

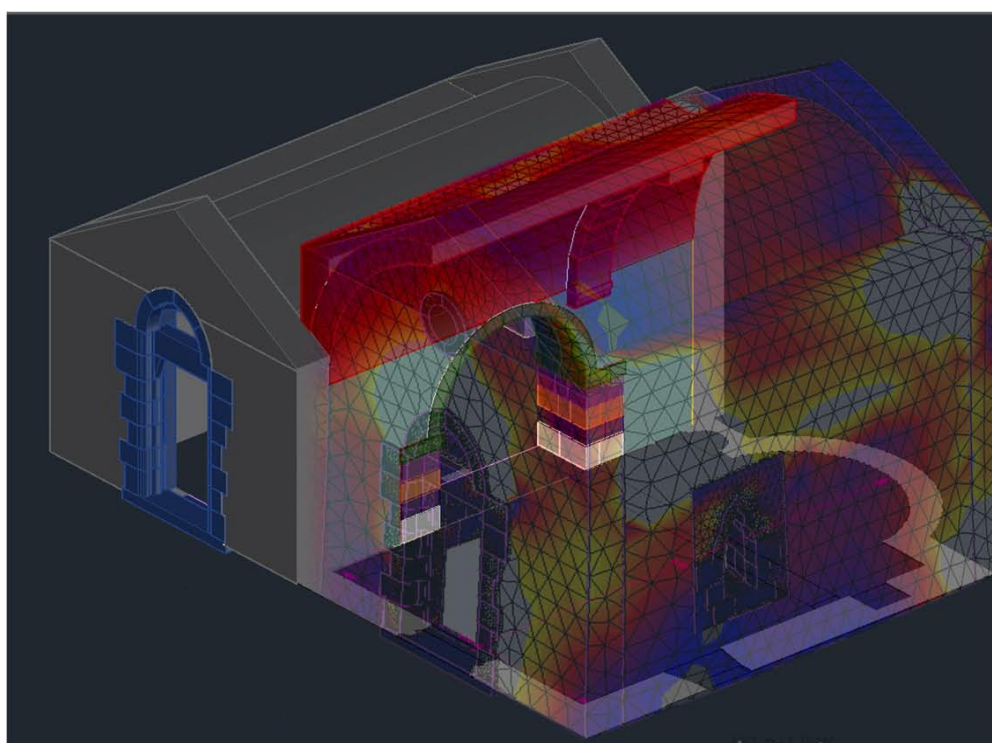
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ -ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Χώρος, Σχεδιασμός και Δομημένο Περιβάλλον

Ολοκληρωμένη προστασία ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος με σύγχρονες τεχνολογίες και προηγμένα υλικά



Μεταπτυχιακή διατριβή

Διερεύνηση μηχανισμού αστοχίας οξυκόρυφου μονόχωρου ναού και της επίδρασης μεταγενέστερων επεμβάσεων.

Επιβλέπουσα: Μαρία Σταυρουλάκη

Φοιτήτρια: Αικατερίνη Μεσαριτάκη

ΧΑΝΙΑ 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	6
1. Ναοδομία στην Κρήτη - Τυπολογίες προσθήκης	7
1.1. Ιστορία – Αρχιτεκτονική.....	7
1.2. Μορφολογία και προσθήκη κλιτών.....	12
1.3. Οικοδομική - Γλυπτική.....	15
2.1. Παραδείγματα μονόχωρων ναών.....	18
2. 2. Παραδείγματα δίκλιτων ναών.....	26
3. Συγκριτική μελέτη τριών ναών.....	36
Θολωτές κατασκευές- λειτουργία τοξωτών φορέων	60
Σεισμικές παράμετροι.....	71
4. Μελέτη Παθολογίας	76
Αρχάγγελος	766
Παναγία Κερά.....	79
Αγ. Αντώνιος.....	82
5. Στατική ανάλυση	98
5.1. Μονόχωρος ναός	99
Μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων	104
5.2. Δίχωρος ναός	123
5.3. Ιδιομορφική Ανάλυση συγκριτικά.....	143
5.4. Σύγκριση σε Δυναμική φόρτιση – Επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα Ψ	149
5.5. Σύγκριση σε Δυναμική φόρτιση – Επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα Χ	159
Συμπεράσματα.....	164
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	170

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη είχε ως αφετηρία την συγκριτική παρατήρηση της ναοδομίας της κρητικής υπαίθρου κατά την περίοδο της ενετικής κτήσης στο νησί (1204-1669). Η έρευνα εστιάζει στην παρεμφερή παθολογία που παρουσιάζουν οι μονόχωροι και δίχωροι ναοί με οξυκόρυφο θόλο και γοτθικής μορφολογίας θυρώματα από λαξευτή λιθοδομή και στον μηχανισμό αστοχίας τους. Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται ως τυπικό δείγμα ένας μονόχωρος δρομικός ναός με οξυκόρυφο θόλο και η κατ' έκταση προσθήκη σε αυτόν ενός δεύτερου κλίτους. Η διερεύνηση του μηχανισμού αστοχίας γίνεται μέσα από την τρισδιάστατη προσομοίωση του ναού και την ανάλυση του με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Τα πλέον ευπαθή σημεία της κατασκευής, για την ακριβέστερη προσέγγιση της γεωμετρίας τους, σχεδιάστηκαν τρισδιάστατα και μελετήθηκαν ξεχωριστά ως μεμονωμένοι λίθοι, με δυνατότητα μεταξύ τους τριβής και αποκόλλησης. Μέσα από την αναλυτική απεικόνιση της εν ξηρώ δόμησης της λαξευτής λιθοδομής των ανοιγμάτων και της αργολιθοδομής της τοιχοποιίας που τα συνδέει, επιχειρείται η καλύτερη κατανόηση της δομής και της λειτουργίας της αρχικής κατασκευής, σε δυναμική φόρτιση, ως σύνθετος φορέας χωρίς γεωμετρικές απλουστεύσεις. Η έρευνα στηρίχθηκε στην αποτύπωση του ναού του Αγ. Αντωνίου, πλησίον του χωριού Κ. Ασίτες της επαρχίας Μαλεβιζίου του 15^{ου} αι. ο οποίος αποτελείται από δυο οικοδομικές φάσεις. Ως κ τούτου μελετήθηκαν συγκριτικά δυο μοντέλα πεπερασμένων στοιχείων, τα οποία απεικονίζουν τις δυο οικοδομικές φάσεις του ναού. Το πρώτο μοντέλο είναι ένας μονόχωρος ναός, με οξυκόρυφο θόλο και δυο ανοίγματα και το δεύτερο μοντέλο αποτελεί την κατά πλάτος και καθ' ύψος επέκταση του αρχικού με την προσθήκη ενός όμοιου παράλληλου κλίτους και την τοποθέτηση πεσοστοιχίας σε αντικατάσταση του μεγαλύτερου μέρους του νότιου φέροντος τοίχου. Οι λίθοι των θυρωμάτων, των σφενδονίων, του τόξου και των πεσσών διακριτοποιήθηκαν ξεχωριστά. Τα δυο μοντέλα εξετάσθηκαν συγκριτικά σε στατική φόρτιση καθώς και δυναμική ανάλυση στο χρόνο με καθορισμένη μετακίνηση βάσης κατά τους δυο άξονες, έτσι ώστε να προκύψει μια συνολική εικόνα της συμπεριφοράς του κτίσματος σε εντός και εκτός επιπέδου φόρτιση. Από την ανάλυση καθορίστηκαν οι περιοχές μέγιστων τάσεων και μετατοπίσεων στις δυο τυπολογίες κτιρίων και έγινε ταύτιση των περιοχών πιθανής αστοχίας που προκύπτουν από την υπολογιστική διαδικασία με τις αντίστοιχες εικόνες παθολογίας των ναών που παρατηρήθηκαν στην πράξη. Τέλος με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης διερευνήθηκε ο βαθμός κατά τον οποίο επηρεάζεται η μηχανική συμπεριφορά του αρχικού ναού στις ίδιες συνθήκες δυναμικής φόρτισης, συγκριτικά με την γεωμετρία του ναού όπως προκύπτει μετά την προσθήκη δεύτερου κλίτους σε επεμβάσεις μετατροπής του αρχικού κελύφους του κτίσματος σε μεταγενέστερη οικοδομική φάση.

Study of structural behavior and failure mechanism of a typical venetian temple in Crete with one and two aisles due to subsequent interventions

Abstract.

The aim of this research is to find the common points of the structural pathology of the temples in Cretan countryside that were constructed during the venetian period of occupation of the island, based on the static and dynamic analysis. The study focuses in two church types the simple basilica and the addition in continuity of a second aisle. These temples are studied as a typical sample of a two aisle church in Crete. The failure mechanism of this typology is investigated by applying the finite element method analysis on designed 3d models. The geometry of the 3d model used for the analysis is based on the documentation of a real structure, the church of st. Antonios in the area of Petali, near the village of Asites in Heraklion, a historical masonry building of the 15th century of two parallel elongated vaulted spaces. The church was build in two construction phases and today the two vaults and the first aisle have collapsed. Therefore the remaining structure offers a wide variety field for research to determine the causes of its failure. The openings of the building, that usually constitute the most vulnerable parts of the construction were designed and studied separately, stone by stone. The possibility of sliding and friction forces were added to investigate the influence of boundary conditions to the dynamic behavior of the structure. For the study four different finite elements models were analyzed, in comparison, two for the simulation of each vaulted structure , the single aisle church and the two aisle church in order to study the static and the dynamic behavior of these buildings. From the analysis the areas of maximum principal stresses and displacements for each model were determined, in order to understand the structural behavior of the buildings and to identify the cause of some of the principal visible cracks and failures of the existing state of the building.

