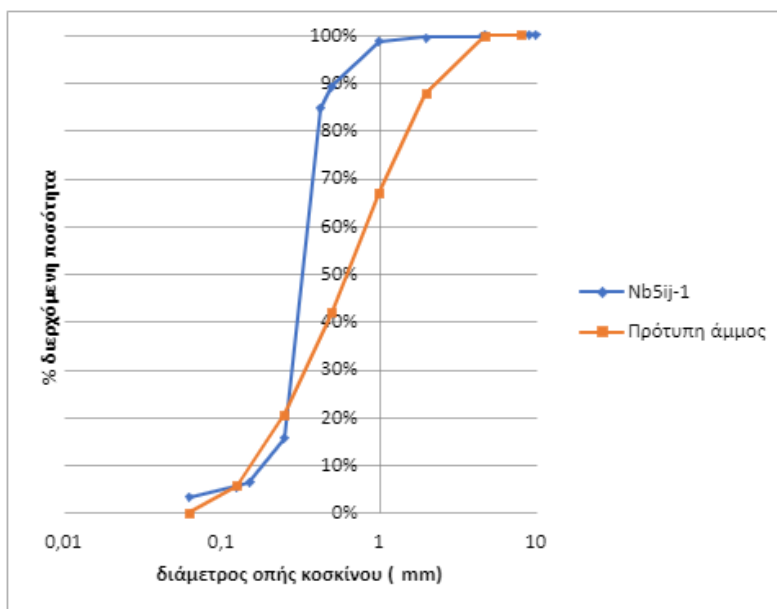
«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Σχήμα 73: Δοκιμή με οξύ στα αδρανή του δείγματος Nb4er-4.

Από την κατηγορία των φαιών δειγμάτων μελετήθηκε το δείγμα Nb5ij-1.



Σχήμα 74: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης κονιάματος Nb5ij-1.

Το κονίαμα Nb5ij-1 παρουσιάζει σχετικά καλή κοκκομετρική διαβάθμιση σε σχέση με την πρότυπη άμμο. Έχει μηδενική περιεκτικότητα σε χονδρόκοκκα αδρανή (10 - 9mm), μικρή σε μεσαίου μεγέθους αδρανή (4.75 - 4.5mm) και μεγάλη σε μικρού μεγέθους αδρανή (0.25 - 0.15mm). Η ποσότητα της παιπάλης που συλλέχθηκε ήταν περίπου 4 gr και το χρώμα αυτής φαιό (γκρίζο - σταχτί). Τα αδρανή έχουν κατά πλειοψηφία ελαφρώς στρόγγυλο σχήμα, ενώ

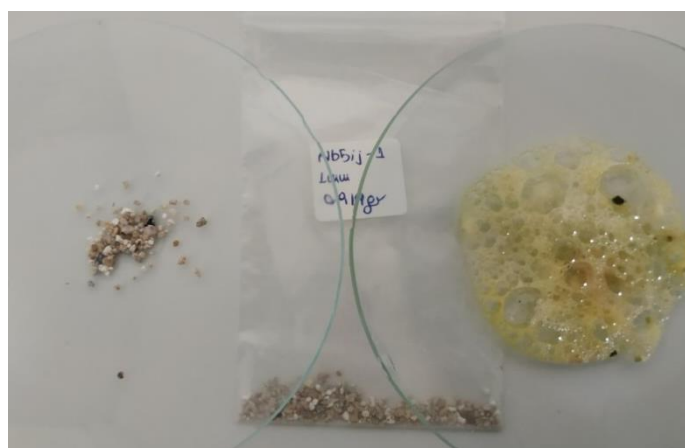
«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

συναντώνται αδρανή με διάμετρο μεγαλύτερη του 1 mm με σχήμα τριγωνικό και ελλειπτικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 75. Τα αδρανή του δείγματος Nb5ij-1 έχουν αντίστοιχο σχήμα και σύσταση με τα παραπάνω του δείγματος Nb4er-4.

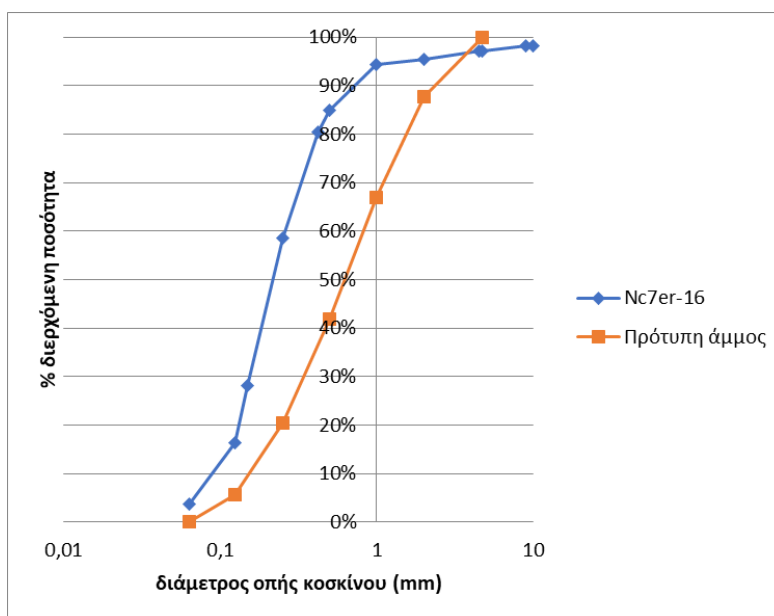


Σχήμα 75: Κοκκομετρική διαβάθμιση δείγματος Nb5ij-1.



Σχήμα 76: Δοκιμή με οξύ στα αδρανή του δείγματος Nb5ij-1

Από την κατηγορία των καστανών-ερυθρών δειγμάτων μελετήθηκε το δείγμα Nc7er-16.



Σχήμα 77: Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης Nc7er-16.

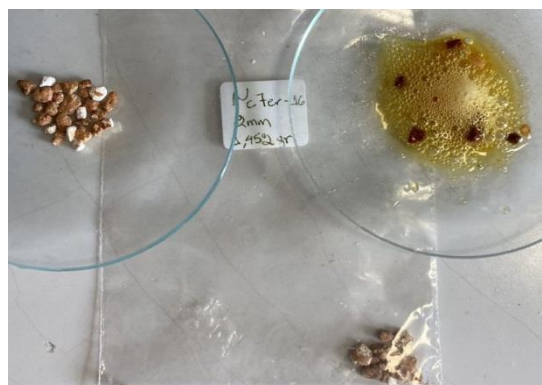
Το κονίαμα Nc7er-16 παρουσιάζει καλή κοκκομετρική διαβάθμιση σε σχέση με την πρότυπη άμμο. Έχει ελάχιστη ποσότητα χονδροκόκκων αδρανών (10 mm), μικρή ποσότητα μεσαίου μεγέθους αδρανών (4.75 - 4.5 mm) και μεγάλη σε μικρού μεγέθους αδρανή (0.25 - 0.15 mm). Η ποσότητα της παιπάλης που συλλέχθηκε ήταν περίπου 3 gr και το χρώμα αυτής καστανό – ερυθρό. Τα αδρανή έχουν ελαφρώς στρόγγυλο σχήμα, ενώ συναντώνται αδρανή με διάμετρο μεγαλύτερη του 1 mm με σχήμα τριγωνικό και ελλειπτικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 78.



Σχήμα 78: Κοκκομετρική διαβάθμιση δείγματος Nc7er-16.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

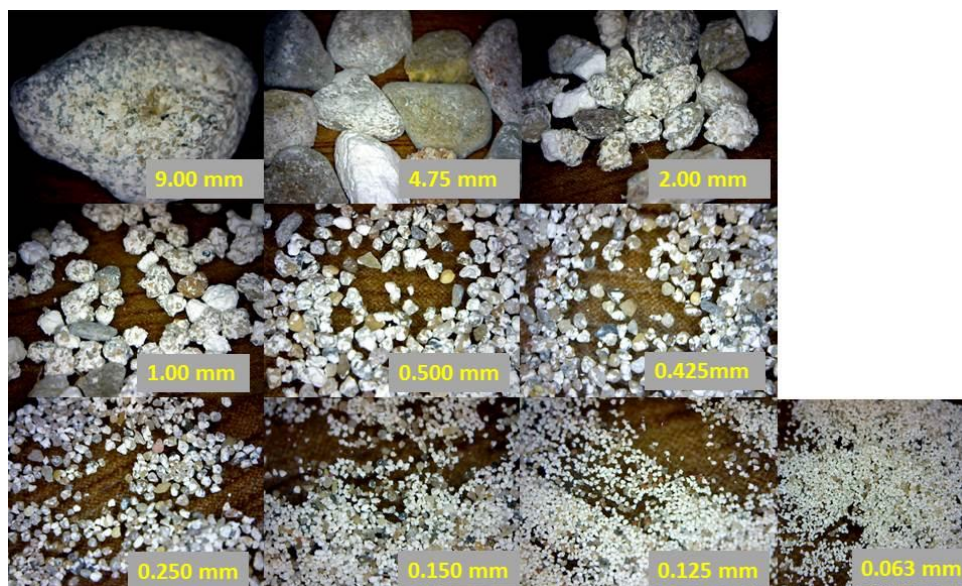


Σχήμα 79: Δοκιμή με οξύ στα αδρανή του δείγματος Nc7er-16.

3.3.2. Μικροσκοπική ανάλυση των κοκκομετρικών κλασμάτων

Στα παρακάτω Σχήματα παρουσιάζονται οι μικροσκοπικές λήψεις διαφορετικών κοκκομετρικών κλασμάτων των 3 επιλεγμένων δειγμάτων.

Το κονίαμα Nb4er-4 όπως προαναφέρθηκε έχει ελάχιστη ποσότητα χονδρόκοκκων αδρανών (9 mm), μικρή ποσότητα μεσαίου μεγέθους αδρανών (4.75 mm) και μεγάλη ποσότητα λεπτόκοκκων. Η παιπάλη που συλλέχθηκε ήταν περίπου 6 gr και είχε υπόλευκο χρώμα. Τα αδρανή του έχουν κατά πλειοψηφία ελαφρώς στρόγγυλο ή τριγωνικό σχήμα όπως φαίνεται στο Σχήμα 80, είναι ανοιχτού και σκούρου γκρι χρώματος και ορισμένα καστανού χρώματος.



Σχήμα 80: Μικροσκοπική λήψη διαφορετικών κοκκομετρικών κλασμάτων του δείγματος Nb4er-4.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

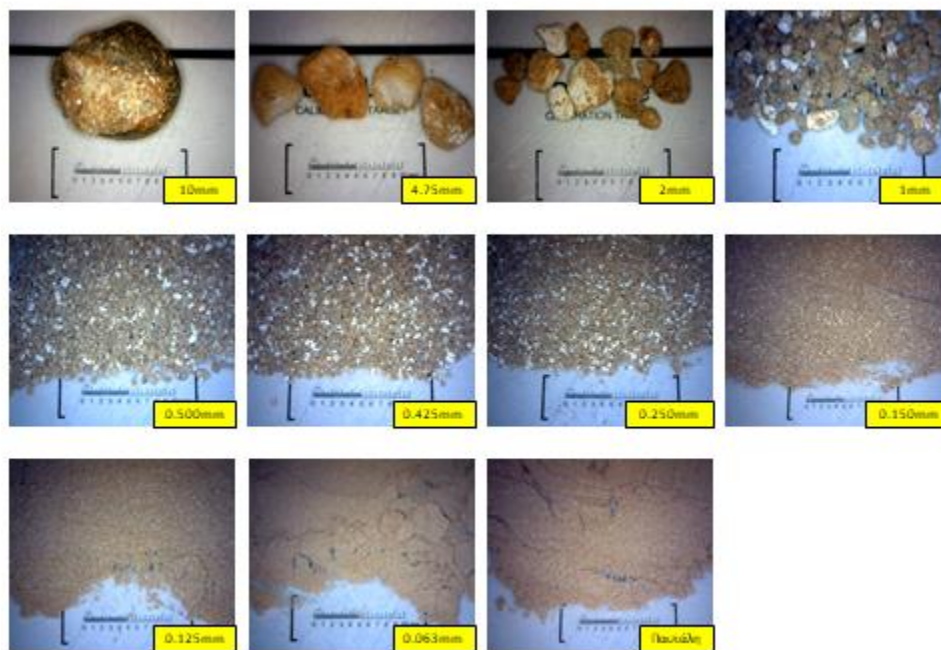
Αποτελέσματα και σχολιασμός

Το κονίαμα Nb5ij-1 έχει μηδενική περιεκτικότητα σε χονδρόκοκκα αδρανή (10 – 9 mm), μικρή σε μεσαίου μεγέθους αδρανή (4.75 - 4.5 mm) και μεγάλη σε μικρού μεγέθους αδρανή (0.25 - 0.15 mm). Η ποσότητα της παιπάλης που συλλέχθηκε ήταν περίπου 4 gr και το χρώμα αυτής φαιό (γκρίζο – σταχτί). Τα αδρανή έχουν κατά πλειοψηφία ελαφρώς στρόγγυλο σχήμα, ενώ συναντώνται αδρανή με διάμετρο μεγαλύτερη του 1 mm με σχήμα τριγωνικό και ελλειπτικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 81. Τα αδρανή του δείγματος Nb5ij-1 έχουν αντίστοιχο σχήμα και σύσταση με τα παραπάνω του δείγματος Nb4er- 4, όπως φαίνεται στο Σχήμα 82. Τα χρώματα των αδρανών του δείγματος Nb5ij-1 είναι γκρι και καστανά και λευκά.



Σχήμα 81: Μικροσκοπική λήψη διαφορετικών κοκκομετρικών κλασμάτων Nb5ij-1.

Το κονίαμα Nc7er-16 έχει ελάχιστη ποσότητα χονδρόκοκκων αδρανών (10 mm), μικρή ποσότητα μεσαίου μεγέθους αδρανών (4.75 mm) και μεγάλη σε μικρού μεγέθους αδρανή (0.25 - 0.15 mm). Η ποσότητα της παιπάλης που συλλέχθηκε ήταν περίπου 3 gr και το χρώμα αυτής καστανό – ερυθρό. Τα αδρανή έχουν ελαφρώς στρόγγυλο σχήμα, ενώ συναντώνται αδρανή με διάμετρο μεγαλύτερη του 1 mm με σχήμα τριγωνικό και ελλειπτικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 82. Το χρώμα των αδρανών του συγκεκριμένου δείγματος είναι γκρι, καστανά και λευκά.



Σχήμα 82: Μικροσκοπική λήψη διαφορετικών κοκκομετρικών κλασμάτων Nc7er-16.

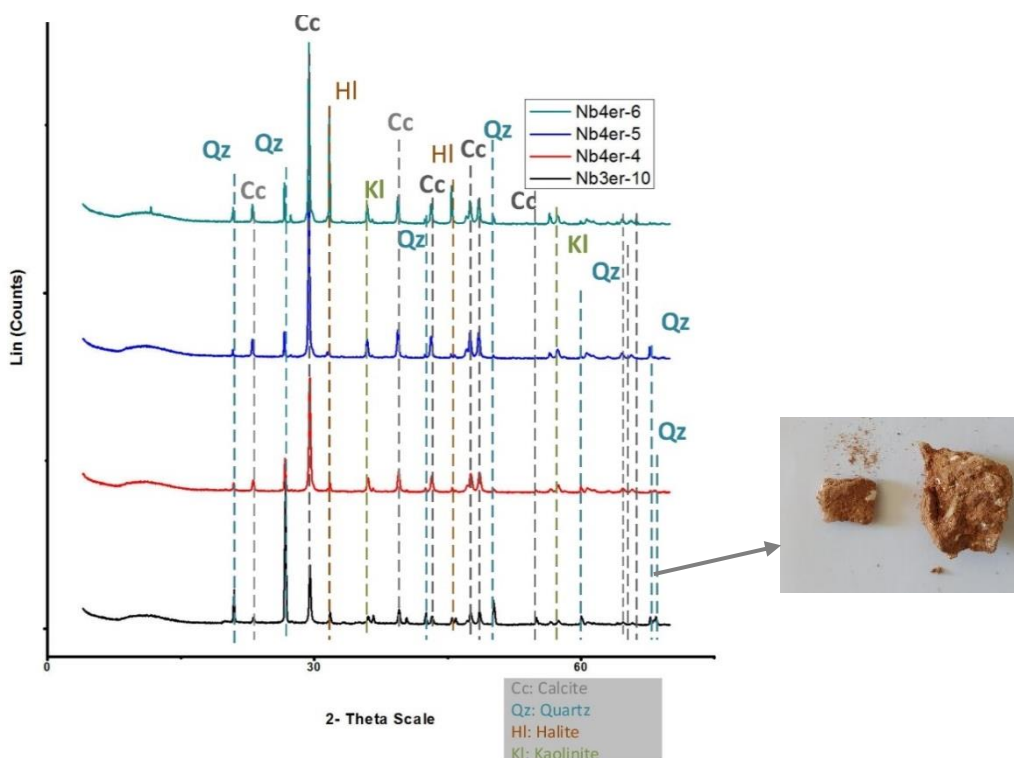
Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μικροσκοπική ανάλυση των κλασμάτων των δειγμάτων είναι σε συμφωνία με την μικροσκοπική ανάλυση του συμπαγούς αρχικού δείγματος. Η κοκκομετρική ανάλυση των κλασμάτων των δειγμάτων βοήθησε, ακόμη, στην αποσαφήνιση των παρατηρήσεων της συνολικής εικόνας του κάθε δείγματος. Δηλαδή στην χρωματική ανάλυση των αδρανών, στο μέγεθος των κόκκων και στη ποιότητα των αδρανών που δίνουν σημαντικές πληροφορίες για το εκάστοτε δείγμα. Επίσης συνετέλεσε στην απόκτηση σημαντικών πληροφοριών και για την χημική ανάλυση, αφού υπέδειξε ποια τμήματα από τα αδρανή χρήζουν διερευνήσεως.

