

# ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΜΒΑΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΚΙΣΑΜΟΥ

Νόνη Μαραβελάκη,

*Δρ. Χημικός, ΥΠΠΟ, ΚΕ' ΕΠΚΑ, Στοά Βαρδινογιάννη, 73100, Χανιά*

Γιάννης Χριστοδουλάκος

*Αρχιτέκτων Μηχανικός, ΥΠΠΟ, ΚΕ' ΕΠΚΑ, Στοά Βαρδινογιάννη, 73100, Χανιά*

*Λέξεις κλειδιά: ΤΣΙΜΕΝΤΟ, διάβρωση, υδραυλική άσβεστος, μακροπορώδη διαπνέοντα επιχρίσματα, διαπνέοντα ορυκτά χρώματα*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Το ιστορικό κτίριο που λειτουργεί ως Αρχαιολογικό Μουσείο Κισάμου παρουσίασε προβλήματα διάβρωσης, τα οποία προέκυψαν κατά κύριο λόγο από λαθεμένες επιλογές αποκατάστασης και συντήρησης, όπως η εκτεταμένη χρήση τσιμεντοκονιαμάτων και η μη εφαρμογή εξωτερικού επιχρίσματος. Οι αστοχίες αντιμετωπίστηκαν με κριτήρια που απέβλεπαν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων των προηγούμενων επεμβάσεων με την ελάχιστη περαιτέρω επιβάρυνση του κτιρίου, όπως π.χ. η χρήση κατάλληλων και συμβατών υλικών με τα υπάρχοντα, όπου αυτό ήταν δυνατόν. Η εκτεταμένη παρουσία υγρασίας και αλάτων αντιμετωπίστηκαν με διαπνέοντα κονιάματα με βάση την υδραυλική άσβεστο, επιχρίσματα που σχεδιάστηκαν με άσβεστο και φυσικές ώχρες για το εξωτερικό του κτιρίου, καθώς και εφαρμογή ειδικών πολυσιλοξανίων για την αδιαβροχοποίηση και προστασία διαβρωμένων λίθων. Οι εκτεταμένες περιοχές με άλατα καθαρίστηκαν με επιθέματα σηπιολίθου με απιονισμένο νερό. Η συγκέντρωση των εξαγομένων αλάτων ελέγχθηκε με αγωγιμομετρικές μετρήσεις των επιθεμάτων. Επίσης εφαρμόστηκε διαπνέον χρώμα με βάση το πυριτικό κάλιο στους εσωτερικούς τοίχους του κτιρίου και δεν παρουσίασε προβλήματα αποκόλλησης από το υπόστρωμα. Οι εργασίες αποκατάστασης αποπερατώθηκαν το 2004 και επέτρεψαν την λειτουργία του Μουσείου από το 2006, χωρίς την εμφάνιση προβλημάτων μέχρι σήμερα.

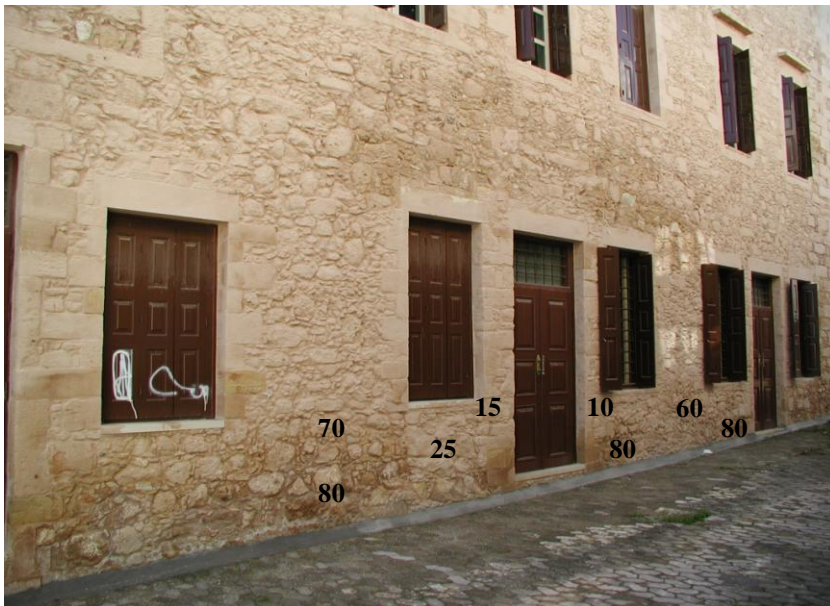
## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ

Το Μουσείο Κισάμου είναι ένα διάροφο λίθινο κτίριο που τμήματά του κατασκευάστηκαν πιθανότατα το δεύτερο μισό του 16<sup>ου</sup> αιώνα, κυρίως το

θολοσκέπαστο ισόγειο τμήμα του, ενώ ο όροφος και η εξωτερική σκάλα στην ανατολική πλευρά του είναι μεταγενέστερες επισκευές της περιόδου της τουρκοκρατίας.