Etude du fonction structurelle d une église typique de l'époque vénitienne en Crète, modélée par éléments finis et l'influence d une intervention subséquente de l'extension d'une collatéral supplémentaire située en parallèle.

Για την πολύτιμη καθοδήγηση, στήριξη και βοήθεια σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Χώρος Σχεδιασμός και Δομημένο Περιβάλλον - Ολοκληρωμένη προστασία Ιστορικού Δομημένου Περιβάλλοντος με σύγχρονες τεχνολογίες και προηγμένα υλικά» του Τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης, ευχαριστώ θερμά την κ. **Σταυρουλάκη Μαρία**, Επίκουρη Καθηγήτρια του Πολυτεχνείου Κρήτης . Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Σκουτέλη Νικόλαο, Καθηγητή της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης και τον κ. Προβιδάκη Κωνσταντίνο, καθηγητή του Γενικού τμήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης για τις παρατηρήσεις τους.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εξαιτίας του πολύ μεγάλου αριθμού ναών της Κρητικής υπαίθρου που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά τόσο σε επίπεδο τυπολογίας όσο και σε επίπεδο διακοσμητικών στοιχείων, προκύπτει η ανάγκη μελέτης του τρόπου στατικής λειτουργίας του φέροντος οργανισμού τους, καθώς τα συμπεράσματα που θα προκύψουν, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στο μεγαλύτερο μέρος των περιπτώσεων παρόμοιας γεωμετρίας. Φυσικά κάθε περίπτωση διερεύνησης της παθολογίας ενός ναού είναι διαφορετική και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η μορφολογία του υπεδάφους θεμελίωσης και οι φυσικοχημικές ιδιότητές του, η ύπαρξη πιθανού υδροφόρου ορίζοντα σε μικρή απόσταση για περιπτώσεις καθιζήσεων, ο προσανατολισμός του ναού αναφορικά με πιθανά ενεργά σεισμικά ρήγματα, η εγγύτητα ως προς αυτά, κλπ.

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης ένα τυπικό δείγμα μονόχωρου δρομικού ναού με οξυκόρυφο θόλο, όπως προκύπτει μετά από συγκριτική μελέτη ανάλογης ναοδομίας της κρητικής υπαίθρου κατά την περίοδο της ενετικής κτήσης (1204-1669μ.Χ.). Στην συνέχεια εξετάζεται ο βαθμός κατά τον οποίο επηρεάζεται η μηχανική συμπεριφορά του ναού εξαιτίας μεταγενέστερων επεμβάσεων μετατροπής του αρχικού κελύφους του κτίσματος σε διαφορετικές οικοδομικές φάσεις, με την παράλληλη προσθήκη ενός μεγαλύτερου κλίτους σε επαφή δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό έναν δίκλιτο ναό.

Τα κτίσματα αυτής της τυπολογίας παρουσιάζουν ομοιότητες ως προς την παθολογία και κατ' επέκταση τον τρόπο αστοχίας τους. Η διερεύνηση της αστοχίας αφορά συγκεκριμένης μορφής και σύνδεσης τόξα καθώς και την συγκριτική μελέτη ενός μονόχωρου και ενός δίχωρου ναού ως τυπολογία, με έμφαση στο δεύτερο προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο η προσθήκη της δεύτερης οικοδομικής φάσης επηρεάζει θετικά ή αρνητικά την λειτουργία του αρχικού κλίτους ως ενίσχυση της συνολικής ακαμψίας του φορέα ή επιβάρυνση του μεσαίου θεμελίου με επιπρόσθετα φορτία διπλάσιου και πλέον μεγέθους.

Η διερεύνηση του μηχανισμού αστοχίας γίνεται με την τρισδιάστατη προσομοίωση ενός μονόχωρου ναού και την ανάλυση του με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Μέσα από την ακριβέστερη προσέγγιση της γεωμετρίας των πλέον ευπαθών σημείων της κατασκευής, όπως για παράδειγμα η λαξευτή λιθοδομή των ανοιγμάτων, στα οποία δίδεται η δυνατότητα αποκόλλησης μεταξύ των δόμων μέσω δυνάμεων τριβής, επιχειρείται η καλύτερη κατανόηση της δομής και του τρόπου λειτουργίας της κατασκευής και του μηχανισμού αστοχίας της για δυναμική φόρτιση.

Σε μια αντίστροφη πορεία κατανόησης και ερμηνείας του μονόχωρου και του δίχωρου ναού ως μορφή αφενός και ως στατικού φορέα αφετέρου, στα επόμενα κεφάλαια επιχειρείται η ένταξη των δυο αυτών τύπων σε επιμέρους ευρύτερα υποσύνολα. Όσον αφορά την μορφή μελετώνται η χρονική περίοδος, η τοπική οικοδομική, η κοινή μορφολογία και διακόσμηση ακολουθώντας πιστά το πρότυπο της Βενετίας, το χωρικό πλαίσιο και η τοπική αρχιτεκτονική ενώ για την δομική συμπεριφορά, εξετάζεται η λειτουργία τους ως θολωτές κατασκευές, η παθολογία και η συμπεριφορά τους σε στατική και δυναμική φόρτιση.

1. ΝΑΟΔΟΜΙΑ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ - ΤΥΠΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ

1.1. ΙΣΤΟΡΙΑ – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η κατάκτηση της Κρήτης από τους βενετούς σήμανε τη ραγδαία μεταβολή του δομημένου χώρου τόσο για τα αστικά κέντρα όσο και για την ύπαιθρο. Ο ελληνικός κλήρος στην αρχή της βενετικής κυριαρχίας, ήταν αρκετά περιορισμένος και η νομοθεσία της εποχής εμποδίζει την περεταίρω ανάπτυξή του ενώ ταυτόχρονα η παραχώρηση προνομίων στους νέους ιερείς αποτέλεσε την αφορμή για την αύξηση του αριθμού των ιερέων και των μοναχών. Παράλληλα με την αύξηση του μοναστικού βίου, πληθαίνουν οι ορθόδοξες ενορίες, οι εκκλησίες και τα παρεκκλήσια, τα μοναστήρια και τα ερημητήρια (Gerola, 1993 σ. 172). Έτσι, οι οικισμοί γέμισαν με ναούς κάθε σχήματος ενώ στην ύπαιθρο κατασκευάστηκαν εκκλησιάκια και παρεκκλήσια, τόσο στις πεδινές όσο και στις ορεινές εκτάσεις. Παράλληλα ανεγέρθηκαν πολλοί μοναστηριακοί ναοί και ανακαινίσθηκαν άλλοι που προϋπήρχαν, με την τυπολογία που χαρακτήριζε κάθε φορά την εποχή της ανεγέρσεώς τους.

Μετά το πέρας της πρώτης περιόδου της βενετικής κυριαρχίας που χαρακτηριζόταν από διαμάχες με τον τοπικό πληθυσμό, οι βενετοί άποικοι της επαρχίας είχαν πλέον ενσωματωθεί με το ελληνικό στοιχείο τόσο στη γλώσσα, όσο και στα ήθη, και τα έθιμα. Σε πολλές περιπτώσεις το κίνητρο μιας νέας κατασκευής ήταν η υπόμνηση της αίγλης της αριστοκρατικής καταγωγής των κτητόρων η οποία εκφραζόταν με την μορφή ενός θρησκευτικού έργου. Από την άλλη πλευρά οι Κρήτες ευγενείς, συμμετείχαν στο ίδιο ρεύμα με αποτέλεσμα ο αριθμός των ναών να αυξάνεται εκθετικά.

Για την πόλη του Χάνδακα πολυάριθμα εκκλησιάκια καταγράφονται σε έγγραφο του 1387, κατασκευασμένα από πέτρες και ασβέστη. Ένας παλιός κατάλογος αναφέρει 108 ορθόδοξες εκκλησίες στην πρωτεύουσα της Κρήτης. Ίδιο αριθμό αναφέρει και ο χάρτης του Wedrmüller και ο χάρτης του Coronelli. (Gerola, 1993 σ. 172) Στα Χανιά και στο Ρέθυμνο οι εκκλησίες υπερβαίνουν κατά λίγο, τις τριάντα σε κάθε πόλη ενώ στην Σητεία ήταν μόλις έντεκα. Στις επαρχίες, το 1632 καταγράφονται 376 μοναστήρια ορθόδοξων μοναχών. Μια εκτίμηση του συνολικού αριθμού των εκκλησιών, που σώζονται είτε ολόκληρες είτε ίχνη τους, με βάση τις αναφορές του Gerola ανέρχεται στον υπερβολικό αριθμό των 5.000, για έναν αγροτικό πληθυσμό μικρότερο από 200.000. (Gerola, 1993 σ. 172). Με έναν απλό αναλογισμό διαπιστώνουμε πως κατά προσέγγιση, ανά 40 κατοίκους του νησιού, υπήρχε και μια εκκλησία.