3.4. Ορυκτολογική Ανάλυση XRD

Τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης XRD παρουσιάζονται στα σχήματα 83-86 ανά κατηγορία δείγματος: (α) κονιάματα αρμού, (β) κονιάματα δομής, (γ) επιχρίσματα και λίθοι.

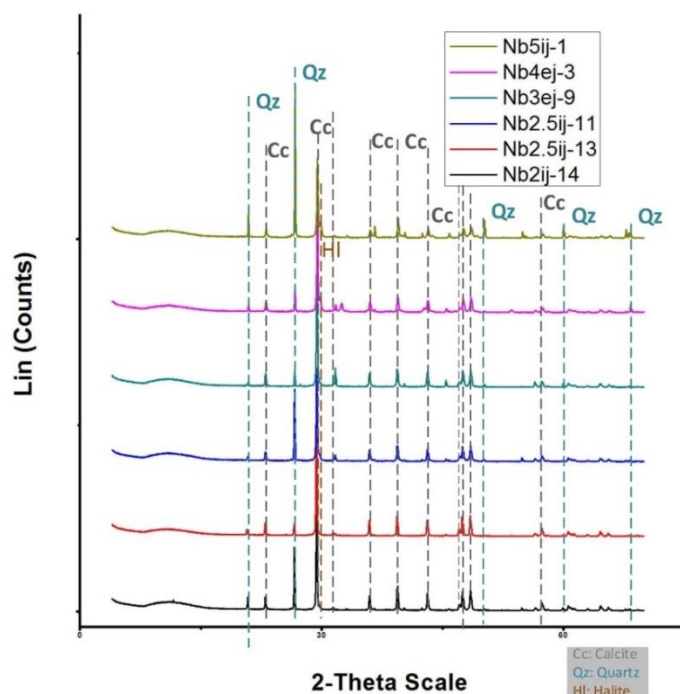
Κυρίαρχο ορυκτό στα κονιάματα δομής είναι ο ασβεστίτης (Calcite, Cc) και ακολούθως ο χαλαζίας (Quartz, Qz) (Σχήμα 83). Το δείγμα Nb3er-10, το οποίο όπως έχει αναφερθεί είναι οθωμανικής περιόδου, έχει μεγαλύτερα ποσοστά χαλαζία λόγω της τεχνολογίας που χρησιμοποιούσαν οι Οθωμανοί με την προσθήκη ικανής ποσότητας κεραμικού υλικού. Επιπλέον, εντοπίζεται σε μικρότερη έκταση Αλίτης (Hl), ο οποίος αποτελεί ορυκτό άλας (NaCl)

και η παρουσία του οφείλεται στα άλατα της θάλασσας. Λόγω της προσθήκης εδαφικού υλικού διαπιστώθηκε η ύπαρξη Καολινίτη (Kl).

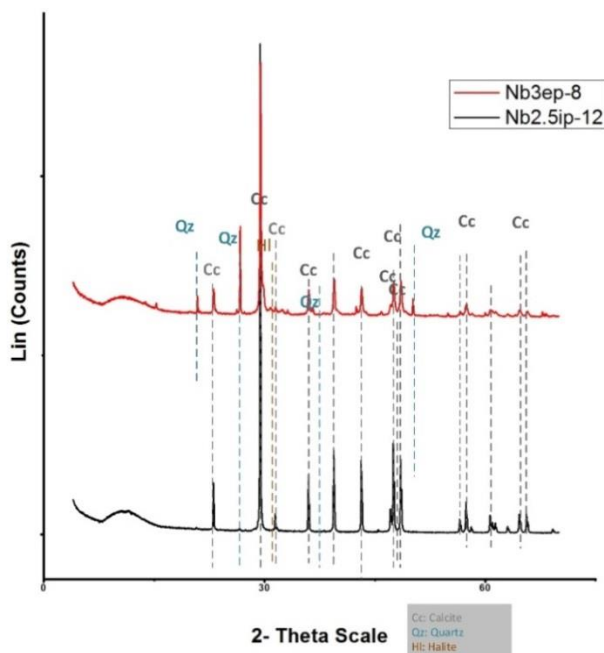


Σχήμα 83: Φάσματα XRD κονιαμάτων δομής Nb4er-6, Nb4er-5, Nb4er-4 και Nb3er-10.

Στα κονιάματα αρμών και τα επιχρίσματα (Σχήμα 84 Σχήμα 85) το κυρίαρχο ορυκτό και εδώ είναι ο ασβεστίτης (Calcite, Cc). Στα κονιάματα αρμών καθώς και στο επίχρισμα Nb3er-8 εντοπίζεται αξιόλογη ποσότητα χαλαζία (Quartz, Qz). Επιπλέον, εντοπίζεται σε μικρότερη έκταση Αλίτης (HI), λόγω των αλάτων από το θαλάσσιο περιβάλλον.



Σχήμα 84: Φάσματα XRD κονιαμάτων αρμών Nb5ij-1, Nb4ej-3, Nb3ej-9, Nb2.5ij-11, Nb2.5ij-13 και Nb2ij-14.



Σχήμα 85: Φάσματα XRD επιχρισμάτων Nb3ep-8 και Nb2.5ip-12.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

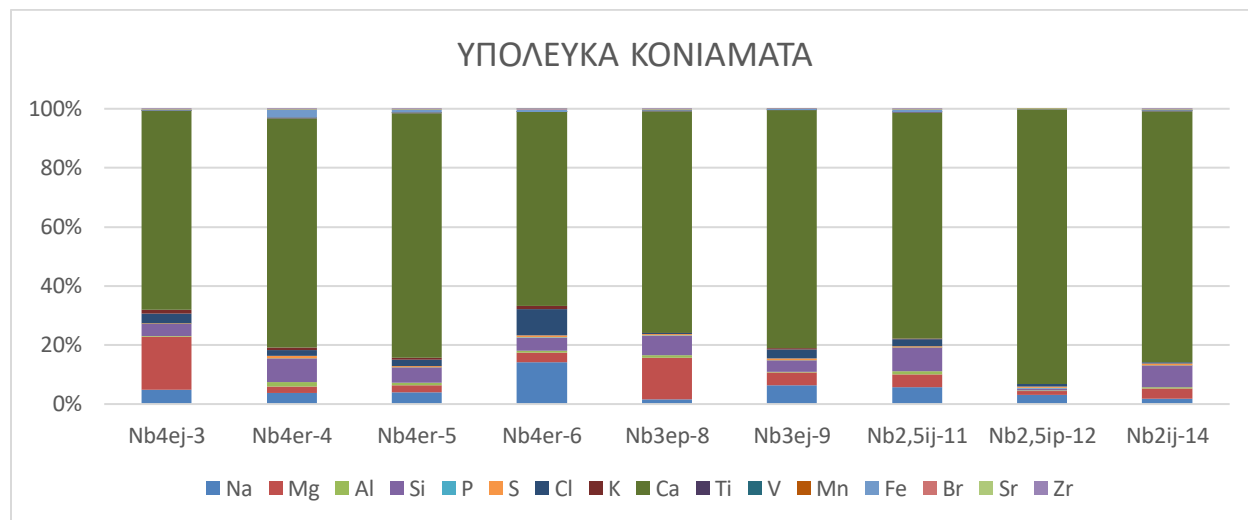
Αποτελέσματα και σχολιασμός



Αποτελέσματα και σχολιασμός

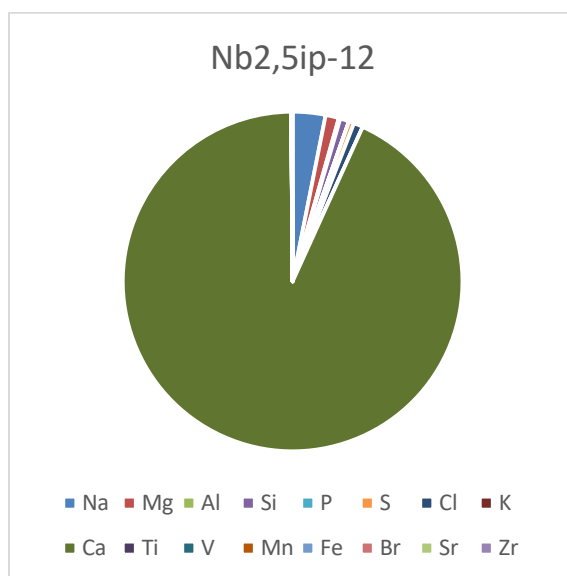


Στο Σχήμα 87 Σχήμα 88 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης όπως προέκυψαν για ορισμένα από τα δείγματα της κατηγορίας των υπόλευκων κονιαμάτων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μετά από αναγωγή αυτών στο % των κύριων στοιχείων που ανιχνεύτηκαν. Συγκεντρωτικοί Πίνακες με τα αποτελέσματα όλων των δειγμάτων χωρίς μαθηματική επεξεργασία παρατίθενται στο τέλος της ενότητας.



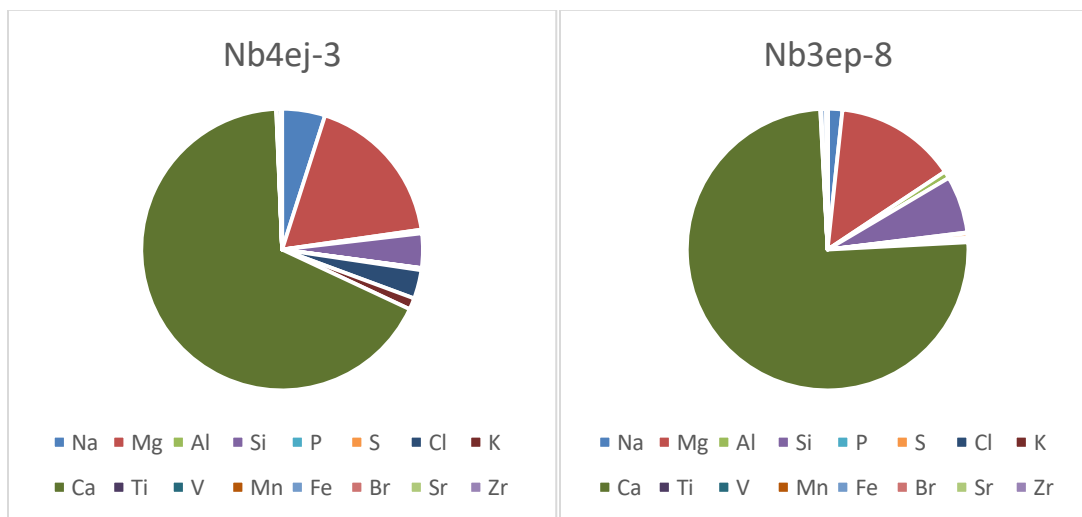
Σχήμα 87: Συγκεντρωτικό ραβδόγραμμα φθορισμομετρίας ακτίνων Χ υπόλευκων δειγμάτων.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι στα υπόλευκα κονιάματα κυριαρχεί το ασβέστιο σε όλα τα δείγματα, ενώ σε μικρότερα ποσοστά εντοπίζεται πυρίτιο, σίδηρος, μαγνήσιο, νάτριο και αργίλιο.



Σχήμα 88: Διάγραμμα πίτας XRF για το δείγμα Nb2,5ip-12.

Το δείγμα Nb2,5ip-12 έχει το μεγαλύτερο ποσοστό σε ασβέστιο από όλα τα δείγματα, συνεπώς μάλλον πρόκειται για καθαρά ασβεστιτικό κονίαμα. Ακόμη, εμφανίζει μικρή περιεκτικότητα σε νάτριο που εντοπίζεται σε θαλάσσια άλατα, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν την διάβρωση κονιαμάτων σε δομές όπως τα Νεώρια που βρίσκονται πολύ κοντά στη θάλασσα.



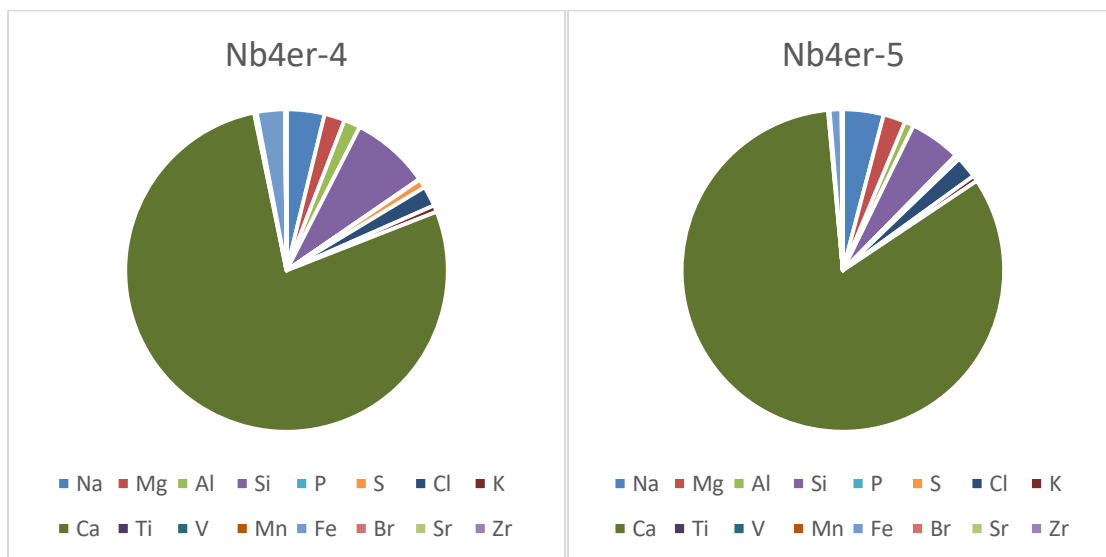
Σχήμα 89: Διαγράμματα πίτας XRF για τα δείγματα Nb4ej-3 και Nb3ep-8.

Στα δείγματα Nb4ej-3 και Nb3ep-8 το δεύτερο σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα στοιχείο είναι το μαγνήσιο, ενώ ακολουθούν το πυρίτιο και το νάτριο. Το μαγνήσιο και το πυρίτιο αποτελούν στοιχεία που απαντώνται τόσο στα υδραυλικά συστατικά των κονιαμάτων, όσο και στα αδρανή,

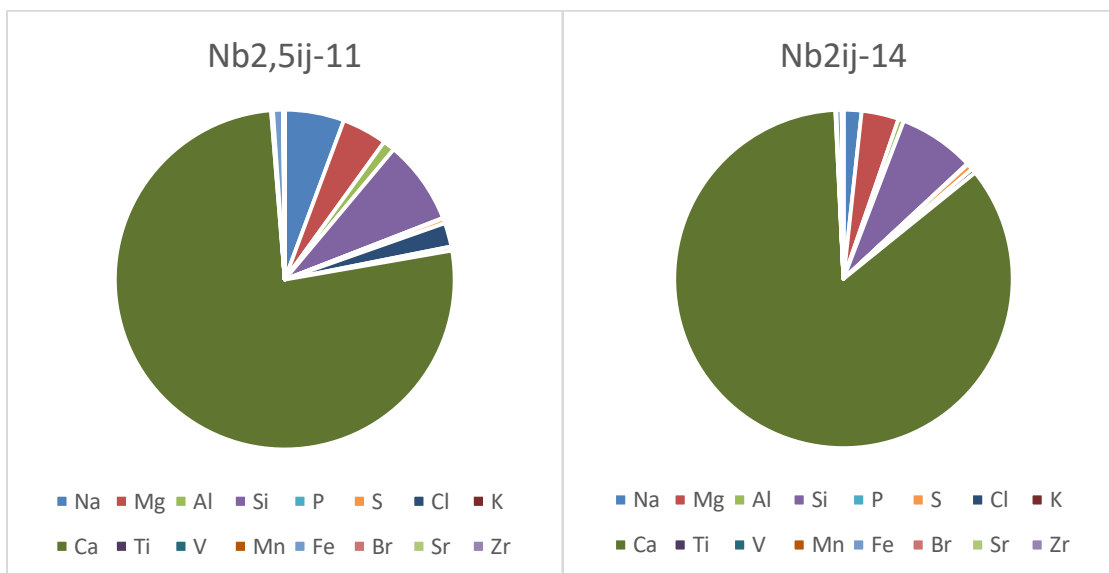
«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

εντοπίζονται δε και σε εντόπια ορυκτά. Το νάτριο καταδεικνύει την διάβρωση των κονιαμάτων από θαλάσσια άλατα εξαιτίας της παράκτιας θέσης τους.

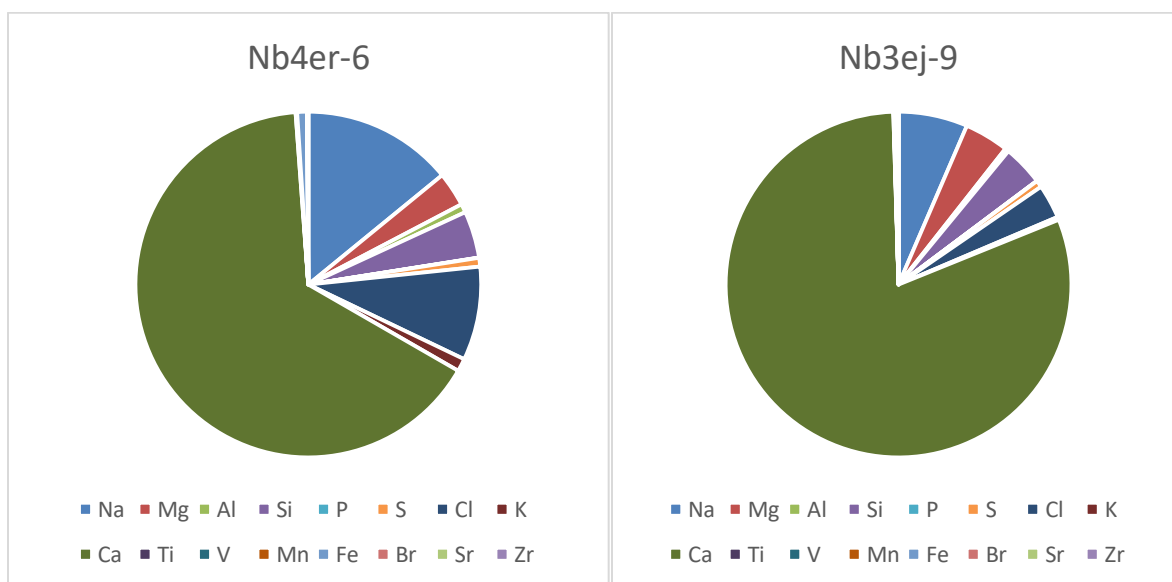


Σχήμα 90: Διαγράμματα πίτας XRF για τα δείγματα Nb4er-4 και Nb4er-5.