Το κτίριο αναστηλώθηκε ριζικά υπό την εποπτεία του ΥΠΠΟ δια μέσου περιφερειακού προγράμματος του Β' ΚΠΣ με φορέα υλοποίησης τον Οργανισμό Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης.

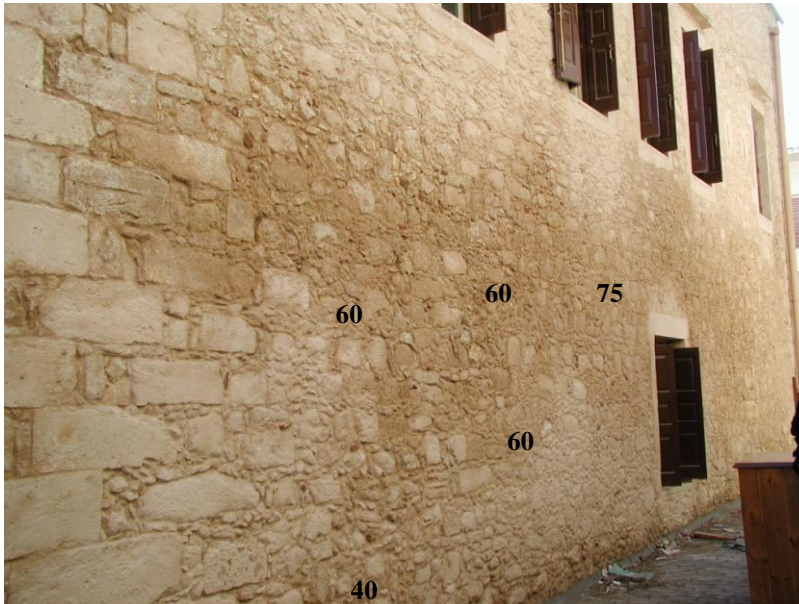
Στο αναστηλωμένο κτίριο, που επρόκειτο να λειτουργήσει ως Αρχαιολογικό Μουσείο, επισημάνθηκαν τον χειμώνα του 2003 σημαντικά προβλήματα διάβρωσης, όπως εμφάνιση υγρασίας και ευδιάλυτων αλάτων, αποκόλληση του χρώματος των εσωτερικών τοίχων, καθώς και εκτεταμένη διάθρυψη δομικών στοιχείων, όπως λίθων και κονιαμάτων. Αυτά τα προβλήματα, οφείλονταν κατά κύριο λόγο σε λαθεμένες επιλογές αποκατάστασης και συντήρησης, όπως η εκτεταμένη χρήση τσιμεντοκονιαμάτων και η μη εφαρμογή στο κτίριο εξωτερικού επιχρίσματος, το οποίο θα προστάτευε από την επίδραση του περιβάλλοντος τα δομικά στοιχεία και θα αντιμετώπιζε επίσης πιθανή αστοχία των ενεμάτων στην τοιχοποιία.



Εικόνα 1. Αποψη της βόρειας εξωτερικής πλευράς με τις % τιμές υγρασίας στα σημεία που μετρήθηκαν και με εντοπισμένο μέτωπο υγρασίας στο ύψος των θόλων και κοντά στο δάπεδο

Η κατάσταση διάβρωσης του κτιρίου κατεγράφη με μακροσκοπικές παρατηρήσεις, κατά τις οποίες επισημάνθηκαν οι θέσεις εντοπισμένης και εκτεταμένης υγρασίας και συσχετίστηκαν με τα αίτια δημιουργίας. Ακολούθησαν μετρήσεις της επιφανειακής υγρασίας στους περιμετρικούς

τοίχους εξωτερικά και εσωτερικά με υγρόμετρο Protimeter Mini III, καθώς και εργαστηριακές αναλύσεις δειγμάτων αλάτων από λίθους και κονιάματα.



Εικόνα 2. Άποψη δυτικής εξωτερικής πλευράς με εντοπισμένη υγρασία στο ύψος των θόλων και τις % τιμές υγρασίας να αναγράφονται στα σημεία μέτρησης