Σύμφωνα με τον Ανδριανάκη, στην ύπαιθρο καταγράφεται σε αρχειακές πηγές ένα σύνολο που αριθμεί κατά προσέγγιση χίλιους ναούς, μικρών διαστάσεων, πολλοί εκ των οποίων είναι τοιχογραφημένοι με χρονολογία ανέγερσης που κυμαίνεται κυρίως από το δεύτερο μισό έως και τα τέλη του 15ου αιώνα. (Μιχάλης Ανδριανάκης, 2012 σ. 47). Στην μελέτη της Γκράτζιου οι εκκλησίες της Κρήτης αναφέρονται ως αναρίθμητες (Γκράτζιου,

2010 σ. 93). Η ίδια μελέτη εστιάζει στην συνέχεια στην τυπολογία των μονόχωρων ναών όπου σύμφωνα με τον Gallas για ένα σύνολο χιλίων περίπου μεσαιωνικών εκκλησιών οι οκτακόσιες περίπου είναι μονόχωροι ναΐσκοι. Το δείγμα του είναι επηρεασμένο από την καταγραφή του Gerola των 900 περίπου τοιχογραφημένων εκκλησιών. (Gerola, 1933 pp. 139-216) Σε πολλές περιπτώσεις όμως στους ναούς δεν διασώζονταν οι τοιχογραφίες κατά την εποχή της περιήγησης του Gerola και ως εκ τούτου δεν συμπεριελήφθησαν στην καταγραφή. Μια πλήρης καταγραφή του συνόλου των εκκλησιών της Κρήτης δεν έχει υλοποιηθεί ακόμα ούτε αριθμητικά ούτε και ως χωροθέτηση. Η μελέτη του Λασιθιωτάκη αναφέρει 141 εκκλησίες της Δυτικής Κρήτης (Λασιθιωτάκης, 1969 σσ. 177-233, 459-493) χρονολογούμενες από τον 11^ο έως τον 17^ο αι. Από τις οποίες οι 111 είναι μονόχωρες.

Οι ναοί ως πλήρως ή μερικώς σωζόμενα κτίρια επιτρέπουν την μελέτη των οικοδομικών τεχνικών που εφαρμόστηκαν για την κατασκευή τους καθώς και την διάκριση των διαφορετικών οικοδομικών φάσεων στις περισσότερες περιπτώσεις με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, τις τοιχογραφίες ή και δομικά υλικά σε δεύτερη χρήση από κοσμικά ή θρησκευτικά κτίσματα παλαιότερων εποχών. Κατά την περίοδο της Ενετικής κτήσης στην Κρήτη (1204-1669) χρησιμοποιήθηκε ως επί το πλείστον η τυπολογία της δρομικής βασιλικής στεγαζόμενη με οξυκόρυφο θόλο, κατασκευασμένη από αργολιθοδομή ως κύριο τρόπο δόμησης και λαξευμένους λίθους για την διαμόρφωση των ανοιγμάτων, με πλήθος τροποποιήσεων όσον αφορά τα μεγέθη και τις επεμβάσεις σε μεταγενέστερες οικοδομικές φάσεις.

Η χρονολογική ταξινόμηση των εκκλησιών και της αρχιτεκτονικής τους, ως μεμονωμένα κτίρια, αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα. Οι αρχειακές πηγές είναι περιορισμένες για την μελέτη μεμονωμένων ναών της υπαίθρου και οι επιγραφές δεν επαρκούν σε πολλές περιπτώσεις καθώς αναφέρονται σε νεότερες επεμβάσεις ή προσθήκες και όχι σε καινούρια εκ θεμελίων κτίρια. Η μελέτη της ίδιας της οικοδομικής κάθε κτίσματος, που σήμερα είναι κατεστραμμένο ή ανακαινισμένο σε μια ή πολλές φάσεις ή επιχρισμένο στις όψεις του, δεν μπορεί να μας οδηγήσει σε ολοκληρωμένα συμπεράσματα. Οι όψεις των κτιρίων είναι απλές, χωρίς ιδιαίτερα χαρακτηριστικά από τα οποία να μπορέσει να αντλήσει κανείς ασφαλείς πληροφορίες. Ακόμη και στις περιπτώσεις ναών με ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά και περίτεχνα διακοσμητικά μοτίβα, δεν επαρκούν για την ακριβή χρονολόγηση ενός κτίσματος καθώς καταδεικνύουν απλώς μια ευρύτερη χρονική περίοδο όπου οι ίδιες διακοσμητικές φόρμες κοσμούν κτίρια κοντινής περιόδου κτίσης βασισμένης πάντοτε στα βενετικά πρότυπα. Η χρήση των ίδιων ρυθμών και οικοδομικών κανόνων – αναλογιών καθώς και η επανάχρηση οικοδομικού υλικού παλαιότερων κατασκευών είναι παράγοντες που μπορούν ομοίως να επηρεάσουν λανθασμένα την χρονολόγηση ενός ναού.

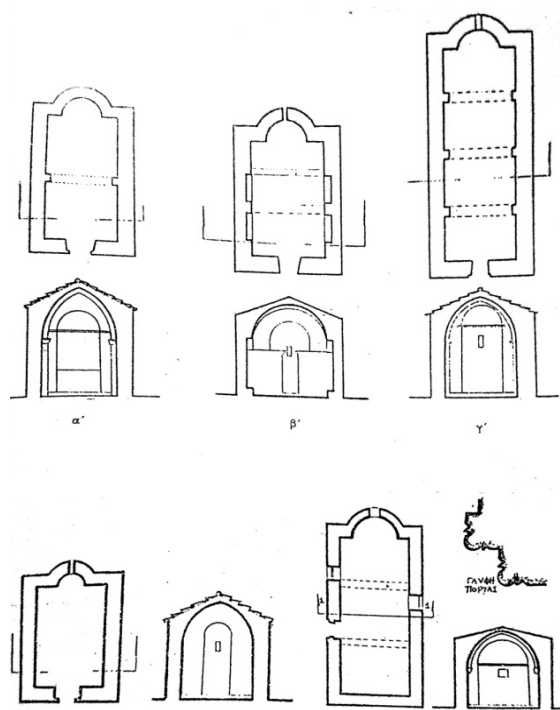
Οι επιρροές από την Βενετία είναι εμφανείς τόσο για τους ναούς που ανοικοδομήθηκαν εξ αρχής όσο και για εκείνους που επισκευάσθηκαν μετά τον σεισμό του 1303. Ο σεισμός του 1303 κατέστρεψε μεγάλο μέρος από τους αρχαίους ναούς και ανάγκασε τους πιστούς να επιλέξουν την απλούστερη δυνατή λύση από πλευράς μορφολογίας για την επανοικοδόμησή τους. Για τον ίδιο λόγο, περιορίστηκε ο όγκος τους ώστε ν' αποφευχθούν βλάβες από πιθανούς μελλοντικούς σεισμούς και ταυτόχρονα

μειώθηκε η αίγλη τους εξαιτίας των δύσκολων συνθηκών που επικρατούσαν εκείνη την εποχή στο νησί.

Συνεπώς ήδη από τον XIII αιώνα άρχισε να κυριαρχεί στην Κρήτη ο μονόχωρος καμαροσκέπαστος ναός. Το σύστημα αυτό είχε ιδιαίτερα μεγάλη απήχηση ώστε ακόμη και σε περιπτώσεις όπου υπήρχε η δυνατότητα υλοποίησης ενός πιο περίπλοκου αρχιτεκτονικά σχεδίου ναού, προτιμούσαν να αυξήσουν τον αριθμό των κλιτών σε υφιστάμενο κτίσμα, τοποθετώντας τα με διάφορους τρόπους σε παράθεση, σε ένα ενιαίο σύνολο από το οποίο δεν έλλειπε η συμμετρία και η αρμονία. Πολλές από τις εκκλησίες προέκυψαν απ την μετασκευή κάποιου παλαιότερου κτιρίου, που μπορεί να είχε κατασκευαστεί για λατρευτική ή άλλη χρήση (κυρίως μνημεία ελληνικά ή ρωμαϊκά ή και από παλαιότερους κατεστραμμένους ναούς).

Η αρχιτεκτονική τους παρά τα κοινά χαρακτηριστικά, δεν αποτελεί μια αδιαφοροποίητη και ομοιόμορφη ομάδα. Αποτελεί την βασική οικοδομική μονάδα (εικ. 1-3) που πολλαπλασιαζόμενη σε διάφορους συνδυασμούς (εικ. 4) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό στοιχείο πολλών κτηριακών τύπων (Γκράτζιου, 2010 σ. 97).