Σχήμα 91: Διαγράμματα πίτας XRF για τα δείγματα Nb2,5ij-11 και Nb2ij-14.

Στα δείγματα Nb4er-4, Nb4er-5, Nb2,5ij-11 και Nb2ij-14 κυρίαρχα στοιχεία είναι πέρα από το ασβέστιο, το πυρίτιο και το μαγνήσιο.

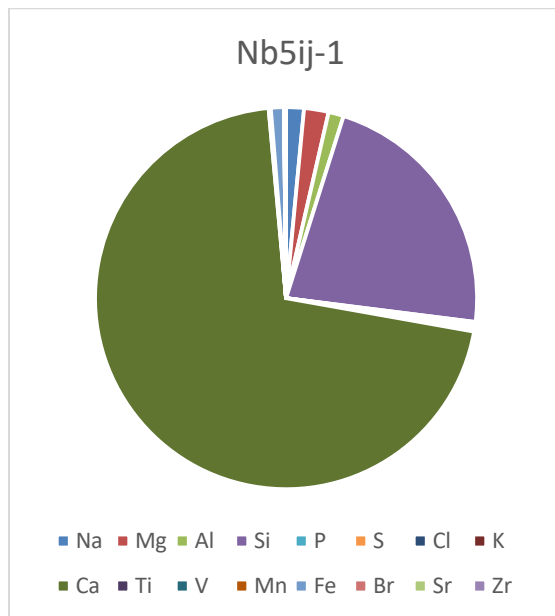


Σχήμα 92: Διαγράμματα πίτας XRF για τα δείγματα Nb4er-6 και Nb3ej-9.

Τα δείγματα Nb4er-6 και Nb3ej-9 εμφανίζουν μεγάλα ποσοστά ασβεστίου, νατρίου, χλωρίου ενώ ακολουθούν σε ποσοστό το μαγνήσιο και το αργίλιο. Πρόκειται, λοιπόν, για ελαφρώς υδραυλικά κονιάματα τα οποία έχουν υποστεί αρκετή διάβρωση από θαλάσσια άλατα. Τα δείγματα έχουν παρθεί από την εξωτερική πλευρά των Νεωρίων που είναι περισσότερο εκτεθειμένα στο διαβρωτικό παράκτιο περιβάλλον.



Από την κατηγορία των φαιών δειγμάτων μελετήθηκε το δείγμα Nb5ij-1.

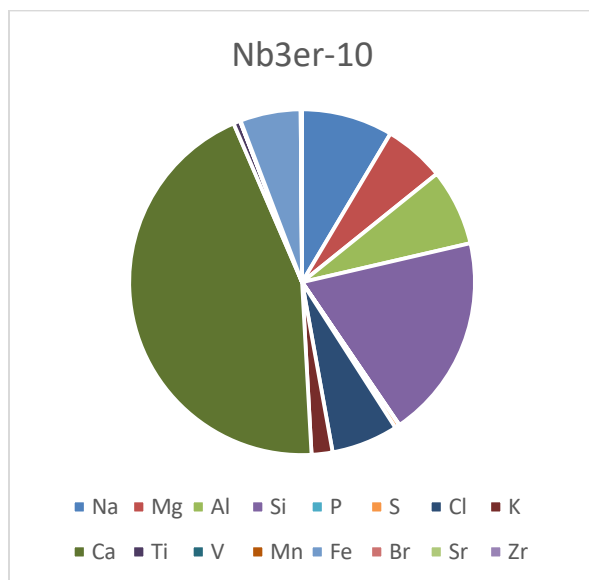


Σχήμα 93:Διάγραμμα πίτας για το δείγμα Nb5ij-1.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω γράφημα του Nb5ij-1, το κονίαμα εμφανίζει υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο ενώ ακολουθούν σε περιεκτικότητα το πυρίτιο, το μαγνήσιο και το αργίλιο. Σε σχέση με τα υπόλευκα δείγματα το ποσοστό σε πυρίτιο είναι μεγαλύτερο. Συνεπώς, είναι υδραυλικό ασβεστοτικό κονίαμα με αργιλοπυριτικά και μαγνησιακά αδρανή.



Από την κατηγορία των καστανών-ερυθρών δειγμάτων που περιέχουν κουρασάνι μελετήθηκε με φθορισμομετρία ενεργειακής διασποράς το δείγμα Nb3er-10.

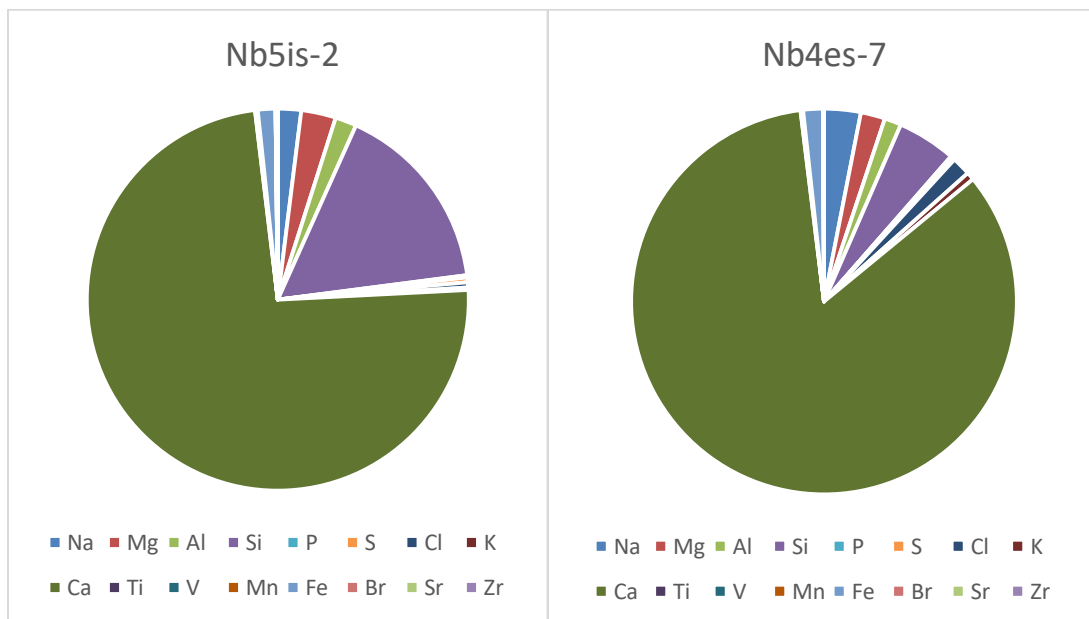


Σχήμα 94: Διάγραμμα πίτας XRF για το δείγμα Nb3er-10.

Το δείγμα Nb3er-10 αποτελείται σε μεγαλύτερο ποσοστό από ασβέστιο, περιέχει όμως και αξιοσημείωτα ποσοστά πυριτίου, αργιλίου και μαγνησίου αλλά και σιδήρου. Οι περιεκτικότητες του δείγματος στα προαναφερθέντα στοιχεία επιβεβαιώνουν πως πρόκειται για κουρασάνι, δηλαδή κονίαμα που πέρα από ασβεστίτη περιέχει σημαντική ποσότητα τεχνητών ποζολανικών συστατικών, όπως πικεραμάλευρο. Ακόμη, το δείγμα εμφανίζει ικανές συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου που αποδίδονται στη διάβρωση από θαλάσσια άλατα λόγω της παράκτιας θέσης του μνημείου.



Από τα δείγματα των λίθων μελετήθηκαν τα δείγματα Nb5is-2 και Nb4es-7.



Σχήμα 95: Διαγράμματα πίτας XRF των δειγμάτων Nb5is-2 και Nb4es-7.

Από τα παραπάνω γραφήματα, υποδεικνύεται ότι οι λίθοι περιέχουν ασβέστιο σε μεγαλύτερο ποσοστό και ακολουθούν σε περιεκτικότητα το πυρίτιο, το μαγνήσιο, το αργίλιο και το νάτριο. Πρόκεινται για ψαμμίτες που εντοπίζονται στα εντόπια πετρώματα και τα αποτελέσματα της ανάλυσης το επιβεβαιώνουν.



Πίνακας 2: Αναλυτικά αποτελέσματα XRF για την κατηγορία των υπόλευκων δειγμάτων.

ΥΠΟΛΕΥΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ																
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Br	Sr	Zr
Nb4ej-3	2,05	7,39	0,17	1,64	0,01	0,09	1,37	0,55	27,95	0,02	0,00	0,01	0,19	0,00	0,05	0,00
Nb4er-4	1,58	0,85	0,68	3,27	0,03	0,37	0,84	0,28	32,19	0,08	0,01	0,02	1,17	0,00	0,05	0,01
Nb4er-5	1,71	0,93	0,38	2,14	0,02	0,18	0,92	0,25	34,73	0,05	0,01	0,01	0,50	0,00	0,05	0,00
Nb4er-6	6,38	1,46	0,36	1,98	0,01	0,37	3,97	0,54	29,67	0,05	0,00	0,01	0,41	0,01	0,04	0,00
Nb3ep-8	0,67	5,55	0,33	2,61	0,04	0,19	0,17	0,03	29,78	0,03	0,00	0,01	0,23	0,00	0,05	0,00
Nb3ej-9	2,77	1,77	0,15	1,62	0,01	0,27	1,36	0,12	34,52	0,02	0,00	0,00	0,14	0,00	0,04	0,00
Nb2,5ij-11	2,43	1,85	0,49	3,44	0,03	0,20	0,97	0,17	32,85	0,06	0,01	0,01	0,41	0,01	0,05	0,01
Nb2,5ip-12	1,33	0,54	0,06	0,36	0,01	0,21	0,38	0,00	39,73	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
Nb2ij-14	0,71	1,46	0,22	2,99	0,03	0,24	0,18	0,00	35,00	0,02	0,00	0,01	0,21	0,00	0,06	0,00

Πίνακας 3: Αναλυτικά αποτελέσματα XRF για την κατηγορία των φαιών, καστανών-ερυθρών δειγμάτων και δειγμάτων λίθων αντίστοιχα.

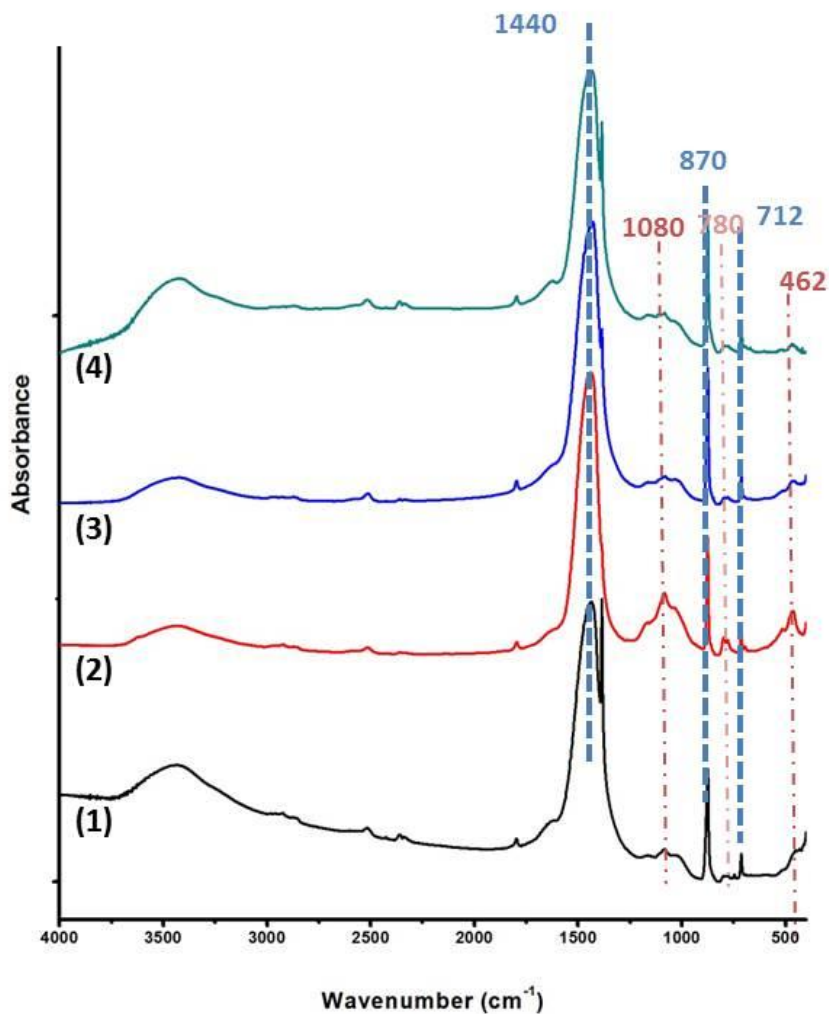
ΦΑΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ																
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Br	Sr	Zr
Nb5ij-1	0,60	0,83	0,51	8,84	0,06	0,12	0,09	0,05	28,27	0,05	0,01	0,02	0,44	0,00	0,06	0,00
Nb5is-2¹	0,74	1,10	0,68	6,07	0,07	0,15	0,16	0,08	27,62	0,06	0,01	0,02	0,56	0,00	0,07	0,00
ΚΑΣΤΑΝΑ-ΕΡΥΘΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ																
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Br	Sr	Zr
Nb3er-10	3,27	2,17	2,74	7,31	0,02	0,16	2,39	0,75	17,00	0,24	0,01	0,01	2,17	0,02	0,02	0,02
ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΙΘΩΝ																
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Br	Sr	Zr
Nb5is-2¹	0,74	1,10	0,68	6,07	0,07	0,15	0,16	0,08	27,62	0,06	0,01	0,02	0,56	0,00	0,07	0,00
Nb4es-7	1,32	0,88	0,60	2,11	0,03	0,13	0,67	0,28	36,00	0,06	0,01	0,03	0,71	0,00	0,03	0,00

¹ Έχει παρθεί δείγμα λίθου και κονιάματος.

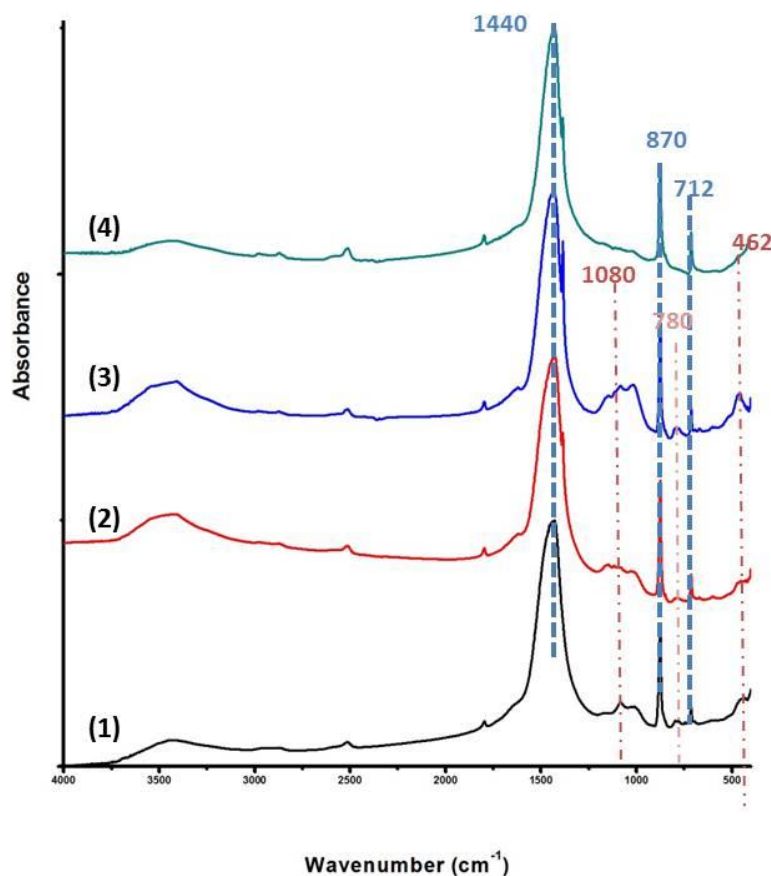
«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

3.5.2. Υπέρυθρη Φασματοσκοπική Ανάλυση (FTIR)

Τα φάσματα FTIR των κονιών καθώς και των αδρανών των δειγμάτων παρουσιάζονται παρακάτω ανά κατηγορία. Η ανάλυση αυτή μας έδωσε χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη σύσταση των κονιαμάτων, την περιεκτικότητά τους σε υδραυλικά συστατικά καθώς και τη σύσταση των αδρανών τους. Στα δείγματα που παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 96-98 έγινε προσπάθεια να εξαχθεί υλικό από την κονία χωρίς αδρανή, ενώ τα φάσματα των αδρανών ελήφθησαν από τα κλάσματα που προέκυψαν από την κοκκομετρική ανάλυση.