Η αποδεκτή τιμή υγρασίας σε μια τοιχοποιία φτάνει το 25% (Biscontin, 1993). Στο ισόγειο τμήμα του κτιρίου, εξωτερικά της βόρειας και δυτικής πλευράς, οι μέσες τιμές επιφανειακής υγρασίας (%) που μετρήθηκαν είναι μεγαλύτερες των αποδεκτών, όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες που ακολουθούν (βλ. Εικ. 1-2). Επίσης εντοπίζεται υγρασία (60%) σε σημεία υψηλότερα από το έδαφος, όπως για παράδειγμα στο ύψος των θόλων, όπου είχαν γίνει επεμβάσεις αποκατάστασης στο υπερκείμενο δάπεδο με την χρήση ελαφρομπετόν. Στην βόρεια πλευρά του κτιρίου και στον διαστρωμένο με κυβόλιθους πεζόδρομο παρατηρείται μία ζώνη με έντονη υγρασία και βλάστηση που εκτείνεται σε πλάτος 1-1,6 μ. (βλ. Εικ. 1). Αυτή οφείλεται στην κλίση του πεζόδρομου προς το Μουσείο και προτείνεται, παρ' όλη την μόνωση των θεμελίων, η διόρθωση της κλίσης των κυβόλιθων, οι οποίοι άλλωστε εδράζονται σε άμμο. Η νότια εξωτερική πλευρά του ισογείου δεν παρουσιάζει αξιοσημείωτα προβλήματα υγρασίας και αυτό οφείλεται στην καλή έκθεσή της στον ήλιο.

Τα προβλήματα υγρασίας αντανακλώνται και στο εσωτερικό τμήμα του ισογείου σε αντιστοιχία με τις θέσεις που εντοπίστηκαν στο εξωτερικό κτίριο. Συγκεκριμένα, στο εσωτερικό του κτιρίου η διάβρωση από την υγρασία (40-60%) και την δράση των αλάτων εκδηλώνεται με αποκόλληση

της βαφής σε πολλά τμήματα, όπως εσωτερικοί τοίχοι του ισογείου και περιμετρικοί τοίχοι του ορόφου (βλ. Εικ. 3).



Εικόνα 3. Η ΒΑ γωνία στο εσωτερικό τμήμα του ορόφου με έντονη υγρασία και αποκόλληση βαφής.

Έντονα προβλήματα διάβρωσης παρουσιάζουν όλοι οι θόλοι του ισογείου που έχουν κατασκευαστεί από ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους (αμμουδάρες) με μεγάλο πορώδες (30-40%). Συγκεκριμένα, παρατηρείται εκτεταμένη διάθρυψη των λίθων και εμφάνιση αλάτων (βλ. Εικ. 4). Πιστεύεται ότι η χρήση ελαφρομετόν για την αποκατάσταση του δαπέδου που βρίσκεται πάνω από τους θόλους ευθύνεται για την έντονη παρουσία αλάτων στην επιφάνεια των θόλων και ως εκ τούτου και την φθορά των λίθων. Αυτό είναι ένα φαινόμενο που απαντάται συχνά σε ιστορικά κτίρια που αναστηλώνονται με την χρήση τσιμέντου ή παραγώγων του και έχει τεκμηριωθεί εργαστηριακά και βιβλιογραφικά (Μογορούλου, 2000).

Εκτιμήθηκαν εργαστηριακά και με πιλοτικές δοκιμές οι εργασίες που θα αντιμετώπιζαν τα προβλήματα των προηγούμενων επεμβάσεων με την ελάχιστη περαιτέρω επιβάρυνση του κτιρίου, όπως π.χ. η χρήση κατάλληλων και συμβατών υλικών με τα υπάρχοντα, όπου αυτό ήταν δυνατόν.

## 2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΜΝΗΜΕΙΟ

Εξετάσθηκαν δείγματα αλάτων από τους θόλους για τον προσδιορισμό της σύστασής τους με την υπέρυθη φασματοσκοπία (FTIR) και τον φθορισμό ακτίνων X (EDXRF). Επίσης, το ποσοστό των ευδιάλυτων αλάτων υπολογίστηκε με μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας διαλυμάτων των αλάτων, με το αγωγιμόμετρο (Crison GLP 31) και σύμφωνα με το πρότυπο NORMAL 13/83. Η EDXRF χρησιμοποίησε τις ραδιενεργές πηγές καδμίου  $^{109}\text{Cd}$  και σιδήρου  $^{55}\text{Fe}$ , ανιχνευτή από ημιαγωγό πυριτίου-λιθίου Si(Li), ενισχυτή σήματος TC-244 και το πρόγραμμα AXIL (RN) για την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων. Η FTIR πραγματοποιήθηκε με το υπέρυθρο φασματοφωτόμετρο Perkin Elmer system 1000. Τα φάσματα συλλέχθηκαν μετρώντας την απορροφητικότητα σε συνάρτηση με τον κυματριθμό.



Εικόνα 4. Ισόγειο, ανατολική αίθουσα, βόρειο τόξο δυτικού τοίχου. Λεπτομέρεια από τον θόλο με την παρουσία αλάτων και τις % τιμές της υγρασίας.