Εξετάζοντας τις εκκλησίες της περιόδου 13^{ου}-15^{ου} αι. διαπιστώνουμε ότι οι περισσότερες είναι μικρών διαστάσεων, στεγάζονται με δικλινή στέγη και κατά κανόνα δεν έχουν νάρθηκα. Από την ανατολική πλευρά η κάτοψη του ναού είναι ανοιχτή σε αψίδα και προεκτείνεται προς τα έξω η μεσοκυκλική ή μεσοελλειπτική κόγχη, στεγασμένη και αυτή με σφαιρικό θόλο. Το μήκος στους περισσότερους ναούς δεν ξεπερνά τα 5μ και το πλάτος κυμαίνεται περίπου στα 3μ ως εξωτερικές διαστάσεις της τοιχοποιίας χωρίς την προεξοχή της κόγχης στα ανατολικά. Στην μελέτη της Γκράτζιου (Γκράτζιου, 2010 σσ. 93,98) οι αναλογίες πλάτους προς μήκος κυμαίνονται από 1:1,65 έως 1:1,90 με πιο συνηθισμένες τις αναλογίες της χρυσής τομής. Κατηγοριοποιεί δυο κύρια μεγέθη ως τα συχνότερα καταγραφόμενα διαστάσεων 5*3 για το μικρό μέγεθος και 8*4,80 για το μεγάλο. Οι διαστάσεις αυτές αντιστοιχούν σε 16*10 πόδια και 25*15 πόδια. Οι αναλογίες πλάτους προς ύψος στο εξωτερικό του κτιρίου είναι σχεδόν 1:1 όταν οι καμάρες είναι ημικυκλικές, ενώ στις οξυκόρυφες η αναλογία αυτή διαφοροποιείται καθ' ύψος στο 1:1,2 που μπορεί να φτάσει και το 1:1,50. Ανάλογη μελέτη έχει δημοσιευθεί από την κ. Δάφνη Χρονάκη (Μετρολογικές παρατηρήσεις σε κτίρια εποχής Ενετοκρατίας στην Ανατολική Κρήτη, 2000 σ. 409). Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζονται κατόψεις και τομές μονόχωρων ναών κατά Λασσιθιωτάκη, από το βιβλίο της Γκράτζιου.



ΕΙΚΟΝΑ 1. Κατόψεις και τομές μονόχωρων ναών (Γκράτζιου, 2010 σ. 99)

Οι πιο μικρές εκκλησίες ενδέχεται να έχουν πραγματικά πολύ μικρό μέγεθος, όπως η Αγία Φωτεινή κοντά στον Αγ. Βασίλειο Μπελβεντέρε, που έχει μήκος 3,05μ. και πλάτος 2,30μ., Ο Αγ. Κωνσταντίνος κοντά στον Άγιο Θωμά Μονοφατσίου έχει μήκος 2,85μ. και πλάτος 2,05μ. Ο Αγ. Νικόλαος στο Χάρακα Μονοφατσίου είναι 3,05 επί 1,90μ. (Gerola, 1993)

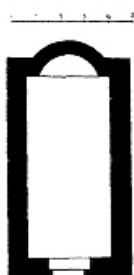
Η ανατολική και δυτική όψη στην άνω πλευρά τους καταλήγουν σε τριγωνική μορφή εδραζόμενη στην άνω πλευρά της στέψης των πλευρικών φερόντων τοίχων. Το ύψος της τριγωνικής αυτής μετώπης ποικίλει καθώς καθορίζεται από το πλάτος και το ύψος της εσωτερικής θολοδομίας. Σε περιπτώσεις λιγότερο ή περισσότερο οξυκόρυφης γεωμετρίας του θόλου, το ύψος διαμορφώνεται ανάλογα σε χαμηλότερο ή υψηλότερο αντίστοιχα.

Τα ανοίγματα στους ναούς είναι συνήθως ένα παράθυρο μικρών σχετικά διαστάσεων σε κάθε πλευρικό τοίχο, ενώ η κύρια είσοδος βρίσκεται κατά κανόνα στην δυτική πλευρά. Οι αναλογίες των ανοιγμάτων διαφοροποιούνται ανάλογα με το μέγεθος του κάθε ναού. Όταν το ύψος και το μήκος το επιτρέπει διευρύνονται και σε αρκετά παραδείγματα επάνω από την δυτική είσοδο ανοίγεται κυκλικός φεγγίτης, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις τοποθετείται και δεύτερη είσοδος σε έναν από τους φέροντες τοίχους.

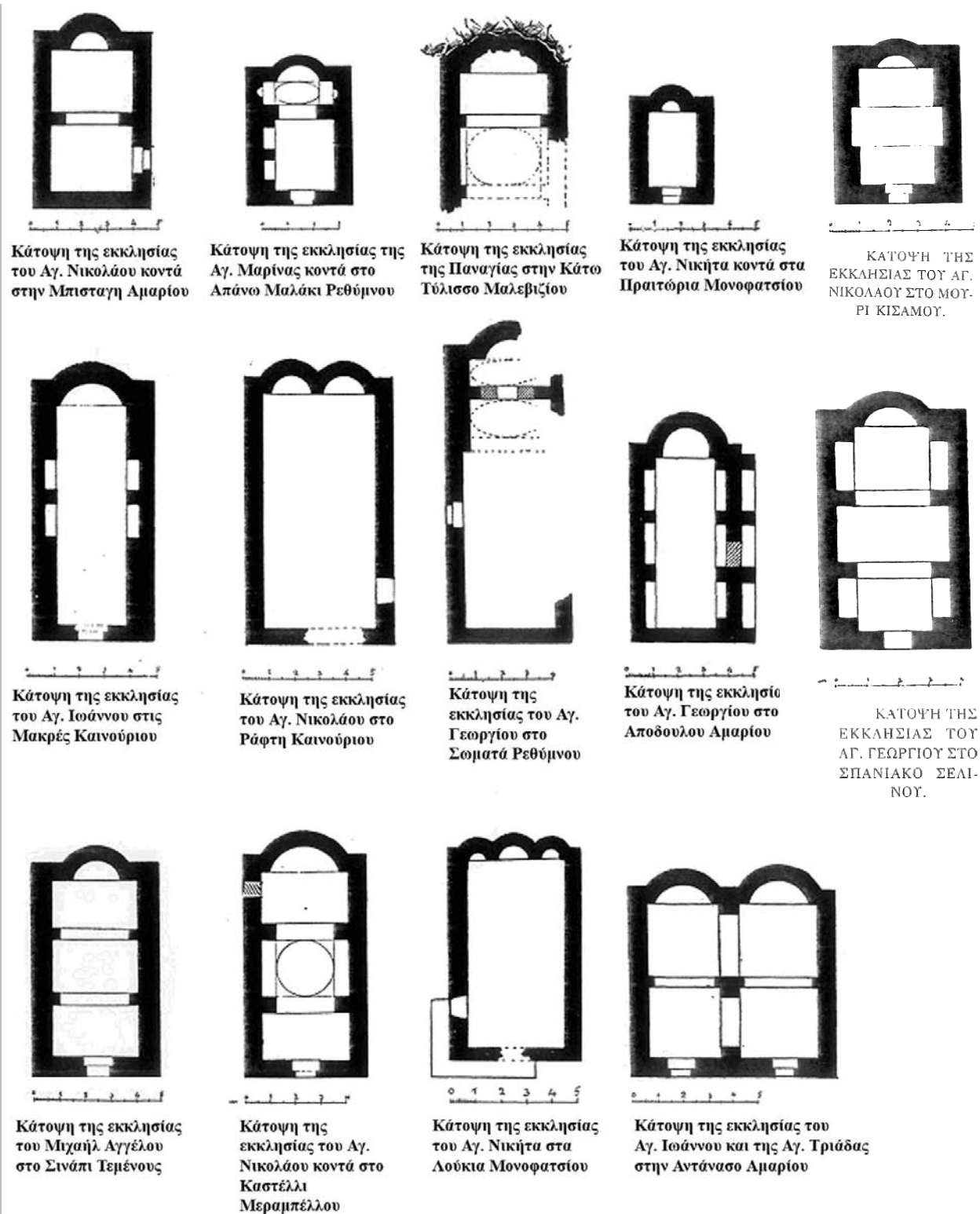
Ο θόλος μπορεί να είναι είτε ημικυκλικής διατομής είτε οξυκόρυφος. Στις περισσότερες περιπτώσεις ενισχύεται με σφενδόνια (ένα ή περισσότερα ανάλογα με το μήκος του ναού). Τα ενισχυτικά αυτά τόξα κατά κανόνα στηρίζονται πάνω σε φουρούσια μεγαλύτερου πάχους από τους λίθους του τόξου ώστε να εντοιχίζονται στην κυρίως λιθοδομή είτε πάνω σε παραστάδες ή μικρές κολώνες πάνω στον ίδιο τοίχο (βλ.εικ. 124). Μεταξύ των παραστάδων παρεμβάλλονται στον τοίχο τυφλά τόξα - στρογγυλά ή οξυκόρυφα (Gerola, 1993 σ. 198). Η δομή του θόλου αποτελείται συνήθως από αδρά λαξευμένους ορθογώνιους θολόλιθους παρόμοιων μεταξύ τους διαστάσεων. Αναλυτικότερα οι θολοδομικές κατασκευές εξετάζονται σε επόμενη ενότητα.