Σχήμα 96: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) των κονιών των δειγμάτων (1) Nb4ej-3, (2) Nb4er-4, (3) Nb4er-5, (4) Nb4er-6

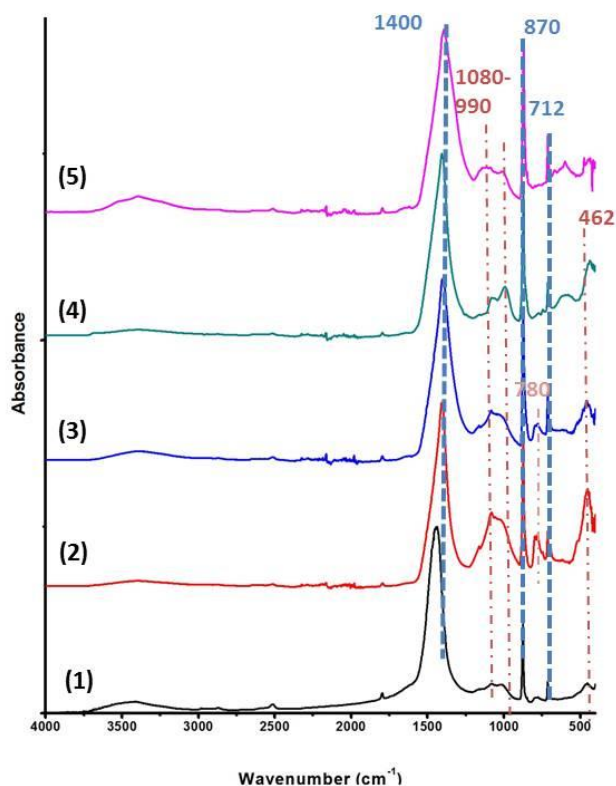


Σχήμα 97: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) των κονιών των δειγμάτων (1) Nb3ep-8, (2) Nb3ej-9, (3) Nb2.5ij-11, (4) Nb2.5ip-12

Πιο συγκεκριμένα, στα υπόλευκα δείγματα, στα Σχήμα 96 Σχήμα 97 Σχήμα 98 υπάρχουν οι κυρίαρχες κορυφές αποδίδονται στο ανθρακικό ασβέστιο (1440 , 870 και 712 cm^{-1}). Επιπλέον όλα τα δείγματα εκτός του Nb2.5ip-12, εμφανίζουν απορροφήσεις γύρω στα 1100 - 1030 , 780 και 460 cm^{-1} που σχετίζονται με δονήσεις δεσμών οξυγόνου πυριτίου (Si-O-Si και Si-O) [9,14]. Οι κορυφές γύρω στα 1000 cm^{-1} αποδίδονται σε υδραυλικά συστατικά και υποδηλώνουν ότι τα υπόλευκα δείγματα ταξινομούνται σε μετρίως έως ελαφρώς υδραυλικά. Η διπλή κορυφή του χαλαζία στα 780 cm^{-1} παρατηρείται στα δείγματα Nb4ej-3, Nb4er-4, Nb4er-5, Nb4er-6 Nb3ep-8, Nb3ej-9, Nb2.5ij-11, Nb2.5ij-14, Nc7er-15μ και Nb6er-19. Το δείγμα Nb2.5ip-12 είναι το μόνο καθαρά ασβεστιτικό κονίαμα. Επίσης, οι έντονες κορυφές στα 1385 cm^{-1} αποδίδονται σε δονήσεις δεσμού αζώτου οξυγόνου (N-O), από την παρουσία νιτρικών ιόντων και συγκεκριμένα του KNO_3 . Η παρουσία νιτρικών αλάτων συνδέεται με αγροτικές δραστηριότητες που μέσω αυτών διοχετεύονται στον υδροφόρο ορίζοντα. Μετά με τριχοειδή αναρρίχηση και ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις μεταφέρονται στην επιφάνεια και το εσωτερικό των κτιρίων.

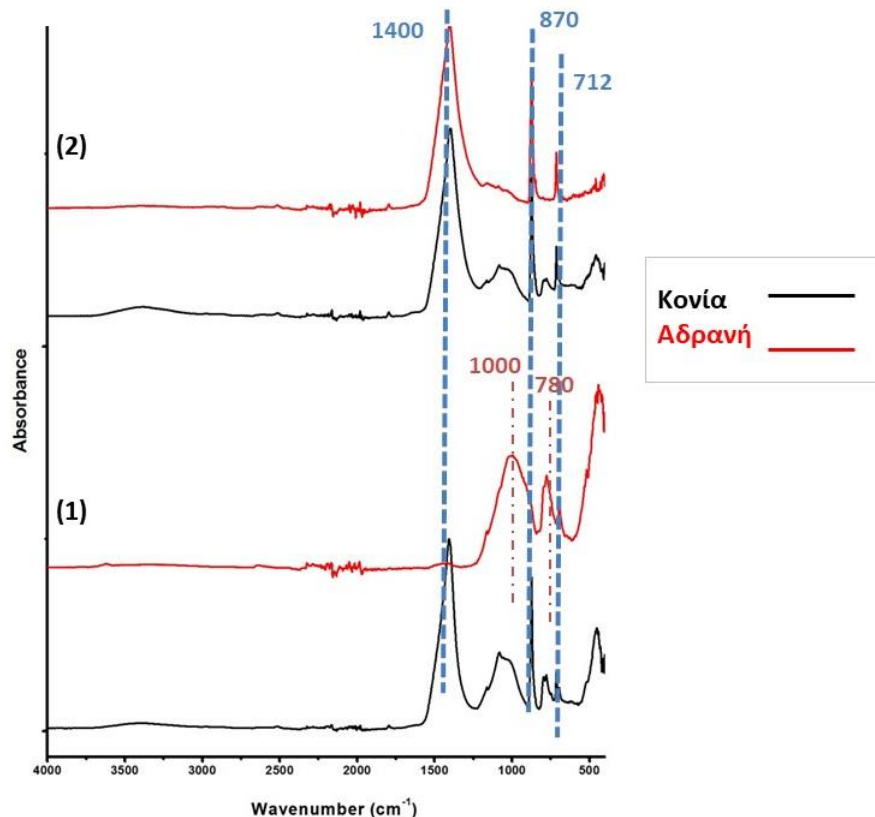
«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Σχήμα 98: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) των κονιών των δειγμάτων (1) Nb2.5ij-14, (2) Nc7er-15, (3) Nb6er-19, (4) Na1er-25, (5) Na1ej-27

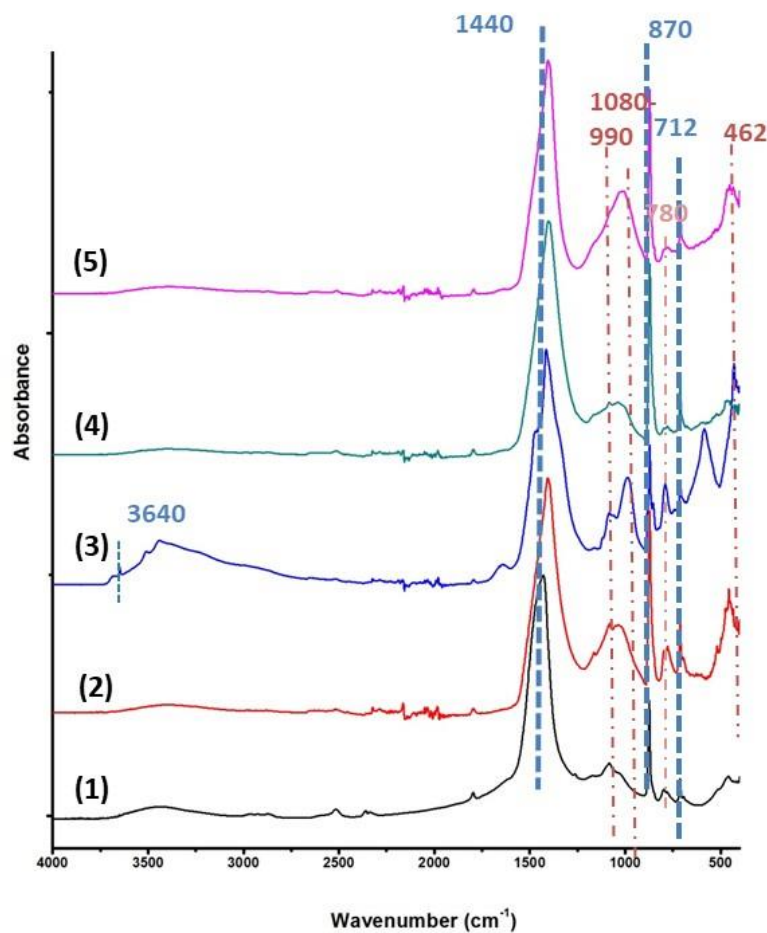
Τα αδρανή των υπόλευκων δειγμάτων ποικίλουν καθώς τα κλάσματα που μετρήθηκαν από τα 2 δείγματα Nc7er-15 και Nb6er-19 είναι χαλαζιακής και ασβεστιτικής σύστασης αντίστοιχα, όπως διαπιστώνεται και από τις κυρίαρχες κορυφές στο Σχήμα 99.



Σχήμα 99: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) της κονιάς (με μαύρο) και των αδρανών (με κόκκινο) των δειγμάτων (1) Nc7er-15, (2) Nb6er-19

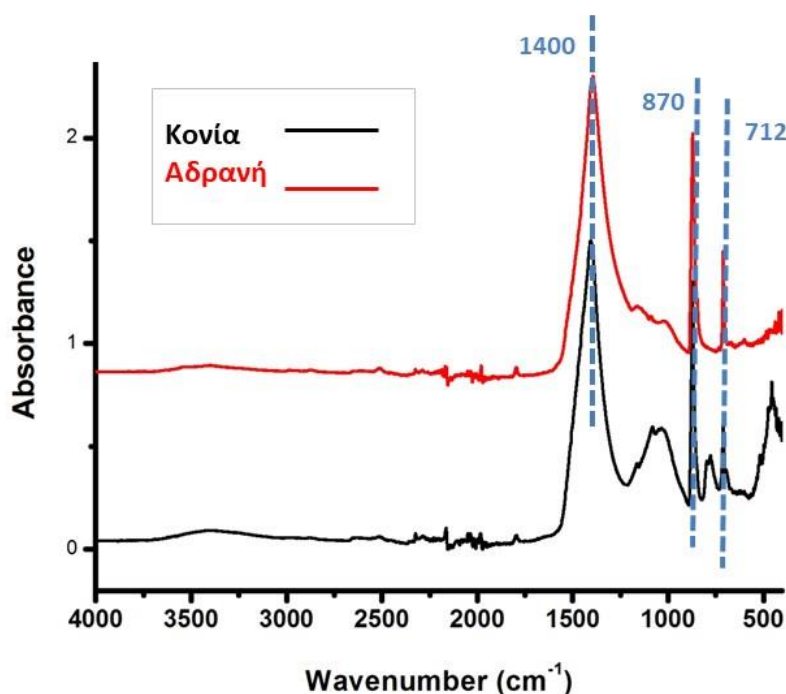
Τα φάσματα των φαιών δειγμάτων, στο Σχήμα 100, επίσης δεν παρουσιάζουν μεγάλη ομοιομορφία. Ταξινομούνται σε μετρίως έως αρκετά υδραυλικά, μιας και όλα εμφανίζουν απορροφήσεις γύρω στα 1000 cm^{-1} . Επίσης, η ελαφρά μετατόπιση προς τα 900 cm^{-1} είναι ενδεικτικό στοιχείο της χαρακτηριστικής κορυφής που εμφανίζει η υδραυλική άσβεστος.

Μια επίσης ξεχωριστή περίπτωση είναι αυτή του δείγματος Na1ej-24 (Σχήμα 100, φάσμα (3)), στο οποίο αρχικά εντοπίζεται μια μικρή απορρόφηση στα 3640 cm^{-1} που αποδίδεται στο υδροξύλιο του υδροξειδίου του μαγνησίου. Έπειτα η ασβεστιτική κορυφή στα 1400 cm^{-1} παρουσιάζει έναν «ώμο» προς τα 1440 cm^{-1} , ενώ καταγράφεται και απορρόφηση στα 950 cm^{-1} , διαπιστώσεις που συνδέονται με ύπαρξη υδρομαγνησίτη, προϊόν δολομιτικής ασβέστου, αλλά και υδραυλικών συστατικών¹⁵.



Σχήμα 100: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) των κονιών των δειγμάτων (1) Nb5ij-1, (2) Nb6er-18, (3) Na1ej-24, (4) Na1er-28, (5) Na1er-33-2.

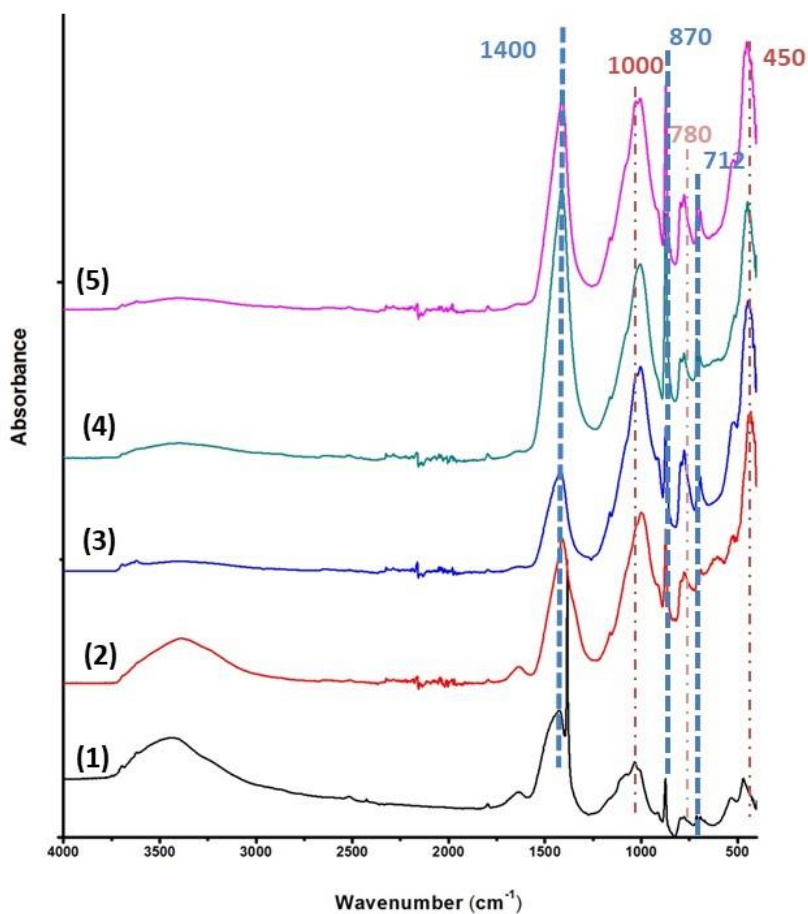
Αναλύθηκαν κλάσματα των αδρανών του δείγματος Nb6er-18 (Σχήμα 101) και όπως διαπιστώθηκε αυτά είναι ασβεστιτικής σύστασης, μιας και οι κυρίαρχες κορυφές εμφανίζονται στα 1400, 870 και 712 cm^{-1} .



Σχήμα 101: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) της κονιάς (με μαύρο) και των αδρανών (με κόκκινο) του δείγματος Nb6er-18

Τα φάσματα των καστανών-ερυθρών δειγμάτων, στο Σχήμα 102, εμφανίζουν μεγάλη ομοιομορφία. Εντοπίζονται μεγάλες απορροφήσεις που αποδίδονται τόσο στο ανθρακικό ασβέστιο ($1440, 870, 712 \text{ cm}^{-1}$) όσο και σε υδραυλικά συστατικά ($1000, 870, 450 \text{ cm}^{-1}$). Οι μεγάλες απορροφήσεις των αργιλοπυριτικών συστατικών συνδέονται με την ύπαρξη του κεραμικού υλικού. Επιπλέον, το δείγμα Nb3er-10, εμφανίζει μεγάλη ένταση στην κορυφή των νιτρικών.

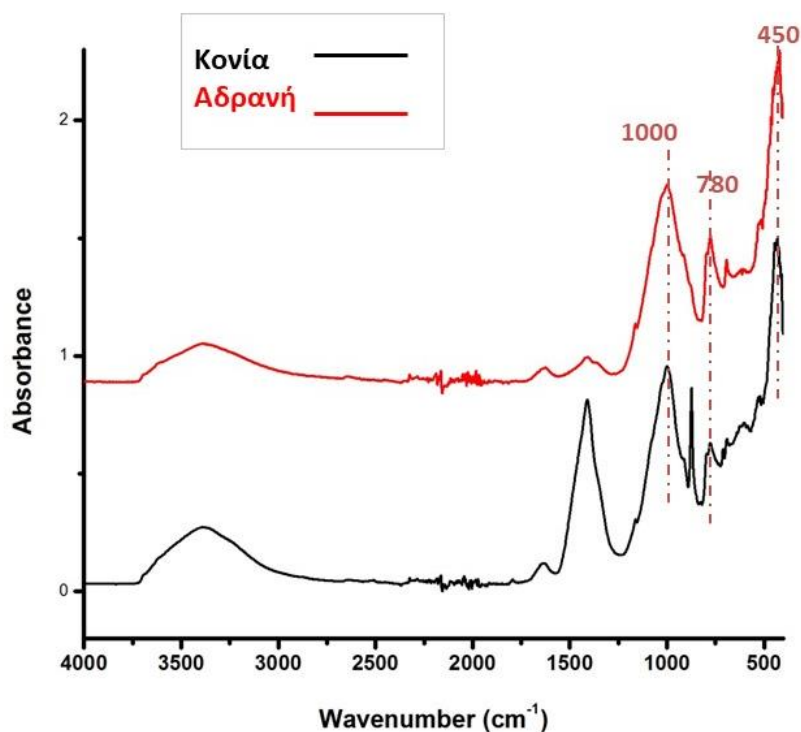
Τέλος, τα αδρανή του δείγματος Nc7er-16, έχουν χαλαζιακή σύσταση με κυρίαρχες απορροφήσεις στα $1000, 780$ και 450 cm^{-1} (Σχήμα 103).



Σχήμα 102: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) των κονιών των δειγμάτων (1) Nb3er-10, (2) Nc7er-16, (3) Na1.5ej-22, (4) Na1er-28, (5) Na1er-33-3

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Σχήμα 103: Υπέρυθρη φασματοσκοπική ανάλυση (FTIR) της κονιάς (με μαύρο) και των αδρανών (με κόκκινο) του δείγματος Nc7er-16

Συνοψίζοντας τις παραπάνω παρατηρήσεις, μπορούμε να καταλήξουμε σε έναν επιπλέον διαχωρισμό των δειγμάτων σε ασβεστοτικά, ελαφρώς, μετρίως και αρκετά υδραυλικά κονιάματα, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακας 4.