Στα σημεία των θόλων του ισόγειου με μεγάλη συγκέντρωση αλάτων εφαρμόστηκαν επιθέματα (5x5 cm) με την απορροφητική άργιλο από σηπιόλιθο και απιονισμένο νερό. Αυτή η εργασία εκρίθη απαραίτητη γιατί συμβάλει στον απαγκλωβισμό των υπαρχόντων αλάτων (Simon, 2004). Για την πιλοτική εφαρμογή της αφαλάτωσης και προκειμένου να διαπιστωθούν οι χρόνοι εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν ίσες ποσότητες σηπιολίθου και

νερού. Μετρήθηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα των επιθεμάτων σηπιολίθου μετά από εφαρμογή 48 ωρών. Διαπιστώθηκε ότι μετά από δύο 48ωρα οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των επιθεμάτων ελαττώθηκαν ικανοποιητικά (τελική τιμή 102  $\mu\text{S}/\text{cm}$  από αρχική τιμή 1580  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), γεγονός που οφείλεται στη μείωση των αλάτων. Μετά την αφαλάτωση, είναι εμφανής η επιφανειακή συνεκτικότητα των κόκκων των λίθων, που θα επέτρεπε την εφαρμογή προστατευτικού επιχρίσματος. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται τμήμα των θόλων κατά την δοκιμή αφαλάτωσης.



Εικόνα 5. Ισόγειο, τμήμα θόλων με εφαρμογή σηπιολίθου για την αφαλάτωση των λίθων

Οι μεγάλες τιμές αλάτων και υγρασίας που μετρήθηκαν στους θόλους του ισόγειου συνηγορούν στην εφαρμογή ενός διαπνέοντος επιχρίσματος κατά της υγρασίας και αλάτων. Δοκιμάστηκαν διάφορα μακροπορώδη διαπνέοντα επιχρίσματα που κυκλοφορούν στο εμπόριο, και διαπιστώθηκε ότι το Albaria SP2 παρουσιάζει την καλύτερη αντοχή στην τεχνητή γήρανση με άλατα θειϊκού νατρίου, και είναι αυτό που έχει μεγάλο ποσοστό πόρων με ακτίνα από 1 έως 10  $\mu\text{m}$ , σύμφωνα και με τις αναλύσεις της πορομετρίας Hg, οι οποίες παρουσιάζονται στην συνέχεια.

Το Albaria SP2 είναι ένα αφυγραντικό σύστημα διαπνέοντος επιχρίσματος τεσσάρων στρωμάτων, που συμβάλει στην εξυγίανση των τοίχων που έχουν προσβληθεί από ανερχόμενη και κυκλοφορούσα υγρασία και την επιθετική δράση των αλάτων. Ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του EN 998/1 για επιχρίσματα εξυγίανσης και είναι εγκεκριμένο και πιστοποιημένο από την WTA (Bulletin WTA, 2000). Με το σύστημα

Albaria SP2 ευνοείται η εξάτμιση της υγρασίας που παρουσιάζεται στους τοίχους και ελαχιστοποιείται η εμφάνιση κρυσταλλικών αλάτων στην επιφάνεια του σοβά. Η πρώτη ύλη του επιχρίσματος είναι υδραυλική άσβεστος και ανθρακικοί άμμοι με κοκκομετρία 0 έως 3 mm. Τα στρώματα εφαρμογής στον προσβεβλημένο από την υγρασία τοίχο είναι τα παρακάτω: (α) πρώτο χέρι σταθεροποιητικού σοβά μεταξύ υποστρώματος και επιχρίσματος (ALB SP2-1), (β) δεύτερο στρώμα από μακροπορώδη σοβά που απομακρύνει τη μέγιστη υγρασία και ταυτόχρονα εναποθέτει στο εσωτερικό του τα επικίνδυνα άλατα (ALB SP2-2), (γ) τρίτο στρώμα από υδατοαποθητικό και υψηλής διαπνοής σοβά (ALB SP2-3) και (δ) χρωματισμένο επίχρισμα υψηλής διαπνοής κατά της υγρασίας (ALB SP2-4).

Η εφαρμογή και των τεσσάρων στρωμάτων δεν ήταν εύκολη στους θόλους, χωρίς να προκληθούν αποκολλήσεις από το βάρος των στρωμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη την πολύ πιθανή περίπτωση παραγωγής ευδιάλυτων αλάτων από την ύπαρξη του ελαφρομετόν στο πάτωμα, και με δεδομένη την αναγκαία επιλογή στρωμάτων για να αποφευχθούν προβλήματα αποκόλλησης, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί το δεύτερο στρώμα (ALB SP2-2), που αντιμετωπίζει άλατα και υγρασία, μαζί με το τέταρτο τελικό στρώμα επιχρίσματος (ALB SP2-4). Μετά την ολοκλήρωση της αφαλάτωσης των λίθων των θόλων, και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πιλοτικών δοκιμών ακολούθησε η εφαρμογή του δεύτερου και τέταρτου στρώματος τα οποία και παρουσίασαν την καλύτερη εργασιμότητα και συνάφεια με το υπόστρωμα. Το συνολικό πάχος του επιχρίσματος των θόλων είναι 1,3 cm.