Στην μεγάλη πλειοψηφία τους οι ναοί που κατασκευάστηκαν μεταξύ 13^{ου} και 15^{ου} αιώνα είναι τοιχογραφημένοι. (Γκράτζιου, 2010 σ. 104)

Εξαίρεση στην τυπολογία των μονόχωρων ναών αποτελούν οι δίκωγοι ναοί (Δημητροκάλλης, 1976). Στην τυπολογία αυτή ο κύριος χώρος του ναού παραμένει ενιαίος στεγαζόμενος από έναν μόνο θόλο ενώ ο ανατολικός τοίχος διαφοροποιείται με δυο ή περισσότερες κόγχες ιερού. Σε πιο σπάνιες περιπτώσεις η κόγχη μπορεί να παίρνει εξωτερικά πολυγωνικό σχήμα, ενώ ακόμη πιο ασυνήθιστο είναι να μη φαίνεται καθόλου από την εξωτερική πλευρά, επειδή περιορίζεται μέσα στο πάχος του ανατολικού τοίχου. (Gerola, 1993 σ. 200)



ΕΙΚΟΝΑ 2. Κάτοψη της Ευαγγελίστριας στη Γραμβούσα. Τυπικό δείγμα μονόχωρου ναού (Gerola, 1993)



ΕΙΚΟΝΑ 3. Ενδεικτικές κατόψεις μονόχωρων ναών από την καταγραφή του Gerola (Gerola, 1932)

1.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΛΙΤΩΝ

Η προσθήκη δεύτερου κλίτους ή και περισσότερων σε προϋπάρχοντα μονόχωρο ναό, σε παράλληλη διάταξη με το αρχικό (εκκλησία διμάρτυρος, τριμάρτυρος κλπ.), είναι μια τεχνική που εμφανίστηκε ως αποτέλεσμα της αύξησης των λατρευτικών αναγκών. Κατά την περίπτωση αυτή, το νεότερο κλίτος σχεδιάζεται πάντα κατ' αναλογία και με σεβασμό στην μορφολογία του αρχικού κλίτους δημιουργώντας ένα νέο αρμονικό σύνολο (Gerola, 1932 σ. 201). Το κάθε νεότερο κλίτος αφιερώνεται σε διαφορετικό Άγιο. Τα νέα κλίτη μπορεί να τοποθετηθούν παράλληλα ή και εγκάρσια με το αρχικό. Υπάρχουν και περιπτώσεις ναών στους οποίους τα περισσότερα του ενός κλίτη ανήκουν στην ίδια εποχή κατασκευής, ενώ η διαρρύθμιση των χώρων τους δείχνει πως σχεδιάστηκαν κατ' αυτόν τον τρόπο, μολονότι η αρχική έμπνευση για τον σχεδιασμό αυτό προήλθε από περιπτώσεις ναών στα οποία προστέθηκαν κλίτη σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (Gerola, 1993 σ. 201).

Η διεύρυνση του λατρευτικού χώρου μιας μονόχωρης εκκλησίας εκτός από την προσθήκη παράλληλων κλιτών, μπορούσε να επιτευχθεί και με την κατά μήκος επέκταση της, διατηρώντας σταθερό το αρχικό πλάτος του ναού. Στις περιπτώσεις αυτές ο αρχικός θόλος διατηρήθηκε ανέπαφος όταν η εκκλησία επεκτάθηκε κατά μήκος σε μεταγενέστερη εποχή, με την διάνοιξη ενός μεγάλου τόξου στην πρόσοψη για την σύνδεση του παλαιότερου με το νεότερο τμήμα. (Gerola, 1993 σ. 200) Αντίθετα, όταν το τόξο αυτό αντικαθίσταται από μια απλή πόρτα, η εκκλησία χωρίζεται σε δυο διαφορετικά τμήματα, από τα οποία ο εσωτερικός χώρος αντιπροσωπεύει πλέον το Ιερό βήμα και ο εξωτερικός τον κυρίως ναό, ή αντίστροφα, να λειτουργεί ο πρώτος χώρος ως ο κυρίως ναός, και η επέκταση ως νάρθηκας. Οι διαφοροποιήσεις αυτές εξαρτώνται από τις αναλογίες του αρχικού ναού.

Η προσθήκη παράλληλων κλιτών που σε κάποιες περιπτώσεις φτάνουν και τα τέσσερα μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποικίλους συνδυασμούς. Τα κλίτη αυτά μπορεί να είναι όμοια μεταξύ τους¹ ή να έχουν διαφορετικές διαστάσεις, κατά μήκος κατά πλάτος και καθ' ύψος.² Μπορούν επίσης να έχουν διαφορετικό σύστημα³ στέγασης. (Gerola, 1993 σ. 202) Ακόμη, ένα ή περισσότερα μέρη των κλιτών, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα να χαρακτηρίζονται από τέτοιες τροποποιήσεις, όπως αυτές που αναφέραμε παραπάνω, ώστε το ένα κλίτος να διαιρείται σε περισσότερα του ενός διαμερίσματα.

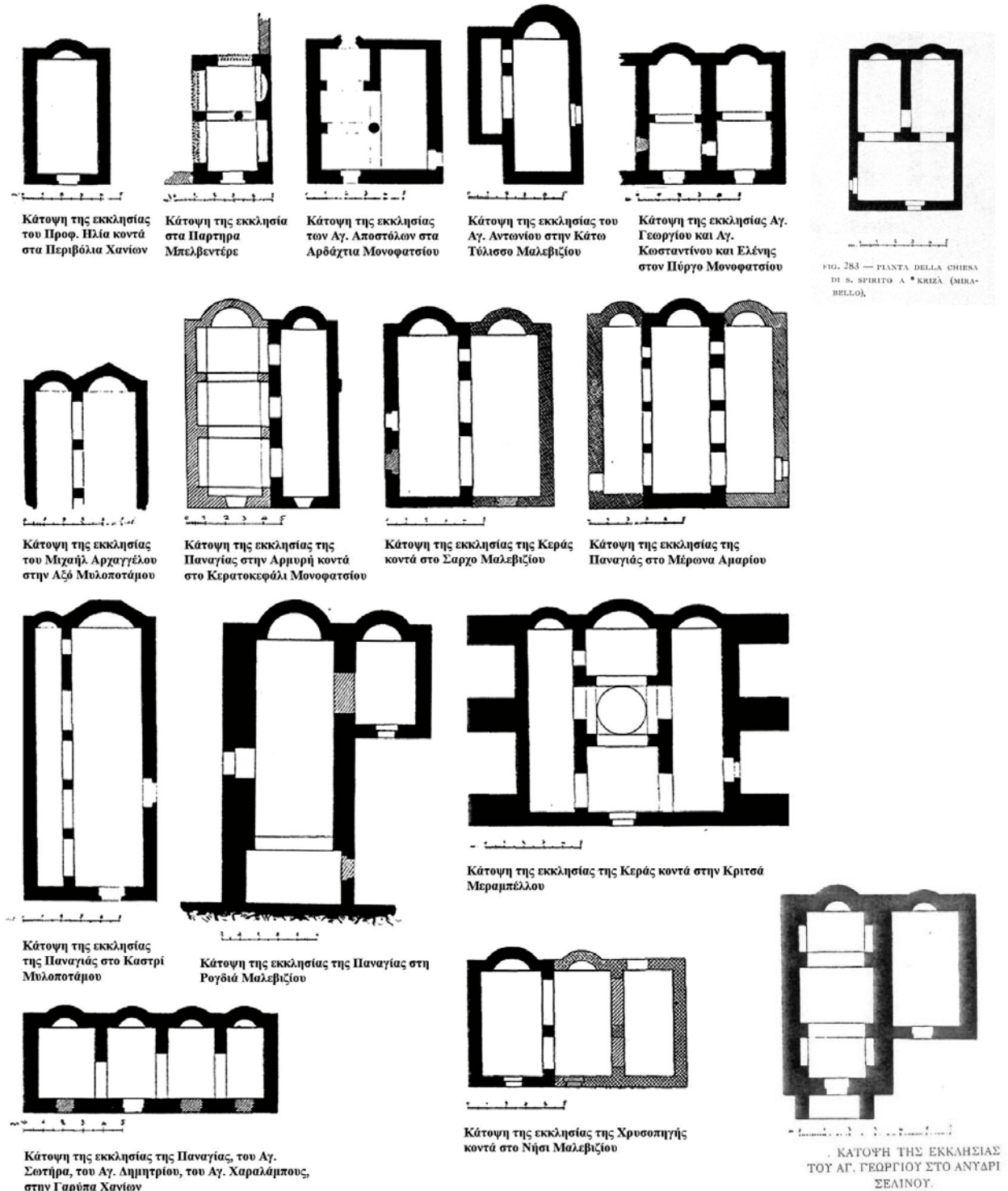
¹ Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικά παραδείγματα όπως Άγιος Σωτήρας στο Αρκάδι (Ρέθυμνο), ο Άγιος Ιωάννης και Αγία Τριάδα στην Αντάνασο (Αμάρι), το Αγ. Πνεύμα στην Κριτσά (Μεραμπέλλο) με δύο κλίτη, Άγιος Γεώργιος, Άγιος Κωνσταντίνος και Αγία Ελένη στον Πύργο (Μονοφάτσι), τρίκλιτη, από την οποία λείπει τώρα το βόρειο κλίτος, Παναγία, Σωτήρας, Άγιος Δημήτριος και Άγιος Χαράλαμπος στη Γαρύπα Χανίων τετράκλιτη, όπου τα κλίτη φαίνονται όλα σύγχρονα της ίδιας εποχής κλπ. Ο Άγιος Νικόλαος στη Σκεπαστή Μυλοποτάμου όπου το βόρειο κλίτος είναι του 1586, και το νότιο του 1592. Και η Παναγία, κοντά στο Σάρχο (Μαλεβίζι) με δύο κλίτη και η Χρυσοπηγή κοντά στο Νησί (Μαλεβίζι), τρίκλιτη, στις οποίες αντίθετα τα κλίτη είναι διαφορετικών εποχών, κ.α. Στον ίδιο τύπο ανήκει επίσης και η εκκλησία στα Πάρτηρα (Μπελβεντέρε), που άλλαξε με νεώτερες προσθήκες.