Πίνακας 4: Συνολικός χαρακτηρισμός δειγμάτων βάσει της ανάλυσης FTIR.

Κατηγορία	Χαρακτηρισμός	Δείγμα	Νεώριο
Υπόλευκα	Ασβεστοτικά	Nb3ej-9	3
"		Nb2.5ip-12	5
Φαιά	Ελαφρώς υδραυλικά	Nb5ij-1	5
Υπόλευκα		Nb4ej-3	4
"		Nb4er-5	4
"		Nb4er-6	4
"		Nb3ep-8	3
Φαιά		Na1er-28	1
Υπόλευκα	Μετρίως Υδραυλικά	Nb4er-4	4

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Καστανά-ερυθρά		Nb3er-10	3
Υπόλευκα		Nb2.5ij-11	2-3
"		Nb2ij-14	2
Φαιά		Nb6er-18	6
Υπόλευκα		Nb6er-19	6
"		Na1er-25	1
"		Na1ej-27	1
Υπόλευκα	Αρκετά υδραυλικά	Nc7er-15	7
Καστανά-ερυθρά		Nc7er-16	7
Καστανά-ερυθρά		Na1.5ej-22	1-2
Καστανά-ερυθρά		Nb5er-34	5
Καστανά-ερυθρά		Na1er-33-3	1
Φαιά		Na1ej-24	1
"		Na1er-33-2	1

3.5.3. Προσδιορισμός Ανθρακικού Ασβεστίου

Με την βοήθεια ασβεστόμετρου Bernard και με την χρήση των στοιχειομετρικών δεδομένων που προκύπτουν από την εξίσωση της Ενότητας 2.4 υπολογίστηκαν οι επί τοις εκατό περιεκτικότητες σε ανθρακικό ασβέστιο και ασβέστιο για ορισμένα από τα δείγματα των Νεωρίων.

Πίνακας 5: Ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου και ασβεστίου υπόλευκων δειγμάτων.

ΥΠΟΛΕΥΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ		
	%CaCO ₃	%Ca
Nb4ej-3	64,72 $\pm 3,45$	25,89 $\pm 1,38$
Nb4er-4	65,47 $\pm 2,39$	26,19 $\pm 0,96$
Nb4er-5	82,75 $\pm 0,76$	33,10 $\pm 0,03$
Nb4er-6	84,76 $\pm 6,03$	33,90 $\pm 0,09$
Nb3ep-8	74,77 $\pm 2,34$	29,91 $\pm 0,08$
Nb3ej-9	69,14 $\pm 18,14$	27,65 $\pm 2,28$
Nb2,5ij-11	71,98 $\pm 7,65$	28,79 $\pm 0,09$

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Nb2,5ip-12	90,64 $\pm 4,35$	36,39 $\pm 2,20$
Nb2ij-14	86,52 $\pm 4,87$	34,61 $\pm 0,08$
Nc7er-15	68,41 $\pm 4,95$	23,51 $\pm 3,90$
Nb6er-19	74,98 $\pm 3,55$	28,22 $\pm 1,47$
Na1er-25	61,58 $\pm 11,89$	20,41 $\pm 11,33$
Na1ej-27	67,63 $\pm 0,23$	28,32 $\pm 2,65$

Τα υπόλευκα δείγματα παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές μεγάλα ποσοστά ανθρακικού ασβεστίου από 62% έως 91%. Μάλιστα, τα ποσοστά αυτά συνάδουν με τα ποσοστά ασβεστίου που προέκυψαν για τα ίδια δείγματα με την αναλυτική μέθοδο της φθορισμομετρίας ενεργειακής διασποράς. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως τα επιχρίσματα και τα κονιάματα είναι κυρίως ασβεστιτικά.

Πιο συγκεκριμένα, το δείγμα Nb2,5ip-12 εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό σε ανθρακικό ασβέστιο και συνεπώς, όπως έδειξαν και τα φάσματα απορρόφησης υπέρυθρης φασματοσκοπίας, αλλά και η ανάλυση της φθορισμομετρίας, μπορεί να υποτεθεί ότι τόσο η κονία όσο και τα αδρανή που το απαρτίζουν είναι ασβεστιτικά. Αντίστοιχα, το ίδιο μπορεί να υποτεθεί για τα δείγματα Nb4er-5,6 και το δείγμα Nb2ij_14.

Τα υπόλοιπα δείγματα, που παρουσιάζουν μικρότερο ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου, πιθανώς απαρτίζονται πέρα από ασβεστίτη και από άλλες ανθρακικές ή αργιλοπυριτικές ενώσεις, καθώς και εδαφικό υλικό της περιοχής.

Πίνακας 6: Ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου και ασβεστίου φαιών δειγμάτων.

ΦΑΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ		
	%CaCO ₃	%Ca
Nb5ij-1	60,31 $\pm 6,20$	24,80 $\pm 1,76$
Nb6er-18	43,04 $\pm 3,46$	17,21 $\pm 1,39$
Na1ej-24	36,01 $\pm 8,02$	16,95 $\pm 3,80$
Na1er-28	38,76 $\pm 2,04$	17,73 $\pm 4,32$

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Στην κατηγορία των *φαιών* δειγμάτων η περιεκτικότητα ανθρακικού ασβεστίου αυτών είναι εμφανώς μικρότερη από εκείνη των υπόλευκων δειγμάτων. Όπως είναι αναμενόμενο, λοιπόν, πρόκεινται για υδραυλικά κονιάματα που περιέχουν πιθανά ποζολάνες και εδαφικό υλικό.

Μια ακόμη ένδειξη της παρουσίας υδραυλικών συστατικών στα κονιάματα αποτελεί και η διαφοροποίηση των ποσοστών ασβεστίου που προσδιορίζονται με την μέθοδο της ασβεστομετρίας και της φθορισμομετρίας ενεργειακής διασποράς ακτίνων Χ. Το ποσοστό του ασβεστίου που προσδιορίστηκε με το ασβεστόμετρο είναι ελαφρώς μικρότερο σε σχέση με αυτό της φθορισμομετρίας στο δείγμα Nb5ij-1, επομένως αποτελούν ένδειξη ότι σε αυτό πιθανώς περιέχονται ενώσεις ασβεστίου που δεν αντιστοιχούν σε ανθρακικό ασβέστιο αλλά σε υδραυλικές ενώσεις αυτού.

Πίνακας 7: Ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου και ασβεστίου ερυθρών δειγμάτων.

ΚΑΣΤΑΝΑ – ΕΡΥΘΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ		
	%CaCO ₃	%Ca
Nb3er-10	47,74 $\pm 7,77$	19,10 $\pm 1,76$
Nc7er-16	40,17 $\pm 0,56$	17,88 $\pm 3,14$
Na1.5ej-22	53,7 $\pm 3,68$	21,48 $\pm 1,47$
Na1ep-26	41,36 $\pm 5,69$	16,55 $\pm 1,01$

Τα *ερυθρά* δείγματα με κουρασάνι εμφανίζουν περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 54%. Επιβεβαιώνεται, έτσι ότι τα κονιάματα αυτά περιέχουν ένα σημαντικό ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου, αλλά και πληθώρα συστατικών που συμβάλουν στην υδραυλικότητα του κονιάματος, όπως τρίμματα ψημένων κεραμικών ¹⁶.

Πίνακας 8: Ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου και ασβεστίου λίθων.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΙΘΩΝ		
	%CaCO ₃	%Ca
Nb5es-2	48,97 $\pm 7,08$	19,59 $\pm 2,83$
Nb4es-7	66,67 $\pm 6,49$	26,67 $\pm 2,57$

Τα δείγματα των λίθων εμφανίζουν ποσοστό ασβεστίου που αντιστοιχεί βιβλιογραφικά σε δείγματα ψαμμιτών.

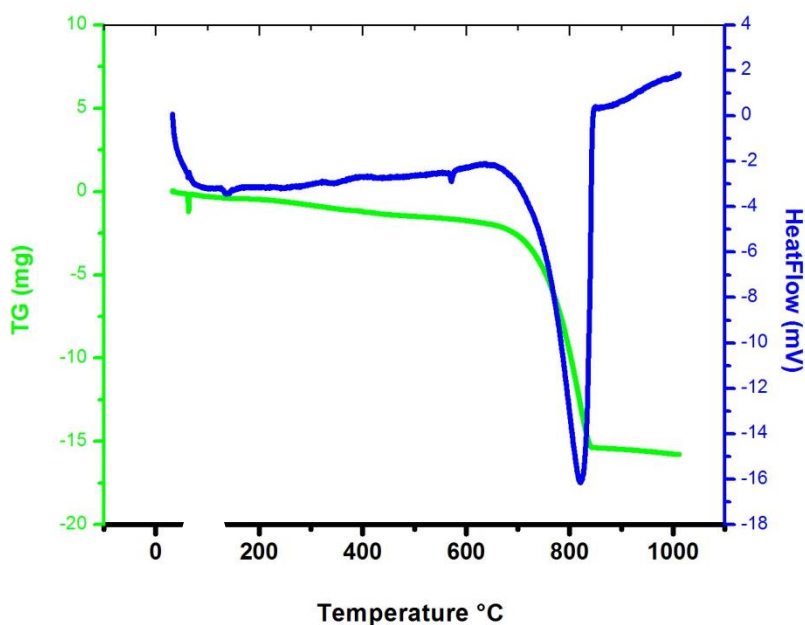
«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»



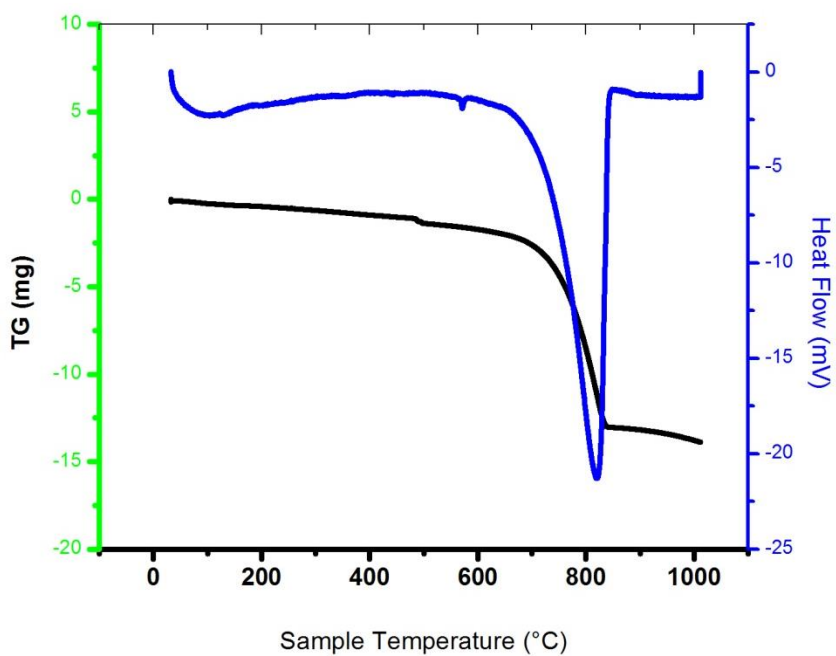
3.5.4. Θερμική Ανάλυση DTA/TG

Στα Σχήμα 104, Σχήμα 105 Σχήμα 106 παρουσιάζονται οι θερμικές αναλύσεις κονιαμάτων Nb4er-4, του Nb6er-18 και Nc7er-16, αντίστοιχα. Η μπλε καμπύλη εκφράζει τη μεταβολή της ενθαλπίας του δείγματος, ενώ η πράσινη καμπύλη που είναι η θερμοσταθμική TG εκφράζει την απώλεια μάζας συναρτήσει της θερμοκρασίας. Σχετικά με τις ενδόθερμες αντιδράσεις που συναντάμε στη καμπύλη DTA, μπορούμε να σημειώσουμε να εξής:

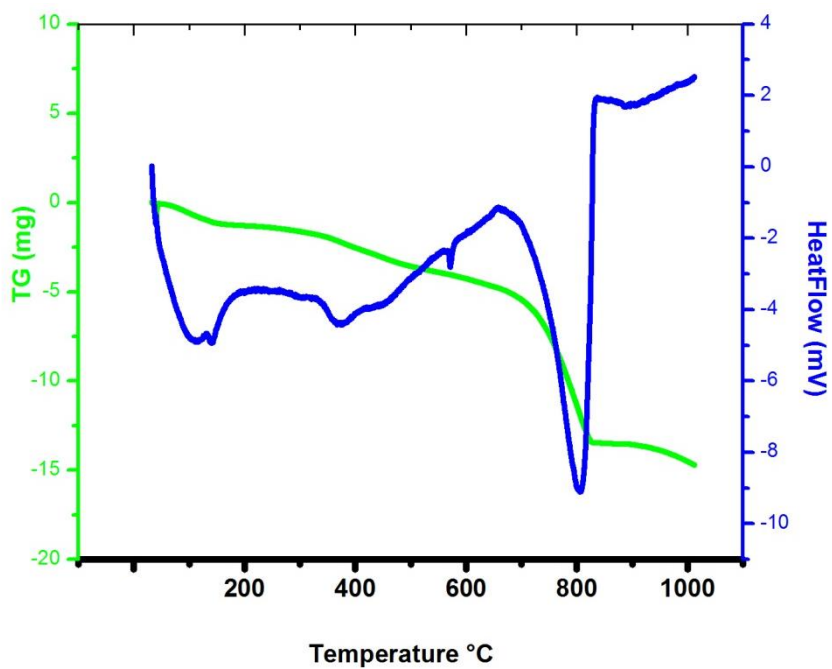
- Η ενδόθερμη αντίδραση μεταξύ 600-900°C αφορά τη διάσπαση του ανθρακικού ασβεστίου (Cc).
- Η ενδόθερμη αντίδραση με την αντίστοιχη απώλεια μάζας γύρω στους 100 °C, εκφράζει την αφυδάτωση της υγρασίας που υπάρχει στο δείγμα.
- Η ενδόθερμη αντίδραση με την αντίστοιχη απώλεια μάζας γύρω στους 400 °C εκφράζει την αφυδροξυλίωση υδραυλικών συστατικών [9,17].



Σχήμα 104: Θερμική ανάλυση του δείγματος Nb4er-4.



Σχήμα 105: Θερμική ανάλυση δείγματος Nb6er-18.



Σχήμα 106: Θερμική ανάλυση δείγματος Nc7er-16.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Όπως παρατηρείται, τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης είναι σε αντιστοιχία με τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παραπάνω, όπου τα δείγματα Nb4er-4 και Nb6er-18 έχουν μεγάλο ποσοστό ασβεστίου, ενώ το δείγμα Nc7er-16 έχει αργιλοπυριτικά συστατικά λόγω της προσθήκης κουρασάνι αλλά και εδαφικού υλικού. Υπολογίζοντας τις απώλειες μάζας κατά την ενδόθερμη αντίδραση μεταξύ 600-900°C (AM), μπορεί να εξαχθεί το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου (Cc) από τον τύπο:

$$Cc: AM \times \frac{MB (CaCO_3)}{M.B (CO_2)}$$

όπου: MB είναι το μοριακό βάρος

Με το πέρας του πειράματος, τα υπολείμματα του δείγματος αποτελούνται από το οξείδιο του ασβεστίου (CaO), από το διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂) και ενώσεις του αργιλίου (Al) και σε μικρότερο ποσοστό από άλλα οξείδια μετάλλων που μπορεί να υπάρχουν όπως μαγνήσιο, σίδηρος, νάτριο, χλώριο κτλ. Επομένως μπορούμε να εξαγάγουμε έναν κατά προσέγγιση ποσοτικό προσδιορισμό του στερεού υπολείμματος (ΣΥ) μέσω του τύπου:

$$ΣΥ (%): 100 \times (ΣΒ - ΣΑ - AM \times \frac{MB (CaO)}{M.B (CO_2)}) / ΣΒ$$

Όπου:

ΣΒ: Η συνολική μάζα του δείγματος

ΣΑ: Η συνολική απώλεια μάζας κατά το πείραμα

Πίνακας 9: Ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου όπως προκύπτει από τη θερμική ανάλυση

Κατηγορία	Δείγμα	Ανθρακικό ασβέστιο (%)	Στερεό υπόλειμμα (%)
Υπόλευκα	Nb4er-4	65.51	30.82
Φαιά	Nb6er-18	60.02	34.59
Καστανά	Nc7er-16	29.71	56.76

3.5.5. Προσδιορισμός ευδιάλυτων αλάτων

Με τη χρήση αγωγιμόμετρου ακολουθώντας την διαδικασία που περιεγράφηκε παραπάνω, προσδιορίστηκε η αγωγιμότητα των δειγμάτων. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος είναι ανάλογη του ποσοστού των ευδιάλυτων αλάτων που συναντώνται στο δείγμα. Τα ευδιάλυτα άλατα μαζί με το νερό αποτελούν έναν από τους κυριότερους παράγοντες φθοράς των μνημείων. Θειικά, ανθρακικά, χλωριούχα και νιτρικά άλατα μπορεί να παγιδευτούν στο εσωτερικό των δομικών