Οι εξωτερικοί περιμετρικοί τοίχοι του μνημείου δεν είχαν επιχρισθεί. Ως εκ τούτου, τα συνδετικά κονιάματα αποκατάστασης του μνημείου καθώς και τμήματα των δομικών στοιχείων του παρουσίασαν μεγάλη διάβρωση και έχρηζαν απομάκρυνσης. Εφαρμόστηκε υδροβολή χαμηλής πίεσης έως 100 mbar που απομάκρυνε αρκετά σαθρά τμήματα. Η πλήρωση των κενών στην εξωτερική δομή του κτιρίου έγινε με την εφαρμογή του πρώτου στρώματος (ALB SP2-1). Μετά εφαρμόστηκε το επίχρισμα Albaria intonaco, που είναι ένας έτοιμος σοβάς φυσικής υδραυλικής ασβέστου, επιλεγμένων άμμων ανθρακικής σύστασης με κοκκομετρία μεταξύ 0 και 3 mm και μη τοξικών ορυκτών ινών. Το επίχρισμα Albaria intonaco είναι χρώματος μπεζ αμυγδαλού, δεν παράγει υδατοδιαλυτά άλατα αλλά και δεν σχηματίζει εξανθήσεις. Αναφέρεται ότι, κατά την πιλοτική δοκιμή του εξωτερικού επιχρίσματος σε περιοχή με έντονη υγρασία και αποσάθρωση του υπάρχοντος αρμολογήματος, διαπιστώθηκαν κενά στην τοιχοποιία, που πιθανόν να προέρχονται από τοπική αστοχία τόσο των ενεμάτων όσο και των αρμολογημάτων.

Η τελική στρώση της τοιχοποιίας έγινε με την Albaria stabilitura, που είναι ένα έτοιμο κονίαμα υδρασβέστου άσπρου χρώματος, χωρίς τσιμέντο, υδρόφοβο και υψηλής διαπνοής, ενδεδειγμένο για τελική στρώση

εσωτερικών και εξωτερικών επιχρισμάτων. Το τελικό αυτό επίχρισμα αναμείχθηκε με φυσική ώχρα (σιέννα ωμή) και αποτέλεσε το τελικό στρώμα εφαρμογής στο Μουσείο.

Οι εσωτερικοί τοίχοι, τόσο στο ισόγειο όσο και στον όροφο, είχαν επιχρισθεί με πατητή τσιμεντοκονία. Ήταν αδύνατο, όπως έδειξαν επί τόπου δοκιμές, να απομακρυνθεί αυτό το στρώμα χωρίς να προκαλέσει σημαντικές επιβαρύνσεις στην συνολική κατάσταση του μνημείου. Επιχειρήθηκε πιλοτική εφαρμογή του τελευταίου στρώματος του επιχρίσματος Albaria SP2-4, πάχους 2 mm, στο ισόγειο και στον όροφο, σε επιφάνεια με έντονη υγρασία που είχε μερικώς υποστεί κατεργασία. Η εφαρμογή κατέδειξε ικανοποιητική σύμφυση με το υπόστρωμα. Η ήδη υπάρχουσα συμπαγής τσιμεντοκονία με την εξαιρετικά λεία επιφάνεια όμως, δεν επιτρέπει την δημιουργία οπών και τραχείας επιφάνειας σε μεγάλη έκταση με χειροκίνητα εργαλεία, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή σύμφυση υποστρώματος – επιχρίσματος. Βεβαίως με χρήση μηχανοκίνητων μέσων είναι δυνατόν να ληφθεί τραχεία επιφάνεια, αλλά αυτό κρίνεται ασύμφορο και ως προς την συνοχή της ήδη υπάρχουσας τοιχοποιίας, αλλά και ως προς το κόστος εκτέλεσης των εργασιών. Η αδυναμία να επιτευχθεί η επιθυμητή συνοχή με το υπόστρωμα οδήγησαν στην απόρριψη εφαρμογής του τέταρτου στρώματος του επιχρίσματος. Αποφασίστηκε, μετά από πιλοτικές εφαρμογές στους εσωτερικούς τοίχους του κτιρίου, η εφαρμογή διαπνέοντος χρώματος και ασταριού με βάση σταθεροποιημένο πυριτικό κάλιο (Silikatfärg και Silikatbinder). Το χρώμα είναι υδατο-απωθητικό, επιτρέπει την διόδο και εξάτμιση της υγρασίας, προστατεύει από την μούχλα και δημιουργεί δεσμό με το υπόστρωμα με αποτέλεσμα την καλύτερη σύμφυση.