² Ανάμεσα στα πολλά άλλα παραδείγματα είναι και η Παναγία στη Ρογδιά Μαλεβιζίου, ο Άγιος Αντώνιος στην Κάτω Τύλισσο Μαλεβιζίου, η Παναγία στην Αρμυρή κοντά στο Κερατοκεφάλι Μονοφατισίου, που είναι και οι δύο δίκλιτες. Την Παναγία στο Μέρωνα Αμαρίου όπου και τα τρία κλίτη είναι άνισα και διαφορετικών εποχών και τον Άγιο Γεώργιο στον Κουρνά Αποκορώνου, όπου τα κλίτη είναι τέσσερα κλπ.

³ Στον Άγιο Γεώργιο και Άγιο Νικόλαο στη Γαρύπα (Χανιά) με δύο μεγάλα κλίτη, προστέθηκε προς το νότο και τρίτο πιο κοντό και με μισό τόξο.

Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν το μεσαίο κλίτος αποτελείται από τρία διαμερίσματα, από τα οποία το κεντρικό στεγάζεται με τρούλο, ενώ τα δύο ακραία με απλό κυλινδρικό θόλο. (Gerola, 1993 σ. 203)

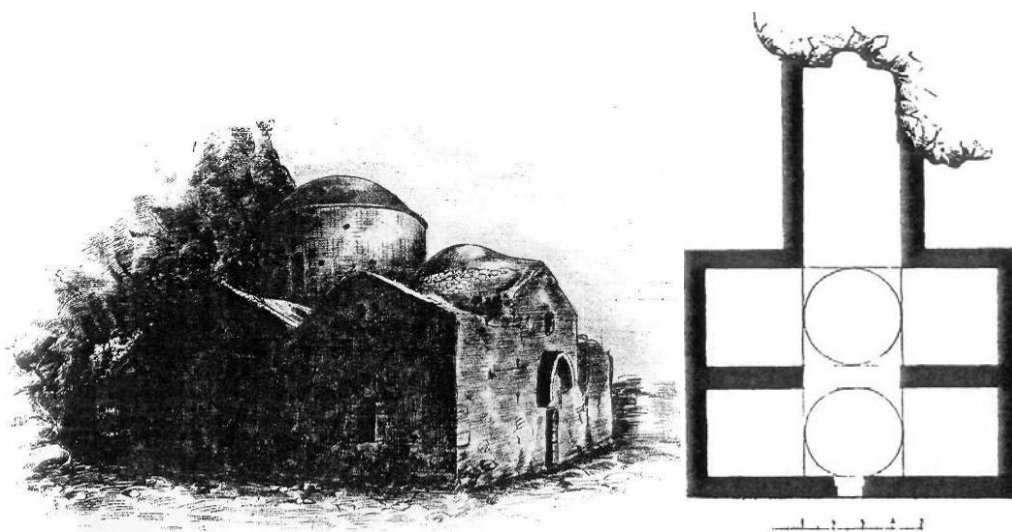
Οι διάφοροι χώροι στις εκκλησίες που έχουν τέτοια αρχιτεκτονική, επικοινωνούν μεταξύ τους με πόρτες ή με τόξα - ημικυκλικά ή οξυκόρυφα - που ανοίγονται στο μεσότοιχο, και υποβαστάζονται από υπόβαθρα τοιχοποιίας, που κατασκευάζονται με τα δομικά υλικά του ίδιου του μεσότοιχου. (Gerola, 1993 σ. 205)



ΕΙΚΟΝΑ 4. Κατόψεις ναών με παραλληλα κλίτη. Ενδεικτική επιλογή ναών από την καταγραφή του Gerola (Gerola, 1993 σσ. 233-239)

Η προσθήκη χώρου επέκτασης παλαιότερου ναού σε μεταγενέστερη επέμβαση, γίνεται σε πολλές περιπτώσεις με την κατασκευή νάρθηκα. Συνήθως εμφανίζεται στις εκκλησίες πολύπλοκων αρχιτεκτονικών σχεδίων ενώ συναντώνται και παραδείγματα νάρθηκα σε μικρούς μονόχωρους ναούς. Ο αρχιτεκτονικός αυτός τύπος δεν εξετάζεται αναλυτικά στην παρούσα εργασία λόγω της πολυπλοκότητας των αρχιτεκτονικών συνθέσεων που προκύπτουν με την χρήση του, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να μελετηθούν σαν ένα τυπικό δείγμα σε επίπεδο στατικής ανάλυσης εξαιτίας της ποικιλομορφίας τους. Ακολουθούν ως απλή αναφορά μόνο, κάποια βασικά χαρακτηριστικά του χώρου του νάρθηκα έτσι όπως τα περιγράφει στην μελέτη του ο Gerola για τις εκκλησίες της Κρήτης, καθώς αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της ναοδομίας.

“Ο νάρθηκας μπορεί να περιορίζεται στις διαστάσεις ενός θόλου ανοιχτού προς τα εμπρός, που προστίθεται στην πόρτα της εκκλησίας ή σε μια στενή καμάρα. Τις περισσότερες όμως φορές αποτελείται από έναν χώρο, που εκτείνεται στην πρόσοψη του ναού, με τον οποίο επικοινωνεί με πόρτες ή με τόξα και χρησιμεύει ως προαύλιο σε εκείνον που θέλει να προχωρήσει στο εσωτερικό του ναού, ενώ μπορεί να χρησιμεύει και ως καθαυτό εκκλησία. (Gerola, 1993 σ. 230) Υπάρχουν παραδείγματα, στα οποία ο νάρθηκας - ειδικά στην περίπτωση που προστέθηκε αργότερα, παίρνει τέτοιες διαστάσεις σε σχέση με τον κυρίως ναό, ώστε να δίνει την εντύπωση πως ο κυρίως χώρος του ναού αποτελεί το ιερό και ο νάρθηκας την κυρίως εκκλησία. (Gerola, 1993 σ. 231) Υπάρχουν επίσης οι περιπτώσεις του νάρθηκα «με κουκουλοειδή θόλο (volto a vela)» και του νάρθηκα με τρούλο, καθώς και ο νάρθηκας που αποτελείται από ένα σύνολο πιο πολύπλοκο, που παίρνει το σχήμα μιας πραγματικής εκκλησίας. (Gerola, 1993 σ. 232)”



ΕΙΚΟΝΑ 5. Αγιοφάραγγο Καινούριου, ΒΔ άποψη και κάτοψη της εκκλησίας του Αγίου Αντωνίου όπως αποτυπώνεται απ τον Gerola. Ο νάρθηκας εδώ έχει το μέγεθος και την μορφή δίκλιτου ναού. (Gerola, 1932 p. 232)

1.3. ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ - ΓΛΥΠΤΙΚΗ

Η κοινή μορφολογία των ναών που περιγράφηκε παραπάνω οφείλεται σε έναν μεγάλο βαθμό στις κοινές οικοδομικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν. Οι κατασκευαστές των εκκλησιών, ιδιαίτερα των μεγαλύτερων και πιο πολυτελών εξ αυτών, κλήθηκαν από την Βενετία. Οι ξένοι μηχανικοί αναλάμβαναν την επίβλεψη των κοσμικών και θρησκευτικών κτιρίων περισσότερο στα αστικά κέντρα αλλά και στην ύπαιθρο με στόχο να εντάξουν στην υλοποίηση των αρχιτεκτονικών σχεδίων, την τοπική οικοδομική παράδοση των τεχνιτών και τα τοπικά υλικά. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από τις ομοιότητες των αρχιτεκτονικών σχεδίων με τα αντίστοιχα της Βενετίας, τα μεγέθη των ναών και την μορφολογία τους, κυρίως για τις περιπτώσεις που δεν έχουν υποστεί μετασκευές. (Γκράτζιου, 2010 σ. 35) Η ποικιλομορφία όσον αφορά στην ποιότητα της δόμησης των ναών δείχνει διαφορετικό βαθμό εξειδίκευσης των οικοδομικών συνεργείων και διαφορετικές οικονομικές δυνατότητες των κτητόρων (Sulla diffusione di alcuni caratteri occidentali nell' architettura religiosa cretese tra il sec. X ed il XV, Πεπραγμένα του ΣΤ' Κρητολογικού Συνεδρίου, 1986 σσ. 231-238).

Το κύριο οικοδομικό υλικό των κτισμάτων εκείνης της περιόδου είναι η πέτρα, που χρησιμοποιείται είτε ως αργολιθοδομή είτε ως λαξευμένοι δόμοι για την διαμόρφωση των ανοιγμάτων, των τόξων, των γωνιόλιθων κλπ. Η πρώτη ύλη προερχόταν από λατομεία που λειτουργούσαν σε διάφορες περιοχές του νησιού.