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



υλικών του μνημείου και μέσω της κρυστάλλωσης και της ανακρυστάλλωσης τους να προκαλέσουν εκτεταμένη φθορά, λόγω μεταβολής όγκου και εξάσκησης πιέσεων στους πόρους [18, 19]. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερη η αγωγιμότητα του δείγματος τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα φθοράς του εξαιτίας εκτεταμένης ύπαρξης ευδιάλυτων αλάτων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακας 10 Πίνακας 11 Πίνακας 12 Πίνακας 13 ανά κατηγορία δειγμάτων. Η περιεκτικότητα σε άλατα (TDS) υπολογίζεται από τον τύπο ²⁰:

$$TDS (mg/L) = 0.068 * ES (\mu S/cm)$$

Πίνακας 10: Αγωγιμότητα υπόλευκων δειγμάτων

Δείγμα	Αγωγιμότητα δ/τος ($\mu S/cm$)	αγωγιμότητα υλικού ($\mu S \cdot cm^{-1} \cdot mg^{-1}$)	Περιεκτικότητα αλάτων (%)
Nb4ej-3	126.7	115.96	7.89
Nb4er-4	69.75	57.21	3.89
Nb4er-5	68.9	65.86	4.48
Nb4er-6	319.00	308.02	20.95
Nb3ep-8	70.55	69.07	4.7
Nb3ej-9	141.8	139.72	9.5
Nb2.5ij-11	88.45	80.29	5.46
Nb2.5ip-12	54.45	49.22	3.35
Nc7er-15	71.40	54.70	3.72
Nb6er-19	151.4	138.20	9.4
Na1er-25	58.00	37.50	2.55
Na1ej-27	189.1	173.96	11.83
Μέση αγωγιμότητα/ άλατα		107.47	5.32

Πίνακας 11: Αγωγιμότητα φαιών δειγμάτων

Δείγμα	Αγωγιμότητα δ/τος ($\mu S/cm$)	αγωγιμότητα υλικού ($\mu S \cdot cm^{-1} \cdot mg^{-1}$)	Περιεκτικότητα αλάτων (%)
Nb5ij-1	38.25	29.16	1.98
Nb6er-18	61.30	47.69	3.24
Na1ej-24	204.00	190.44	12.95
Na1er-28	41.30	26.04	1.77
Μέση αγωγιμότητα/ άλατα		73.33	4.99

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Πίνακας 12: Αγωγιμότητα καστανών-ερυθρών δειγμάτων

Δείγμα	Αγωγιμότητα δ/τος ($\mu S/cm$)	αγωγιμότητα υλικού ($\mu S \cdot cm^{-1} \cdot mg^{-1}$)	Περιεκτικότητα αλάτων (%)
Nb3er-10	133.30	138.25	9.40
Nc7er-16	195.80	179.54	12.21
Na1.5ej-22	43.50	29.31	1.99
Na1ep-26	50.40	36.65	2.49
Μέση αγωγιμότητα/ άλατα		95.94	6.52

Πίνακας 13: Αγωγιμότητα λίθων

Δείγμα	Αγωγιμότητα δ/τος ($\mu S/cm$)	αγωγιμότητα υλικού ($\mu S \cdot cm^{-1} \cdot mg^{-1}$)	Περιεκτικότητα αλάτων (%)
Nb5is-2	35.30	31.91	2.17
Nb4es-7	43.15	34.22	2.33
Μέση αγωγιμότητα/ άλατα		33.07	2.25

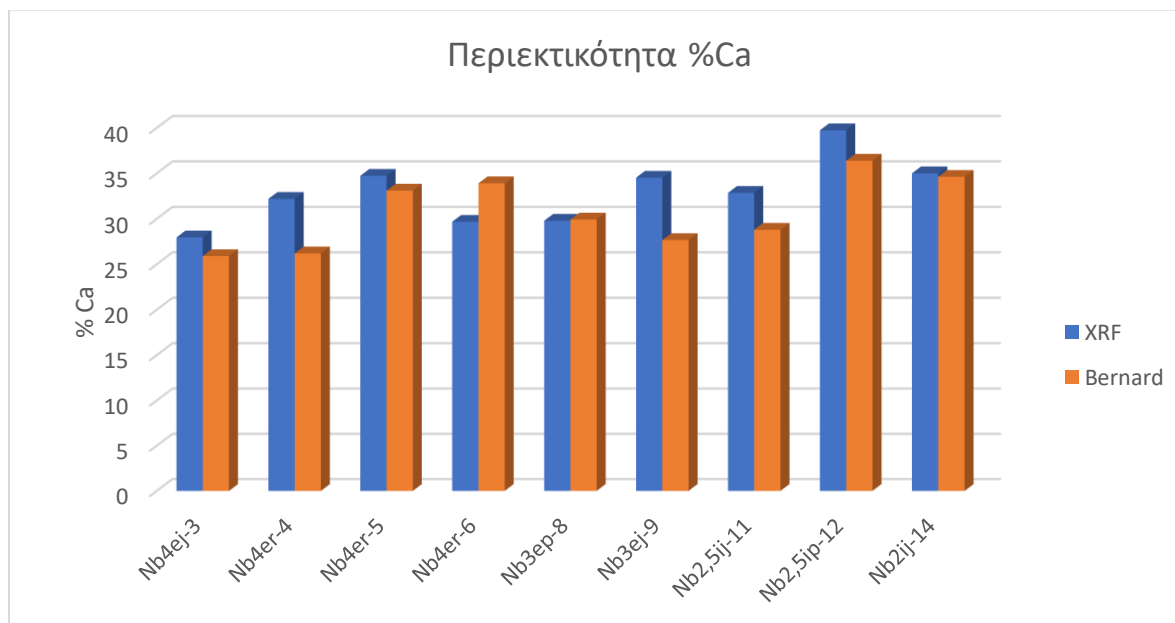
Για κάθε κατηγορία δειγμάτων έχει προκύψει μια μέση αγωγιμότητα. Όπως λοιπόν παρατηρείται, τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα αλάτων την έχουν τα υπόλευκα δείγματα, όπου βρίσκουμε και το δείγμα με την μεγαλύτερη αγωγιμότητα το Nb4er-6. Αρκετή ποσότητα αλάτων περιέχουν επίσης και τα καστανά-ερυθρά κονιάματα τα οποία αποτελούν κυρίως κονιάματα δομής σε εσωτερικά τμήματα της τοιχοποιίας με εγκλωβισμένη υγρασία. Οι διαπιστώσεις αυτές συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της φθορισμομετρικής στοιχειακής ανάλυσης, όπου το δείγμα Nb4er-6 παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε νάτριο και χλώριο από το σύνολο των δειγμάτων καθώς επίσης και στο φάσμα απορρόφησης κατά την υπέρυθρη φασματοσκοπία του δείγματος, εμφανίζονται κορυφές που αποδίδονται σε δεσμούς αζώτου οξυγόνου των νιτρικών ιόντων. Αντίστοιχες διαπιστώσεις στις αναλύσεις FTIR και XRF υπάρχουν και για τα δείγματα Nb4ej-3 και Nb3er-10. Επιπλέον, η ύπαρξη αλάτων ήταν αρκετά εμφανής και στη μακροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων, ιδιαίτερα στα υπόλευκα δείγματα όπου αρκετά ήταν εύθρυπτα και είχαν εξανθήματα αλάτων.

Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως στο σύνολο τους τα δείγματα εμφανίζουν μεγάλη αγωγιμότητα και άρα ποσοστό ευδιάλυτων αλάτων, γεγονός το οποίο είναι αναμενόμενο εξαιτίας της παράκτιας θέσης των Νεωρίων, παράλληλα όμως αποτελεί σημαντική ένδειξη της εκτεταμένης περιβαλλοντικής φθοράς που έχει υποστεί το μνημείο.



3.5.6. Συνολική επισκόπηση χημικής ανάλυσης των δειγμάτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο σχολιασμό των αποτελεσμάτων των διάφορων μεθόδων, τα συμπεράσματα ως προς την ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου και υδραυλικών συστατικών συγκλίνουν.



«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



3.6. Φυσικο-μηχανικές ιδιοότητες

Προσδιορισμός Υγρασίας και Πορώδους

Ο προσδιορισμός της υγρασίας και του πορώδους πραγματοποιήθηκε σε ορισμένα δείγματα κάθε κατηγορίας με βάση την διαθέσιμη ποσότητα τους. Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 14: Ποσοστό υγρασίας και ολικού ανοιχτού πορώδους υπόλευκων δειγμάτων.

ΥΠΟΛΕΥΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ		
	Υγρασία (%)	Πορώδες (%)
Nb4ej-3	3,28	23,9
Nb4er-4	0,99	20,7
Nb4er-5	2,64	29,6
Nb4er-6	4,27	49,3
Nb2,5ip-12	1,07	37,5

Πίνακας 15: Ποσοστό υγρασίας και ολικού ανοιχτού πορώδους υπόλευκων δειγμάτων.

ΦΑΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ		
	Υγρασία (%)	Πορώδες (%)
Nb5ij-1	0,31	27,4

Πίνακας 16: Ποσοστό υγρασίας και ολικού ανοιχτού πορώδους καστανών- ερυθρών δειγμάτων.

ΚΑΣΤΑΝΑ-ΕΡΥΘΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ		
	Υγρασία (%)	Πορώδες (%)
Nb3er-10	5,05	31,0

Πίνακας 17: Ποσοστό υγρασίας και ολικού ανοιχτού πορώδους λίθων.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΙΘΩΝ		
	Υγρασία (%)	Πορώδες (%)
Nb5es-2	0,49	23,3
Nb4es-7	1,74	38,2

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων για όλες τις κατηγορίες δειγμάτων προκύπτει ότι οι τιμές της υγρασίας είναι αρκετά μικρές για όλα τα δείγματα και κυμαίνονται από 0,31% για το δείγμα Nb5ij-1 έως 5,05% για το δείγμα Nb3er-10.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Όσον αφορά το πορώδες των δειγμάτων αποδεικνύεται να έχει σχετικά μεγάλες τιμές για το σύνολο των δειγμάτων. Το μεγαλύτερο ποσοστό ολικού ανοιχτού πορώδους εντοπίζεται στο υπόλευκο δείγμα Nb4er-6 (49,3%) και το μικρότερο στο υπόλευκο δείγμα Nb3ej-9 (13,6%).

3.6.1. Προσδιορισμός Πυκνότητας

Με την μέθοδο της ληκύθου προσδιορίστηκε η πυκνότητα δειγμάτων όλων των κατηγοριών, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 18: Πυκνότητες υπόλευκων δειγμάτων.

ΥΠΟΛΕΥΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	
	Πυκνότητα (g/mL)
Nb4ej-3	1,71
Nb4er-4	2,53
Nb4er-5	2,13
Nb4er-6	2,35
Nb3ep-8	2,35
Nb3ej-9	2,27
Nb2,5ij-11	2,43
Nb2,5ip-12	2,51
Nb2ij-14	2,53

Πίνακας 19: Πυκνότητες φαιών δειγμάτων.

ΦΑΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	
	Πυκνότητα (g/mL)
Nb5ij-1	2,43

Πίνακας 20: Πυκνότητες καστανών-ερυθρών δειγμάτων.

ΚΑΣΤΑΝΑ-ΕΡΥΘΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ	
	Πυκνότητα (g/mL)
Nb3er-10	2,33

Πίνακας 21: Πυκνότητες λίθων.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΙΘΩΝ	
	Πυκνότητα (g/mL)
Nb5is-2	2,51

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Nb4es-7	2,03
---------	------

Οι πυκνότητες των κονιαμάτων και επιχρισμάτων όλων των κατηγοριών κυμαίνονται από 2,13 έως 2,53 g/mL. Οι τιμές αυτές βρίσκονται σε συμφωνία με τις βιβλιογραφικές τιμές για τον ασβεστίτη και τον ψαμμίτη που αποτελούν τα βασικά πετρώματα τα οποία απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή του μνημείου και χρησιμοποιήθηκαν ως αδρανή για την παρασκευή των κονιαμάτων. Από τις τιμές αυτές διαφοροποιείται το δείγμα Nb4ej-3 το οποίο εμφανίζει μικρότερη τιμή πυκνότητας (1,71 g/mL). Η τιμή αυτή σχετίζεται με την ευθρυπτότητα του δείγματος αλλά και την ύπαρξη ρηγματώσεων σε αυτό.

Στα δείγματα των δύο λίθων οι τιμές της πυκνότητας και των δύο δειγμάτων συνάδουν με τις βιβλιογραφικές τιμές της πυκνότητας του ψαμμίτη.

3.6.2. Χρωματομετρία

Ορισμένα από τα δείγματα κάθε κατηγορίας μελετήθηκαν με φασματοφωτόμετρο προκειμένου να προσδιοριστούν οι χρωματικοί παράμετροι αυτών, οι οποίοι θα ληφθούν υπόψη στην πρόταση κονιαμάτων συντήρησης.

Πίνακας 22: Αποτελέσματα χρωματομετρίας υπόλευκων δειγμάτων.

ΥΠΟΛΕΥΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ				
	L*	a*	b*	ΔΕ*
Nb4ej-3	85,19	1,86	8,27	85,61
Nb4er-4	73,75	3,08	10,48	74,55
Nb4er-5	75,69	3,98	10,64	76,54
Nb4er-6	82,34	2,80	9,78	82,97
Nb3ej-9	74,70	3,21	11,43	75,64
Nb2,5ip-12	61,73	1,38	6,69	62,11

Πίνακας 23: Αποτελέσματα χρωματομετρίας φαιού δείγματος.

ΦΑΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ				
	L*	a*	b*	ΔΕ*
Nb5ij-1	68,17	3,32	10,09	68,99

Πίνακας 24: Αποτελέσματα χρωματομετρίας καστανού δείγματος.

ΚΑΣΤΑΝΑ- ΕΡΥΘΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ				
	L*	a*	b*	ΔΕ*
Nb3er-10	47,99	15,53	23,27	55,55

Από τα αποτελέσματα της μελέτης και συγκεκριμένα από τον παράγοντα ΔΕ* αποδεικνύεται η χρωματική διαφοροποίηση των δειγμάτων κάθε κατηγορίας σε υπόλευκα, φαιά και καστανά-

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

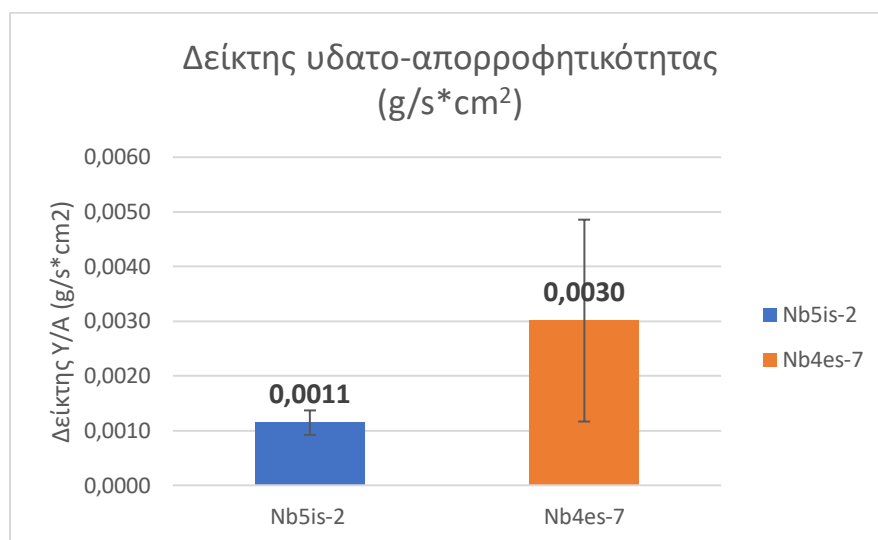
ερυθρά και συνεπώς, η ανάγκη μελέτης διαφόρων κονιαμάτων αποκατάστασης προκειμένου να επιτευχθεί η χρωματική συγγένεια με το σύνολο του αρχιτεκτονικού μνημείου.

3.6.3. Δοκιμή Υδατο-Απορρόφησης με τη Μέθοδο Sponge Test

Για την εκτίμηση της υδατοαπορρόφησης των δειγμάτων επιλέχθηκε η δοκιμή του σπόγγου (sponge test) κατά το πρότυπο UNI 11432: 2011. Η δοκιμή αυτή πραγματοποιήθηκε μόνο στους λίθους, καθώς τα κονιάματα αφενός ήταν ιδιαίτερα εύθρυπτα και αφετέρου είχαν μικρό μέγεθος. Για κάθε δείγμα έγιναν 4 διαφορετικές μετρήσεις σε διαφορετικά σημεία. Στο Σχήμα 107 παρουσιάζονται οι τιμές απορροφητικότητας σε $\text{g/s}\cdot\text{cm}^2$.



Σχήμα 107: Sponge test σε δείγμα ψαμμίτη



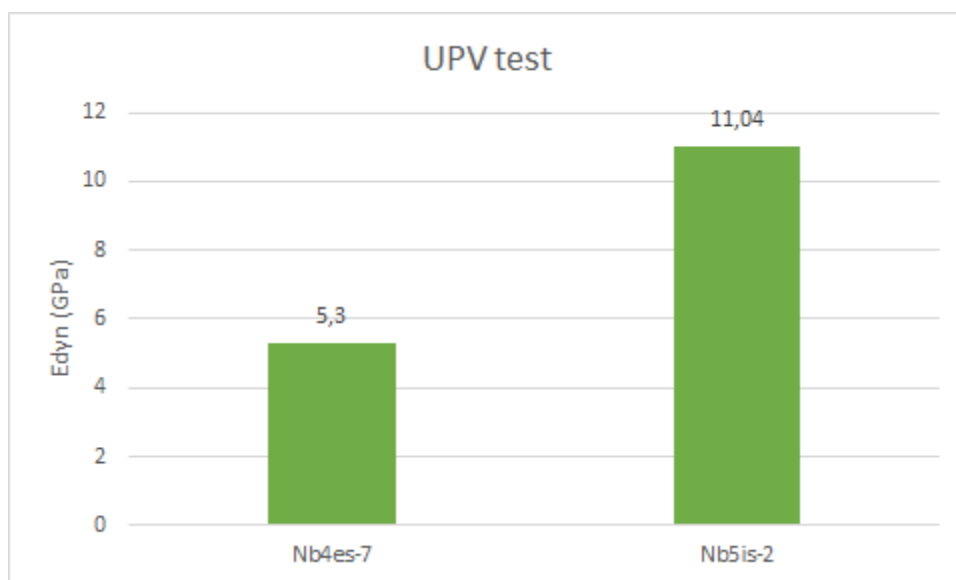
Σχήμα 108: Δείκτης υδατο- απορροφητικότητας λίθων μέσω sponge test

Γενικότερα και οι δύο τιμές απορροφητικότητας στους λίθους είναι αυξημένες, λόγω του μεγάλου πορώδους των ψαμμιτών. Ωστόσο, ο λίθος που εμφανίζει μεγαλύτερη απορροφητικότητα είναι ο Nb4es-7, γεγονός που δικαιολογείται από το μεγαλύτερο βαθμό φθοράς αυτού του λίθου λόγω της έκθεσής του, μιας και ήταν σε εξωτερική παρειά τοίχου σε αντίθεση με το λίθο Nb5is-2 που βρισκόταν σε εσωτερικό χώρο του 5^{ου} νεωρίου.