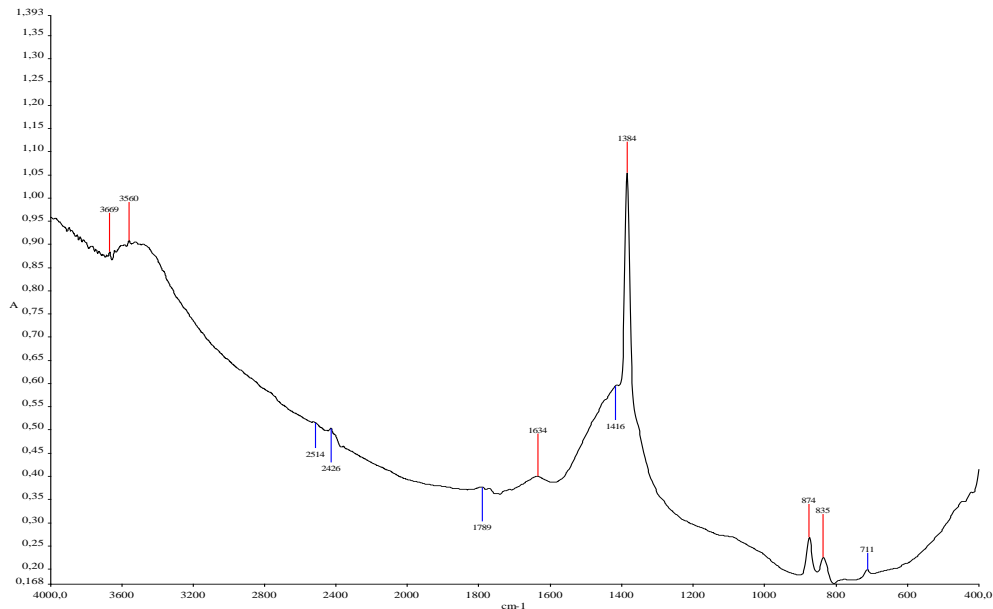
### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ

Τα ευδιάλυτα άλατα που ανιχνεύθηκαν στους θόλους είναι  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$  και ασβεστίτης (Εικ. 6). Η ποσοτική σύσταση των αλάτων είναι η ακόλουθη: Ca: 39,7%, Si: 8,7%, K: 1,7%, S: 1,4%, Cl: 0,4%. Οφείλουν την ύπαρξή τους σε δευτερεύουσες αντιδράσεις ανάμεσα στα συστατικά του ελαφρομπετόν και των λίθων των θόλων.

Ο μηχανισμός δράσης του μακροπορώδους επιχρίσματος οφείλεται στην κατάλληλη κατανομή των πόρων, καθώς και την επικοινωνία μεταξύ μικρο- και μακροπόρων που εξασφαλίζει την κατακράτηση των αλάτων στο εσωτερικό τμήμα του επιχρίσματος. Διευκολύνεται η κρυστάλλωση των αλάτων χωρίς διάρρηξη της επιφάνειας από την εξάσκηση πιέσεων και χωρίς δημιουργία εξανθημάτων που επιφέρουν τελικά την αποκόλληση του επιχρίσματος. Τα μακροπορώδη επιχρίσματα επιτρέπουν την εξάτμιση του νερού και την διόδο των υδρατμών (Fortunati, 2001 και Coppola, 1998). Το εν λόγω επίχρισμα έχει μελετηθεί στο εργαστήριο για να διαπιστωθεί η



αντοχή του στην επίδραση αλάτων (Maravelaki-Kalaitzaki, 2004). Η κύρια κατανομή της ακτίνας των πόρων, που συμβάλλει στην δράση του μακροπορώδους επιχρίσματος, εντοπίζεται μεταξύ 0,1 και 50  $\mu\text{m}$  (Εικ. 7).

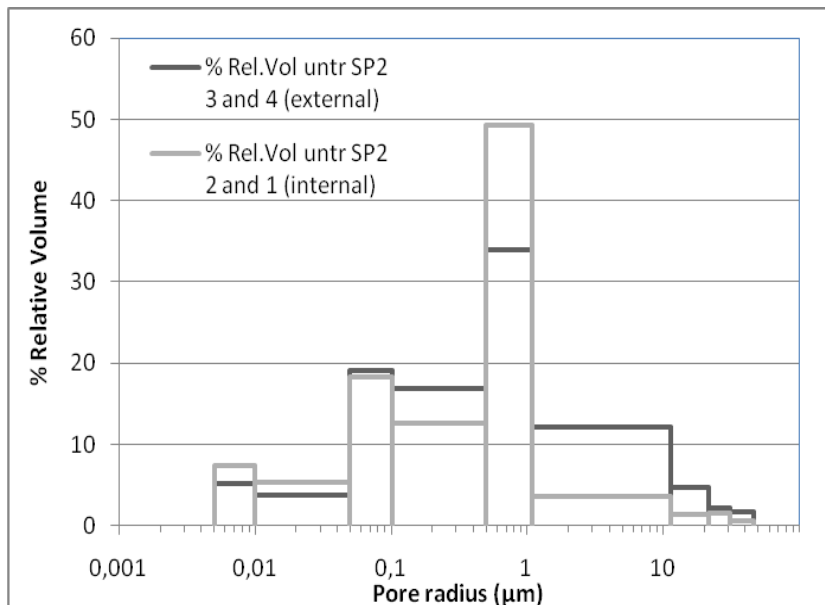


Εικόνα 6. FTIR φάσμα ευδιάλυτων αλάτων που ανιχνεύθηκαν στους θόλους του Μουσείου.