Οι ιδιαίτερα επιμελημένες λιθανάγλυφες διακοσμήσεις που χαρακτηρίζουν την πλειοψηφία των ναών, όσον αφορά του λίθους των ανοιγμάτων αλλά και πλήθος άλλων πλαισίων που διαμορφώνονται με λαξευτή λιθοδομή, έρχονται σε αντίθεση με τις λιτές, επιχρισμένες όψεις που κυριαρχούν στην ναοδομία της εποχής. Ανεξάρτητα από το μέγεθος και την τυπολογία των ναών οι ναοί διακοσμούνται περισσότερο στα θυρώματα, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στο βιβλίο της Γκράτζιου (Γκράτζιου, 2010 σσ. 55,56,61):

«με λαξευτά βεργία ή και πιο πολύπλοκα λαξευτά κοσμήματα, αυλακώσεις, κομβία, απομιμήσεις σχοινιών και ζατρικιοειδείς οδοντώσεις, [...] τα ανακουφιστικά τόξα σχηματίζονται όπως και τα κατακόρυφα μέλη του πλαισίου με περισσότερα πέτρινα μέλη τα οποία κόβονται καμπύλα. Τα βεργία σε μονή ή διπλή σειρά περιβαλλόμενα από αυλακώσεις είναι η συνηθέστερη λάξευση του θυρώματος. Στις πλουσιότερα διακοσμημένες εκδοχές εκτός από τα βεργία λαξεύονται διάφορες μορφές οδοντωτών, ρομβοειδών, σκοινόσχημων και κομβόσχοιμων κοσμημάτων και ποικίλες αυλακώσεις καμπύλης ή τριγωνικής διατομής. Συχνά τονίζεται με διακοσμητικό πλαίσιο συνήθως ταινία με ζατρικιοειδη οδόντωση.»

Σημαντική είναι επίσης η διακόσμηση του υπερθύρου, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις φέρει το οικόσημο της κτητορικής οικογένειας ή και την χρονολογία ανέγερσης, ενώ σε άλλες περιπτώσεις κοσμείται με γεωμετρικά ή φυτικά μοτίβα ή σταυρούς. Το ανακουφιστικό τόξο που συναντάται στα περισσότερα θυρώματα διακοσμείται με ίδιο προφίλ καμπυλότητας με το κατακόρυφο πλαίσιο της θύρας και του υπερθύρου. Σε πολλές περιπτώσεις το ενδιάμεσο τμήμα τοιχοποιίας που πλαισιώνεται από το ανακουφιστικό τόξο, αγιογραφείται. [βλ. εικ 43]

Οι λίθινες αυτές διακοσμήσεις των ανοιγμάτων αποτελούν σε πολλές περιπτώσεις πιστή αναπαραγωγή των σχεδίων που συναντώνται σε όψεις κτιρίων της Βενετίας, τόσο σε επίπεδο αναλογιών όσο και στις επιμέρους λεπτομερείς λαξεύσεις. (Γκράτζιου, 2010 σ. 65)

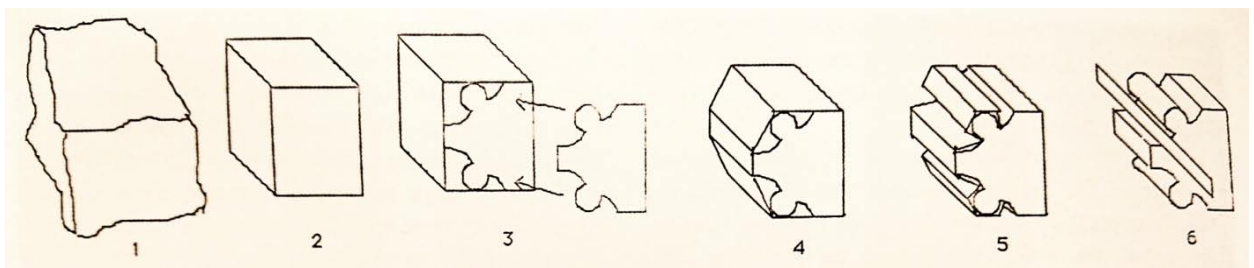
Η λάξευση των διακοσμήσεων στους λίθους διαμόρφωσης των ανοιγμάτων ήταν μια ιδιαίτερα απαιτητική και χρονοβόρα διαδικασία, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα και λάμβανε χώρα στο εργαστήριο και όχι στον χώρο κατασκευής του ναού. (Γκράτζιου, 2010 σ. 90) Η παραγωγή τους στο εργαστήριο είχε ως αποτέλεσμα μιας κάποιας μορφής τυποποίηση των ανοιγμάτων όχι μόνο ως προς τα σχεδιαστικά πρότυπα που ακολουθούσαν αλλά και σε επίπεδο διαστασιολόγησης, βασιζόμενο πολλές φορές και στο οικοδομικό υλικό που υπήρχε διαθέσιμο σε κάθε περίπτωση (υλικά από το ίδιο λατομείο, σκληρότητα πετρώματος κλπ). Την επεξεργασία του λίθου αναλάμβαναν εξειδικευμένοι τεχνίτες «Οι σκουλτόροι» όπως αναφέρονται στην μελέτη της Μαρία Κωνσταντουδάκη (Κωνσταντουδάκη – Κιτρομηλίδου, «έργα σκουλτόρων και μουράρων» σ. 361-403). Στην ίδια μελέτη(σ388-9) αναφέρεται ότι τα λατομεία παρήγαγαν λαξευμένους λίθους για ανοικοδόμηση, τους επιλεγόμενους «ρούκουνους» μετρούμενους με την χιλιάδα, πλάκες για πλακόστρωση δαπέδων και ανώφλια σε δυο συνήθεις διαστάσεις .



ΕΙΚΟΝΑ 6. Λιθανάγλυφες διακοσμήσεις από τον ναό του Αγ. Αντωνίου (προσωπικό αρχείο)

Στο βιβλίο της Γκράτζιου, γίνεται μια αναλυτική περιγραφή σχετικά με τα στάδια της διαμόρφωσης και την λάξευση των επιμέρους λίθων των ανοιγμάτων, όπου αναφέρει:

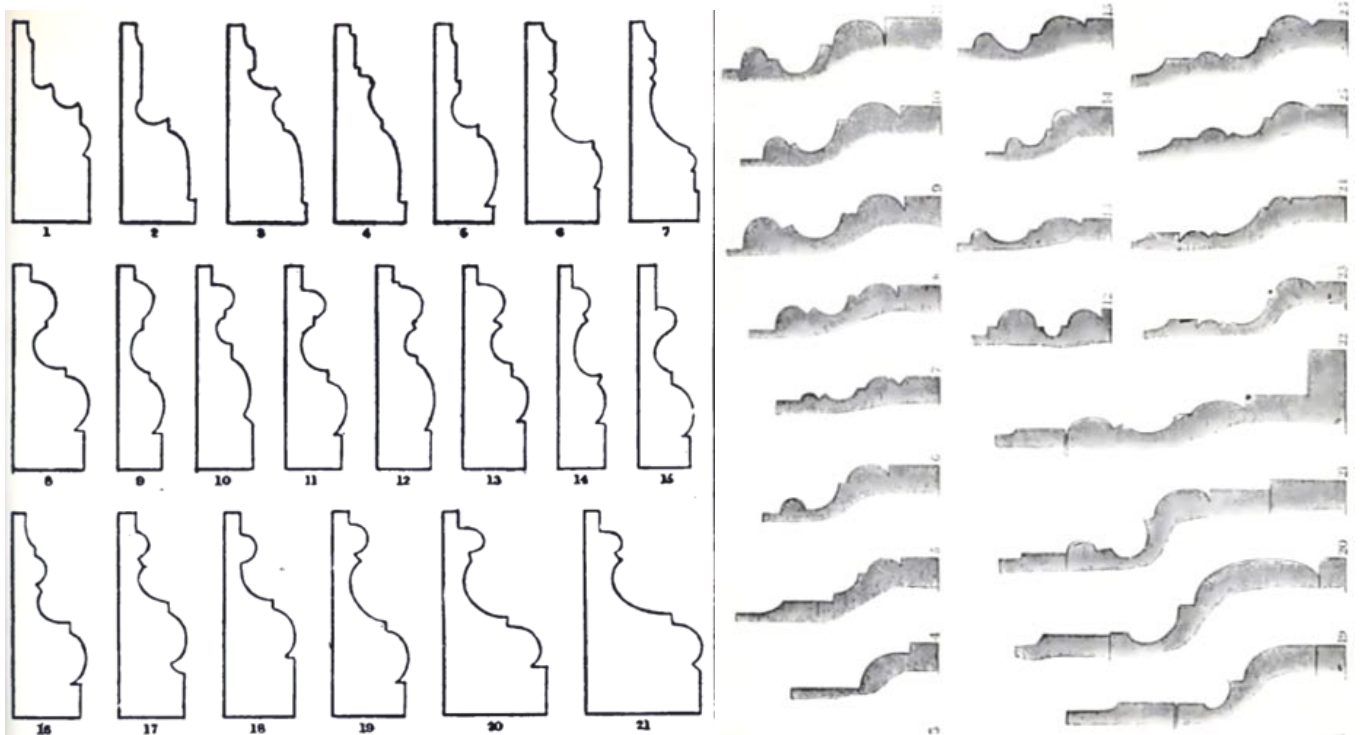
«το κόσμημα σχεδιάζεται σε διατομή στην πάνω και κάτω πλευρά της πέτρας με την βοήθεια οδηγού. Ακλουθεί η λάξευση στην κύρια όψη με οδηγό το σχέδιο και με την βοήθεια ρίγας ώστε οι αυλακώσεις να γίνονται σε ευθεία. Έτσι παίρνει ο κυβόλιθος σε αυτήν που θα είναι η κύρια όψη του πλαισίου το βασικό προφίλ του. Σε δεύτερο στάδιο σκαλίζονται πάνω στις κοιλόκυρτες επιφάνειες με την βοήθεια των κατάλληλων εργαλείων τα επιμέρους μοτίβα που είναι πάντοτε επαναλαμβανόμενα σε όλο το μήκος του θυρώματος.» (Γκράτζιου, 2010 σ. 67)