3.6.4. Ταχύτητα Υπερήχων

Με την τεχνική αυτή επιδιώκεται ο προσδιορισμός του δυναμικού μέτρου ελαστικότητας των λίθινων δειγμάτων. Το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας είναι γενικά μεγαλύτερο από το στατικό μέτρο ελαστικότητας λόγω της ύπαρξης ρωγμών και κοιλοτήτων, σύμφωνα με τους Martinez et al., όσο περισσότερες ασυνέχειες έχει το υλικό τόσο πιο χαμηλό είναι το μέτρο ελαστικότητας του και τόσο μεγαλύτερη η διαφορά μεταξύ του στατικού και του δυναμικού μέτρου ελαστικότητας[21].

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τα δύο δείγματα λίθων των Νεωρίων οι οποίες παρουσιάζονται στο παρακάτω ραβδόγραμμα.



Σχήμα 109: Ραβδόγραμμα μέτρου ελαστικότητας για τα δείγματα λίθων Nb4es-7 και Nb5is-2.

Γενικότερα, το μέτρο ελαστικότητας σχετίζεται με το πορώδες, την ύπαρξη ρηγματώσεων και συνεπώς την αντοχή σε θλίψη του λίθου. Όσο μεγαλύτερο το πορώδες και όσο περισσότερες είναι οι ρωγμές στο δείγμα τόσο μικρότερο είναι το μέτρο ελαστικότητας και η αντοχή του σε θλίψη. Τα δείγματα των λίθων εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές μέτρου ελαστικότητας από τις βιβλιογραφικά αναμενόμενες τιμές του ψαμμίτη. Αυτό αποτελεί ίσως ένδειξη της φθοράς που έχουν υποστεί οι λίθοι και συνεπώς την μη ικανοποιητική αντοχή τους στη θλίψη.

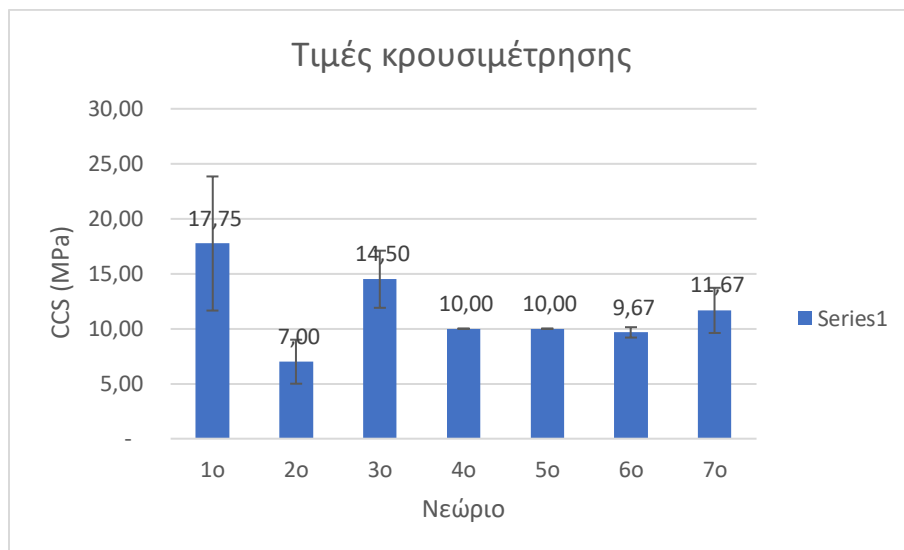
Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι οι δύο ασβεστιτικοί ψαμμίτες που αναλύθηκαν παρουσιάζουν διαφορές στην ορυκτολογική τους σύσταση, αφού ο Nb4es-7 έχει περισσότερο ασβεστίτη από τον Nb5is-2 και άρα λιγότερο χαλαζία. Επομένως και το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας είναι μεγαλύτερο στον λίθο με περισσότερο χαλαζία που συμβάλλει στη μειωμένη φθορά του.

3.6.5. Κρουσιμέτρηση Λίθων

Για την καλύτερη εκτίμηση των μηχανικών αντοχών των λίθων και το βαθμό φθοράς τους, επιλέχθηκε να γίνουν κρουσιμετρήσεις σε λίθους επί τόπου (in situ) στο χώρο του μνημείου. Οι τιμές που εξήχθησαν ήταν χαμηλές και σε πολλές περιπτώσεις υπήρχε δυσκολία να γίνει η μέτρηση λόγω της φθοράς του λίθου. Οι περιπτώσεις που η συσκευή πήρε μέτρηση παρουσιάζονται στο Σχήμα 111 ανά Νεώριο. Οι τιμές της σκληρότητας κυμαίνονται από 17,75 MPa έως 9,67 MPa με σχετικά μεγάλη τυπική απόκλιση που δικαιολογείται από το διαφορετικό βαθμό φθοράς που έχουν οι λίθοι.



Σχήμα 110: Κρουσιμέτρηση λίθου επί τόπου



Σχήμα 111: Τιμές κρουσιμέτρησης ανά νεώριο

Οι παραπάνω χαμηλές τιμές σκληρότητας των λίθων λόγω επιφανειακής φθοράς αναδεικνύουν την ανάγκη στερέωσης με σύγχρονα συμβατά νανοϋλικά εμποτισμού, τα οποία αφενός ενδυναμώνουν το λίθο σε επιθυμητό βαθμό και αφετέρου δεν αλλοιώνουν την αισθητική του.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

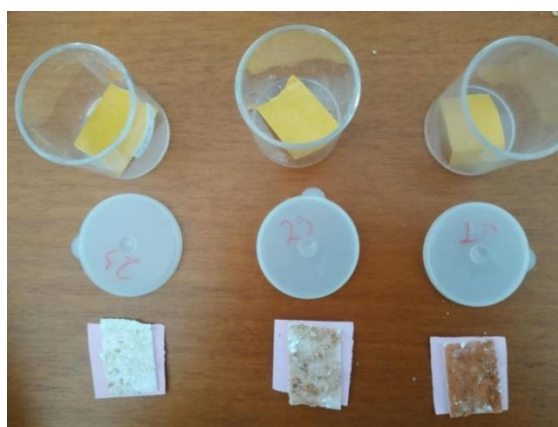
Αποτελέσματα και σχολιασμός

3.6.6. Δοκιμή Scotch Tape

Η συνοχή των κονιαμάτων εκτιμήθηκε με τη μέθοδο scotch tape με επί τόπου δοκιμή. Η φθορά των κονιαμάτων είναι έντονη, καθώς ήταν ιδιαίτερα εύθρυπτα, όπως είχε διαπιστωθεί και από τη φάση της δειγματοληψίας. Ο Πίνακας 25 παρουσιάζει τη συγκρατούμενη ποσότητα υλικού. Οι ταινίες διπλής όψης που χρησιμοποιήθηκαν είχαν το ίδιο μέγεθος. Τα δείγματα επισημαίνονται με διαφορετικό χρώμα ανάλογα με την ιστορική περίοδο: με γαλάζιο σημειώνονται τα αρχικά βενετσιάνικα κονιάματα και με πορτοκαλί τα οθωμανικά. Τα αρχικά κονιάματα έχουν καλύτερη συνοχή και τρίβονται λιγότερο σε σχέση με τα οθωμανικά, καθώς ο μέσος όρος των συγκρατούμενων ποσοτήτων στα αρχικά βενετσιάνικα είναι 0,07 g ενώ ο αντίστοιχος μέσος όρος για τα οθωμανικά είναι 0,14 g. Η διαπίστωση αυτή γίνεται αντιληπτή και από τις εικόνες από τις ταινίες διπλής όψης στο Σχήμα 112.

Πίνακας 25: Συγκρατούμενη ποσότητα κονιάματος

Νεώριο	Θέση	Συγκρατούμενη ποσότητα (g)	
1	α	0.13	
1	β	0.26	Αρχικό βενετσιάνικο
1	γ	0.09	Οθωμανικό
2	α	0.12	
2	β	0.07	
5	α	0.06	
6	α	0.08	
6	β	0.04	
7	α	0.10	
7	β	0.03	



Σχήμα 112: Ταινίες scotch tape α) 2^ο Νεώριο α θέση, β) 2^ο Νεώριο β θέση, γ) 5^ο Νεώριο α θέση

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός

3.7. Ανάλυση δειγμάτων από τους θόλους



Σχήμα 113: Φωτογραφική απεικόνιση της κατάστασης του θόλου 5ου Νεωρίου κατά την διάρκεια αποκατάστασής τους.

Στις παραπάνω φωτογραφίες παρουσιάζεται η κατάσταση του θόλου του 5^{ου} Νεωρίου μετά το σεισμό της 8^{ης} Ιανουαρίου 2006, ο οποίος προκάλεσε κατάρρευση τμήματος της οροφής του θόλου. Στην αριστερή εικόνα του σχήματος Σχήμα 113, είναι εμφανείς οι επεμβάσεις που έγιναν για την αποκατάσταση του θόλου. Από την δεξιά εικόνα, λαμβάνονται χρήσιμες πληροφορίες όσον αφορά την στρωματογραφία του συγκεκριμένου θόλου, οι οποίες θα αξιοποιηθούν για την κατηγοριοποίηση των κονιαμάτων του μνημείου.

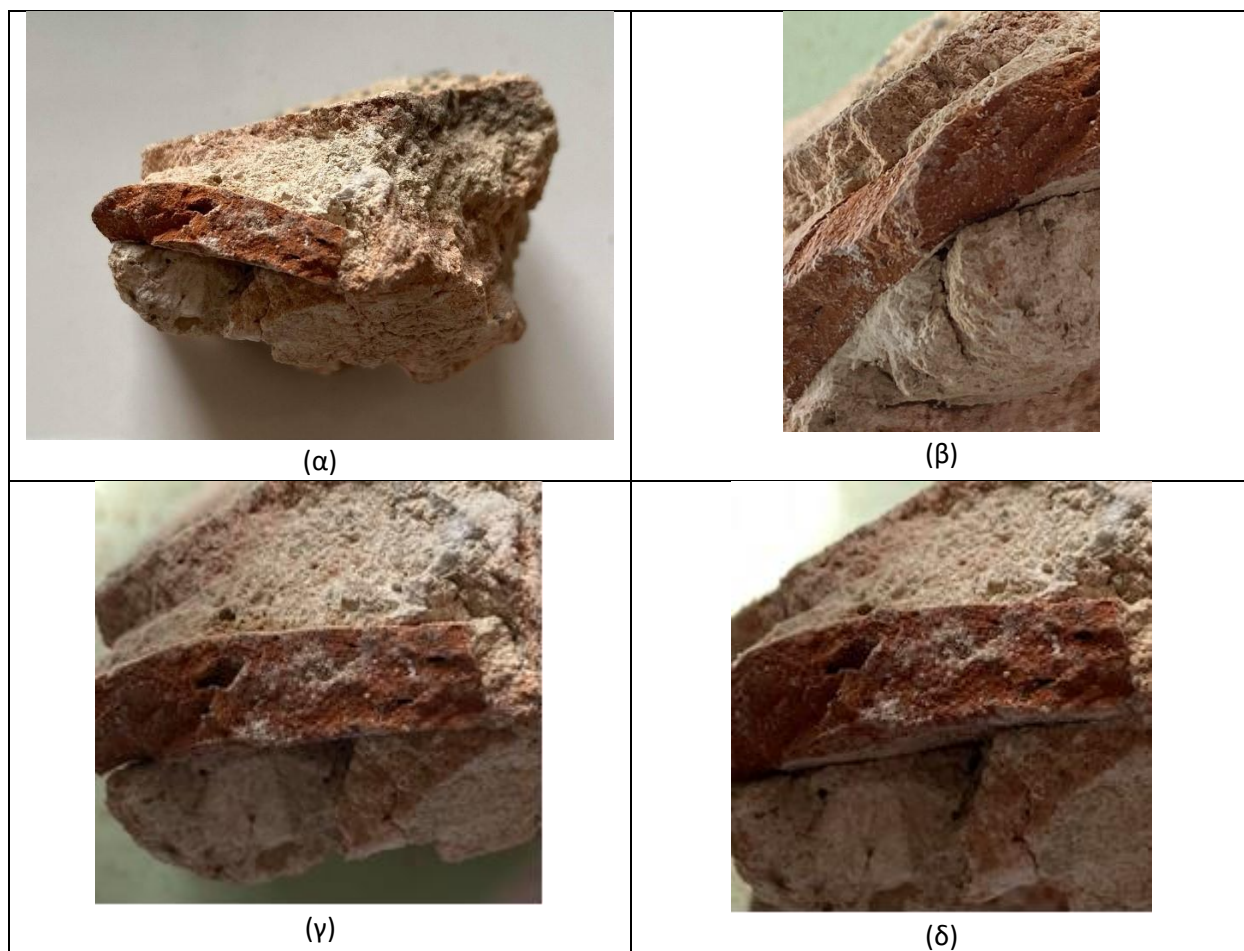
Σύμφωνα με το υποκεφάλαιο 3.2 της μικροσκοπικής ανάλυσης των δειγμάτων συλλέχθηκαν δείγματα και από τους θόλους των Νεωρίων, ορισμένα εκ των οποίων παρουσιάζουν αξιοσημείωτες ομοιότητες με τα δείγματα που συλλέχθηκαν από το νότιο τείχος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα παρουσιάζουν τα δείγματα Na1er-33-1, Na1er-33-2, Na1er-33-3 τα οποία ελήφθησαν από σημείο αποκόλλησης μεταξύ της αετωματικής απόληξης και της εξωτερικής επιφάνειας του πρώτου θόλου από την βόρεια παρειά του νότιου τείχους του 1^{ου} Νεωρίου. Στα συγκεκριμένα δείγματα φαίνονται τρία διακριτά στρώματα (Σχήμα 114). Το εσωτερικό και το εξωτερικό είναι παρόμοια μεταξύ τους και έχουν καστανό – ερυθρό χρώμα ενώ το μεσαίο στρώμα είναι φαιού χρώματος.



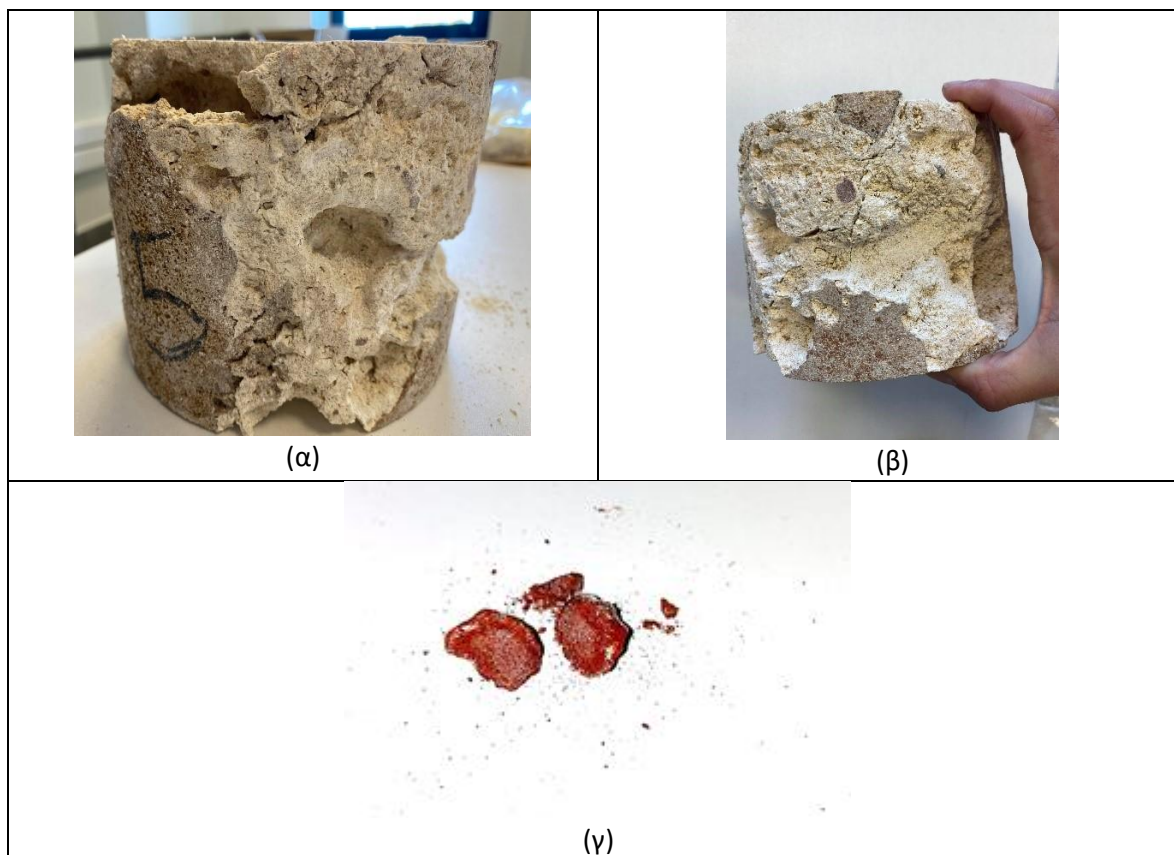
Σχήμα 114: Στρωματογραφία δείγματος Na1er-33-3 από τον θόλο του 1ου Νεωρίου.