Οι ασβεστόλιθοι του Μουσείου χαρακτηρίζονται από πόρους με ακτίνα από 0,01 έως 10  $\mu\text{m}$ , ενώ οι ασβεστιτικοί ψαμμίτες εμφανίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό των πόρων τους να έχει ακτίνα από 1 έως 20  $\mu\text{m}$ . Οι μεγάλοι πόροι που απαντώνται στους ασβεστιτικούς ψαμμίτες επιτρέπουν την κρυστάλλωση των αλάτων χωρίς εξάσκηση πιέσεων στους πόρους του λίθου και δημιουργία ρωγμών (Maravelaki-Kalaitzaki, 2008). Είναι χαρακτηριστικό ότι αυτό το είδος των λίθων αποτελεί βασικό δομικό υλικό των παράκτιων κατασκευών στην Κρήτη. Τα χαρακτηριστικά των πόρων των ασβεστιτικών ψαμμιτών προσομοιάζουν με εκείνα του μακροπορώδους επιχρίσματος.

Σε εργαστηριακές μετρήσεις υδατοαπορρόφησης με τριχοειδή αναρρίχηση του ασβεστιτικού ψαμμίτη ευρέθησαν πολύ μεγάλες τιμές του συντελεστού απορρόφησης  $A=30,52 \text{ mg/cm}^2 \text{ s}^{1/2} \pm 8,6$  σε σχέση με τον ασβεστόλιθο που έχει  $A=5,23 \text{ mg/cm}^2 \text{ s}^{1/2} \pm 5,2$  και ένα ασβεστιτικό κονίαμα που έχει  $A \sim 20 \text{ mg/cm}^2 \text{ s}^{1/2}$ . Με βάση αυτά τα αποτελέσματα της υδατοαπορρόφησης εκτιμάται ότι τα λίθινα του κτιρίου αποτελούν σημείο που διευκολύνει την είσοδο του νερού στο εσωτερικό και ως εκ τούτου την

δημιουργία εκτεταμένης υγρασίας. Σε αυτή την παρατήρηση συνηγορούν και οι μεγάλες τιμές υγρασίας που μετρήθηκαν στα λίθινα σε σχέση με τα επιχρίσματα τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του κτιρίου.



Εικόνα 7. Κατανομή της ακτίνας των πόρων (μm) και % ποσοστό πόρων για το εξωτερικό (ALB SP2-3 και ALB SP2-4 ) και εσωτερικό (ALB SP2-2 και ALB SP2-1) τμήμα των επιχρισμάτων ALB SP2.

Τα λίθινα τμήματα δεν πρέπει να παραμείνουν ακάλυπτα και πρέπει να επαλειφθούν με αλκοξυσιλάνιο. Οι δοκιμές έδειξαν την καταλληλότητα του αλκοξυσιλανίου για μείωση της υδατοαπορρόφησης. Μετά τον έλεγχο των πιλοτικών εφαρμογών ακολούθησε η επίχριση των λίθινων τμημάτων με το υδατοαπωθητικό υλικό, που ταυτόχρονα επιτρέπει την κανονική κυκλοφορία των υδρατμών (Maravelaki-Kalaitzaki, 2007). Στην Εικόνα 8 παρουσιάζεται η βόρεια εξωτερική πλευρά του Μουσείου μετά την εφαρμογή των διαπνεόντων επιχρισμάτων, όπου δεν παρατηρείται το μέτωπο της υγρασίας κοντά στο δάπεδο και στο ύψος των θόλων.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι επεμβάσεις αποκατάστασης ιστορικών κτιρίων διέπονται από μία ακολουθία διαδικασιών που περιλαμβάνει διαγνωστικές τεχνικές της υπάρχουσας κατάστασης διάβρωσης και επιλογή μεθόδων συντήρησης με υλικά συμβατά με τα υπάρχοντα (Μογορούλιου, 2003). Στην περίπτωση του Μουσείου Κισάμου δεν εφαρμόστηκε καμιά διαγνωστική διαδικασία για

την μελέτη των αρχικών δομικών υλικών του κτιρίου. Επεμβάσεις με μη συμβατά υλικά με τα υπάρχοντα, όπως τσιμεντοκονίες, ελαφρομπετόν και τσιμεντιτικά ενέματα αναδείχτηκαν ως οι κύριες τεχνικές αποκατάστασης στο Μουσείο Κισάμου. Επιπρόσθετα, απορρίφθηκε η επίχριση των εξωτερικών τοίχων, που αποτελεί τακτική προστασίας των δομικών υλικών από παλαιότατους χρόνους (Lugli, 1957).



Εικόνα 8. Αποψη της βόρειας εξωτερικής πλευράς του Μουσείου Κισάμου μετά την εφαρμογή συμβατών υλικών.

Οι συνέπειες των πρώτων ατυχών επεμβάσεων απέκλεισαν την λειτουργικότητα του κτιρίου, αλλά και καθόρισαν αποφασιστικά τις επιλογές των νέων επεμβάσεων. Τα κριτήρια που κυριάρχησαν στην επιλογή μεθόδων και υλικών των νέων επεμβάσεων συντήρησης συνοψίζονται στην μείωση της υδατοαπορροφητικότητας των δομικών υλικών και στην αύξηση της διαπερατότητας σε υδρατμούς. Αυτοί οι δύο παράγοντες, που είναι συχνά ανταγωνιστικοί, ικανοποιούνται με την επιλογή διαπνεόντων επιχρισμάτων και χρωμάτων. Η εφαρμογή τους αντιμετώπισε τα προβλήματα των προηγούμενων επεμβάσεων και απέδωσε την λειτουργικότητα του κτιρίου.

Από τις εργασίες αποκατάστασης του Μουσείου προκύπτει η αναγκαιότητα εφαρμογής διαγνωστικών μεθόδων, πριν από οποιαδήποτε επέμβαση, η χρήση συμβατών υλικών με τα υπάρχοντα και η δυνατότητα επανάληψης επεμβάσεων συντήρησης, αν χρειαστεί στο μέλλον. Το

τελευταίο επιτυγχάνεται μόνο με την επιλογή συμβατών υλικών με τα υπάρχοντα κατά τις εργασίες συντήρησης και αναστήλωσης.

#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Biscontin, G., and Graziano L., “Conservation of Architectural Surfaces: Stones and Wall Covering”, *Il Cardo*, Venice (1993)

Bulletin WTA 2-6-99/D, “System of protective renderings, Supplementary”, WTA Publications, c/o ETH Zürich, IBWK, CH Zürich, (2000)

Coppola L., “Gli intonaci macroporosi”, *L’Edilizia*, 3(4) (1998) 52-59

Fortunati G., Dal Bo A., Torresan I., Biscontin G., Driussi G., “De-humidifying render for historic masonry: study of macroporous mechanism and salts crystallisation inside pores”, in *Proceedings of the 8<sup>th</sup> Euroseminar Applied to Building Materials*, (Athens Greece September 4-7 2001), NTUA Ed., Athens, Greece (2001) 435-442

Lugli G., “La tecnica edilizia romana”, Bardi Editore, Roma (1957)

Maravelaki-Kalaitzaki P., “Restoration of the Venetian Fortress of Firka, Chania, Crete, Greece”, in *Proceedings 7<sup>th</sup> National Congress on Mechanics (HSTAM2004)*, Hellenic Society for Theoretical & Applied Mechanics, Technical University of Crete, (Chania Crete June 24-26 2004), Eds. A. Kounadis, C. Providakis and G. Exadaktylos, Chania, Greece (2004) 44-50

Maravelaki-Kalaitzaki P., Kallithrakas-Kontos N., Agioutantis Z., Maurigiannakis S. and Korakaki D., “A comparative study of porous limestones treated with silicon-based strengthening agents”, *Progress in Organic Coatings*, Vol. 62, Issue 1 (2008) 49-60

Maravelaki-Kalaitzaki P., “Hydraulic lime-mortars with siloxane for waterproofing historic masonry”, *Cement and Concrete Research*, 37(2), (2007) 283-290

Moropoulou A, Bakolas A. and Bisbikou K, “Physico-chemical adhesion and cohesion bonds in joint mortars imparting durability to the historic structures,” *Construction and Building Materials*, Vol. 14, Issue 1 (2000) 35-46

Moropoulou A., Polikreti K., Ruf V. and Deodatis G., “San Francisco Monastery, Quito, Equador: characterisation of building materials, damage assessment and conservation considerations”, *Journal of Cultural Heritage*, Volume 4, Issue 2 (2003) 101-108

NORMAL 13/83/UNI-Beni Culturali 11087 (2003), *Dosaggio dei Sali solubili*, CNR-ICR, Roma, 1983, Milano, 2003.

Simon S, Desalination by poulticing: laboratory study on controlling parameters, in *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, D. Kwiatkowski (Ed.) (Stockholm Sweden June 27–July 2 2004), Stockholm, Sweden, (2004) 323-330