Το εσωτερικό και το εξωτερικό στρώμα των συγκεκριμένων δειγμάτων μοιάζει με τα δείγματα Nb3er-10 και Nc7er-16. Τα οποία συλλέχθηκαν από το 3^ο Νεώριο από δυτικά (Β' φάση) και πιο συγκεκριμένα εξωτερικά της νότιας πόρτας εισόδου του 3^{ου} Νεωρίου, και την εξωτερική παρειά του νότιου τοίχου του 7^{ου} Νεωρίου δυτικά από το παράθυρο αντίστοιχα. Όσον αφορά το μεσαίο (2^ο) στρώμα αυτό μπορεί να συσχετιστεί με το Nb5ij-1 το οποίο λήφθηκε από το εσωτερικό του 5^{ου} Νεωρίου από δυτικά το οποίο ανήκει στην Β' φάση, πρόκειται για κονίαμα αρμού που βρισκόταν πλησίον του βόριου τείχους.

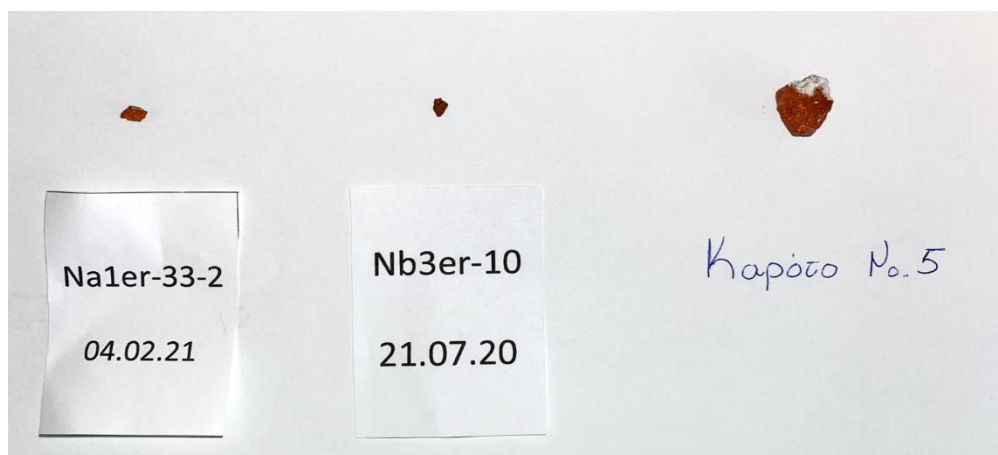
Σε σύγκριση με τα δείγματα Na1er-33-1 και Na1er-33-3 το δείγμα Na1er-33-2 φέρει στο μεσαίο (2^ο) στρώμα κομμάτι από κεραμικό μεγαλύτερο από 10 mm, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 115. Τμήμα του κομματιού αυτού αποκολλήθηκε από την επιφάνεια του, μελετήθηκε με φασματοσκοπία FT-IR και στη συνέχεια συγκρίθηκε με θραύσματα κεραμικών που βρέθηκαν στο δείγμα Nb3er-10 και στο καρότο No.5 το οποίο πάρθηκε από το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μηχανικής του Κοσμήτορα κ. Προβιδάκη Κωνσταντίνου, της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης (Σχήμα 117 Σχήμα 116).



Σχήμα 115:Φωτογραφική απεικόνιση δείγματος Na1er-33-2: (α) κομμάτι δείγματος (β),(γ),(δ) κεραμικό κομμάτι ενδιάμεσα στο δεύτερο στρώμα της στρωματογραφίας του δείγματος.



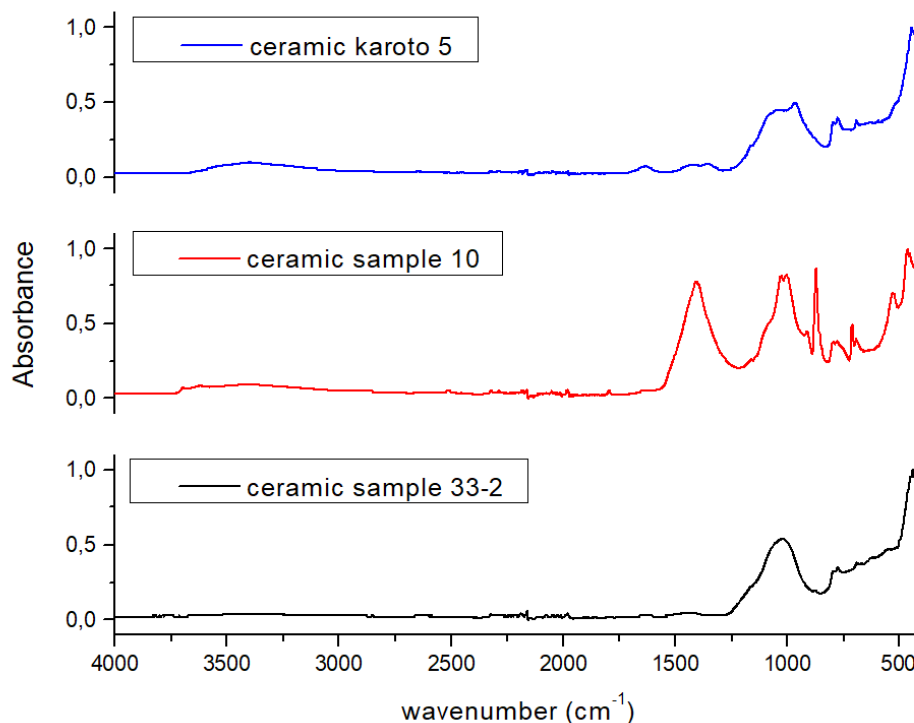
Σχήμα 116:Φωτογραφική απεικόνιση καρότου No.5 : (α,β) κομμάτι καρότου, (γ) θραύσμα κεραμικού που συλλέχθηκε και μελετήθηκε από το συγκεκριμένο καρότο.



Σχήμα 117:Φωτογραφική απεικόνιση κεραμικών δειγμάτων που μελετήθηκαν με FT-IR.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Σχήμα 118: Φάσματα FTIR κεραμικών που απομονώθηκαν από τα δείγματα καρότο 5, Nb3er-10 και Na1er-33-2.

Από την ανάλυση των κεραμικών (Σχήμα 118) προκύπτει μεγάλη διαφοροποίηση στο κεραμικό του δείγματος Nb3er-10 σε σχέση με αυτά του δείγματος Na1er-33-2 και καρότου Νο.5. Ερευνάται επίσης εάν αυτό δείχνει ότι ανήκουν και σε άλλες περιόδους, αφού το δείγμα 10 βρίσκεται σε περιοχή που έχουν γίνει επεμβάσεις.

4. Συμπεράσματα -πρόταση

Τα υπόλευκα δείγματα παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές μεγάλα ποσοστά ανθρακικού ασβεστίου από 62% έως 91%. Μάλιστα, τα ποσοστά αυτά συνάδουν με τα ποσοστά ασβεστίου που προέκυψαν για τα ίδια δείγματα με την αναλυτική μέθοδο της φθορισμομετρίας ενεργειακής διασποράς. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως τα επιχρίσματα και τα κονιάματα είναι κυρίως ασβεστοτικά.

Στην κατηγορία των φαιών δειγμάτων η περιεκτικότητα ανθρακικού ασβεστίου αυτών είναι εμφανώς μικρότερη από εκείνη των υπόλευκων δειγμάτων και κυμαίνεται από 36 έως 60%. Όπως είναι αναμενόμενο, λοιπόν, πρόκειται για υδραυλικά κονιάματα που περιέχουν ποζολάνες και εδαφικό υλικό.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»

Αποτελέσματα και σχολιασμός



Τα *ερυθρά* δείγματα με κουρασάνι εμφανίζουν περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβεστίου που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 54%. Επιβεβαιώνεται, έτσι ότι τα κονιάματα αυτά περιέχουν ένα σημαντικό ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου, αλλά και πληθώρα υδραυλικών συστατικών που αποδίδεται στα τρίμματα ψημένων κεραμικών.

Από την σειρά αναλύσεων που διεξήχθησαν προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Τα δείγματα κονιαμάτων και επιχρισμάτων είναι αρκετά πορώδη και αποτελούνται κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο, όπως επιβεβαιώνεται από την υπέρυθρη φασματοσκοπία (FTIR), την περιθλασιμετρία ακτίνων Χ (XRD), την στοιχειακή ανάλυση με φθορισμό ακτίνων Χ (XRF), τις μετρήσεις προσδιορισμού ανθρακικού ασβεστίου με το ασβεστόμετρο Bernard και την θερμοσταθμική ανάλυση (DTA-TG).
- Τα φάσματα της υπέρυθρης φασματοσκοπίας FTIR και τα αποτελέσματα του XRF υποδεικνύουν ακόμη την ύπαρξη αργιλοπυριτικών ενώσεων και ενώσεων μαγνησίου σε μικρότερο ποσοστό γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη χρήση εδαφικού υλικού αλλά και ψημένου κεραμικού διαφορετικής κοκκοδιαβάθμισης κατά τη σύνθεση των κονιαμάτων και των επιχρισμάτων.
- Όλα τα δείγματα παρουσιάζουν στοιχεία διάβρωσης και συγκεκριμένα προσβολή από νιτρικά και χλωριούχα άλατα. Αυτό συμπεραίνεται από τις χαρακτηριστικές κορυφές της υπέρυθρης φασματοσκοπίας, την στοιχειακή ανάλυση XRF και τις μετρήσεις αγωγιμότητας των δειγμάτων.
- Τα δείγματα των δύο λίθων υποδεικνύουν πως πρόκειται για ασβεστιτικούς ψαμμίτες, οι οποίοι διαφέρουν ως προς την περιεκτικότητα σε ασβεστίτη, παρουσιάζουν δε έντονη φθορά όπως μαρτυρά το χαμηλό μέτρο ελαστικότητας που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των υπερήχων.
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης κοκκομετρικής ανάλυσης των κονιαμάτων, προέκυψε πώς η επικρατέστερη αναλογία κονίας – αδρανούς είναι 1:3, δηλαδή σε ένα μέρος κονίας αντιστοιχούν τρία μέρη αδρανών. Τα αδρανή είναι στην πλειοψηφία τους ασβεστιτικά με κόκκους στρόγγυλους, άρα παραπέμπουν σε άμμο ποταμού.
- Τα κονιάματα που μελετήθηκαν είναι όπως ειπώθηκε αερικά κονιάματα, αποτελούνται δηλαδή βασικά από κονία ασβεστιτικής σύστασης, με αδρανή κυρίως ασβεστιτικά με μικρή περιεκτικότητα σε χαλαζία. Υπάρχει όμως διαφοροποίηση των κονιαμάτων στον βαθμό υδραυλικότητας, η οποία αποδίδεται σε χρήση μετρίου υδραυλικότητας υδραυλικής ασβέστου από την όπτηση μαργαϊκών ασβεστολίθων που βρίθουν στην περιοχή, αλλά και στην χρήση τεχνητών ποζολανών, όπως κεραμικό λεπτής κοκκομετρικής διαβάθμισης (κουρασάνι).
- Όλα τα δείγματα που μελετήθηκαν εργαστηριακά είναι εξαιρετικά εύθρυπτα και αναμένεται να μην παρουσιάζουν αξιόλογες μηχανικές αντοχές. Στην κατηγορία αυτή των μη ανθεκτικών και εύθρυπτων κονιαμάτων συγκαταλέγονται και τα δείγματα που συλλέχθηκαν από τους θόλους των Νεωρίων, αφού αποτελούν τμήματα αποκόλλησης



της τελικής επίστρωσης. Ορισμένα από αυτά και συγκεκριμένα το τελικό στρώμα, αν και περιέχει τσιμέντο από επεμβάσεις προηγούμενων ετών, σε κάποιες θέσεις δεν παρουσιάζεται συνεκτικό και θλίβεται εύκολα. Αντίθετα, το σκυρόδεμα που υπάρχει σε μεγάλη έκταση στους θόλους ως τελικό στρώμα φαίνεται να έχει καλή πρόσφυση με το αυθεντικό κονίαμα και διαφαίνεται δύσκολη η απομάκρυνσή του. Η υγρομόνωση των θόλων είναι ένα ζήτημα περίπλοκο που θα μελετηθεί στα επόμενα στάδια από το Εργαστήριο Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς & Σύγχρονης Δόμησης για την πρόταση της πλέον αποτελεσματικής και αποδεκτής από άποψη συμβατότητας λύση.

- Για την σύνθεση κονιαμάτων συντήρησης θα μελετηθούν συνθέσεις με κονίες: (α) υδραυλική άσβεστο, (β) υδράσβεστο, στις οποίες για βελτίωση των ιδιοτήτων θα προταθούν ποζολανικά πρόσθετα από φυσικές και τεχνητές ποζολάνες.
- Για την υγρομόνωση των θόλων θα μελετηθεί κατάλληλη μεμβράνη ασφαλικής σύστασης με κατάλληλο συντελεστή διαπίδυσης υδρατμών καθώς επίσης και ενισχυμένο κονίαμα με συμβατά πρόσθετα και πλέγμα.



•

5. Βιβλιογραφία

- ¹ . Χατζηιωάννου Θ., Κουππάρης Μ. Ενόργανη Ανάλυση. Αθήνα : Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1990
- ² . Α., Μπακόλας. Κριτήρια και μέθοδοι χαρακτηρισμού ιστορικών κονιάμάτων. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα : s.n., 2002.
- ³ . Α. Skoog, F. Holler, T. Nieman, απόδοση στα ελληνικά: Μ.Ι. Καραγιάννης, Κ.Η. Ευσταθίου, Ν. Χανιωτάκης. Αρχές ενόργανης ανάλυσης. Αθήνα : Εκδόσεις Κωσταράκη, 2002.
- ⁴ . Καπριδάκη, Χ.Μ. Έλεγχος χημικής συμβατότητας και βελτίωση στερεωτικού λίθου μενανοτεχνολογία. Διδακτορική διατριβή. Χανιά : s.n., 2015.
- ⁵ . Kallithrakas-Kontos, N., Foteinis, S., Paigniotaki, K. et al. A robust X-ray fluorescence technique for multielemental analysis of solid samples. Environ Monit Assess 188, 120 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s10661-016-5127-4>
- ⁶ . Jackson, M.L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs : Prentice Hall, Inc., 1959. σσ. 251-252
- ⁷ . Α. Skoog, F. Holler, T. Nieman, Αρχές Ενόργανης Ανάλυσης, απόδοση στα ελληνικά: Μ.Ι. Καραγιάννης, Κ.Η. Ευσταθίου, Ν. Χανιωτάκης, Εκδόσεις Κωσταράκη, Αθήνα, 2002
- ⁸ . Ελληνική Εταιρεία Θερμικής Ανάλυσης, Θερμική Ανάλυση, Θεωρία – Οργανολογία – Εφαρμογές, Επιμέλεια έκδοσης: Μ. Λάλια-Καντούρη, Σ. Λιοδάκης, Γ. Παπανικολάου, Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιανού Α.Ε., 2006
- ⁹ . Kapetanaki, K.; Kapridaki, C.; Maravelaki, P.-N. Nano-TiO₂ in Hydraulic Lime–Metakaolin Mortars for Restoration Projects: Physicochemical and Mechanical Assessment. Buildings 2019,9,236
- ¹⁰ . Gameiro A, Santos Silva A, Grilo J et al (2014) Physical and chemical assessment of lime–metakaolin mortars: Influence of binder:aggregate ratio. Cem Concr Comp 45: 264–271
- ¹¹ . Τζιότζιου Μαρία, Μελέτη του μηχανισμού πήξης κονιαμάτων τύπου ασβέστη – φυσικής ποζολάνης, Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2013
- ¹² L. Randazzo, G. Montana, A. Castiglia, M.F. La Russa, Salt extraction from lime-based mortars: An experimental study using different poultice formulations, Construction and Building Materials, Volume 255, 2020, 119391,
ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119391>.
- ¹³ . Γενική Χημεία, D. Ebbing, S. Gammon, εκδ. Τραυλός, Αθήνα, 2011
- ¹⁴ . Maravelaki-Kalaitzaki, P., Agioutantis, Z., Lionakis, E., Stavroulaki, M., Perdikatsis, V. Physico-chemical and mechanical characterization of hydraulic mortars containing nano-titania for restoration applications (2013), Cement and Concrete Composites, 36 (1), pp. 33-41.

«Ερευνητικές εργασίες για την ιστορική και τεχνολογική τεκμηρίωση της μελέτης ωρίμανσης των έργων αποκατάστασης - απόδοσης χρήσεων - ανάδειξης των Νεωρίων στα Χανιά»



-
- ¹⁵ A. Arizzi, G. Cultrone, The difference in behaviour between calcitic and dolomitic lime mortars set under dry conditions: The relationship between textural and physical–mechanical properties, *Cement and Concrete Research* 42 (2012) 818–826.
- ¹⁶ P. Maravelaki-Kalaitzaki, I. Karatasios, A. Bakolas, V. Kilikoglou, “Hydraulic lime mortars for the restoration of the historic masonry in Crete”, *Cement and Concrete Research*, 35, 2005, pp. 1577–1586.
- ¹⁸ Τζιότζιου Μαρία, Μελέτη του μηχανισμού πήξης κονιαμάτων τύπου ασβέστη – φυσικής ποζολάνης, Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2013
- ¹⁹ Chang C., Sommerfeldt T.c., Carefoot J.M., Scaalje B. Relationships of electrical conductivity with total dissolved salts and cation concentration of sulfate dominant soil extracts. s.l. : Can. J. Soil, 1983. pp. 19-86.
- ²⁰ P. Maravelaki-Kalaitzaki, A. Bakolas, A. Moropoulou, "Physico-chemical Study of Cretan Ancient Mortars", *Cement and Concrete Research*, 33/5, 2003, pp. 651-661.
- ²¹ . Maravelaki-Kalaitzaki, P.; Galanos, A.; Doganis, I.; Kallithrakas-Kontos, N. Physico-chemical characterization as a tool in studying specific hydraulic components: application to the study of ancient Naxos aqueduct. *Applied Physics A Materials Science & Processing* 2011, 104, pp. 335-348. DOI 10.1007/