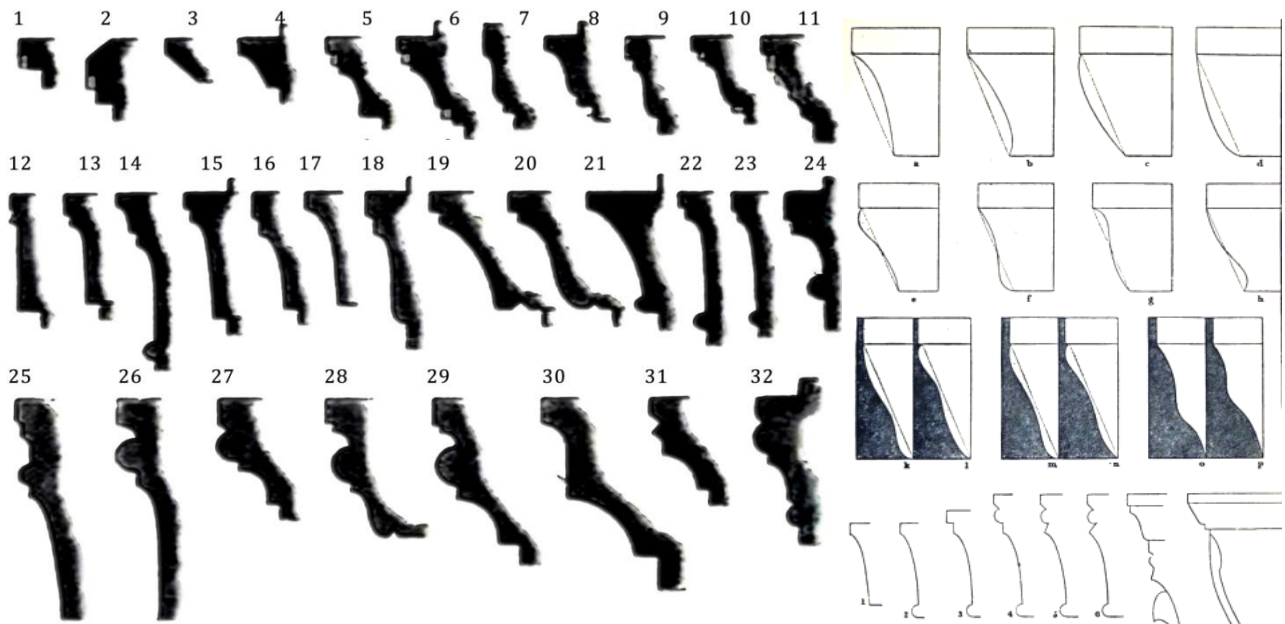
ΕΙΚΟΝΑ 7. Στάδια λάξευσης λίθου σύμφωνα με τον Rockwell (Γκράτζιου, 2010 σ. 67)

Ιδιαίτερη σημασία στα διακοσμητικά προφίλ καμπυλότητας που διαμορφώνουν τα πλαίσια των ανοιγμάτων δίδει ο Ruskin αποτυπώνοντας τα κυριότερα εξ αυτών και ταυτίζοντας τα με πολλές κατοικίες γνωστών οικογενειών της Βενετίας (ΕΙΚ. 8) των

οποίων η πολυπλοκότητα διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος και την πολυτέλεια του ναού. Στην μελέτη του Ruskin παρουσιάζονται επίσης διάφοροι τύποι διακόσμησης για τα οριζόντια στοιχεία εδράσεως, όπως η στέψη των πεσσών, η στέψη της κόγχης του ιερού, τα φουρούσια έδρασης των σφενδονίων ενίσχυσης του θόλου κ.α.



ΕΙΚΟΝΑ 8. Κατοψη διαφορετικών καμπύλων διακοσμήσεων λίθινων πλαισίων ανοιγμάτων (Ruskin, 1851 p. 274) και (Ruskin, 1853 p. 226)



ΕΙΚΟΝΑ 9. Τομή διαφορετικών καμπύλων διακοσμήσεων των στοιχείων εδράσεως (θόλοι, φουρούσια) όπως καταγράφονται από τον Ruskin. (Ruskin, 1853 p. 276) και (Ruskin, 1851 p. 297)

2. 1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΟΝΟΧΩΡΩΝ ΝΑΩΝ

Σε συνέχεια των όσων προαναφέρθηκαν ως γενικά χαρακτηριστικά των μονόχωρων ναών και της εξέλιξης της τυπολογίας τους κατά την ενετική εποχή κατοχής της Κρήτης, ακολουθούν ενδεικτικά κάποια παραδείγματα μεμονωμένων ναών, μονόχωρων και δίχωρων, προκειμένου να γίνουν περισσότερο κατανοητά τα κοινά μορφολογικά στοιχεία και κατ' επέκταση η κοινή παθολογία που εξετάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

1. ΜΟΝΗ ΚΑΒΑΛΛΑΡΑΣ - ΛΟΥΤΡΑΚΙ



Η Μονή Καβαλλάρας αποτελούσε μετόχι της Μονής Διονυσίου του Αγίου Όρους από τον 17^ο αι.. Ενώ σήμερα υπάγεται στην γειτονική μονή Ιερουσαλήμ. Ανήκει στην επαρχία Μαλεβιζίου στην ομώνυμη περιοχή με το προσωνύμιο «Καβαλλαρά». (Ψιλάκης, 1998 σ. 194) Σε έγγραφο του Franciscus Dantolo τον Ιούνιο του 1537 αναφέρεται η ύπαρξη της Μονής Καβαλλάρας κατά την χρονολογία 1466. (Νικολόπουλος, 1968 σ. 185)

Η αγιογράφηση του τέμπλου του ναού χρονολογείται σύμφωνα με επιγραφή το 1542. (Ψιλάκης, 1998 σ. 195) Άλλες τοιχογραφίες του ναού χρονολογούνται στον 18^ο αι. (1734, 1744, 1781, 1795, κα) (Ψιλάκης, 1998 σ. 199). Ο θόλος είναι πιθανόν να είχε καταρρεύσει σε κάποιο τμήμα του κατά την πορεία των αιώνων, καθώς στην σημερινή του μορφή από τον εσωτερικό του ναού δεν φαίνεται η τυπική οξυκόρυφη καμάρα της

οροφής που συναντάται σε ναούς της περιόδου εκείνης, αλλά αποτελεί μιας τεθλασμένης καμπύλης επιστέγαση, οφειλόμενη πιθανότατα σε μεταγενέστερη επέμβαση. Στον νότιο τοίχο του ναού υπάρχει ακόμη κατακόρυφη λωρίδα λαξευμένης δόμησης, η οποία σήμερα παραμένει ανεπίχριστη σε αντίθεση με το μεγαλύτερο μέρος των εξωτερικών όψεων του ναού, στην οποία διακρίνονται λιθανάγλυφες διακοσμήσεις ανάλογες με αυτές της κυρίας εισόδου του ναού στον δυτικό τοίχο. Στον βόρειο και ανατολικό τοίχο του ναού έχουν προστεθεί δυο ενισχυτικές λίθινες αντηρίδες. Ο βόρειος τοίχος του ναού φέρει δυο ορθογώνια ανοίγματα διαμορφωμένα με λαξευτή λιθοδομή, ενώ το ένα εξ αυτών που αποτελεί την δευτερεύουσα είσοδο του ναού είναι λιτά διακοσμημένο και φέρει την χρονολογία 1883 σε ξεχωριστή πλάκα επάνω από το υπέρθυρο. (Ψιλάκης, 1998 σ. 189) (Ψιλάκης, 1992) Στον δυτικό τοίχο του ναού υπάρχει περίτεχνα διακοσμημένο θύρωμα ως κύρια είσοδος του ναού, με το χαρακτηριστικό ανακουφιστικό τόξο επάνω από το υπέρθυρο το οποίο εδράζεται σε φουρούσια και φέρει λιθανάγλυφες διακοσμήσεις. Από την εσωτερική πλευρά το ίδιο θύρωμα επεκτείνεται τραπεζοειδώς σε κάτοψη όπως συμβαίνει σε όλα τα ανοίγματα της εποχής (εικ. 14).



ΕΙΚΟΝΑ 11: Βόρεια όψη του ναού, (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 12: Βορειανατολική άποψη του ναού, (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ13:Είσοδος δυτικής όψης (αριστερά), είσοδος βόρειας όψης (δεξιά), (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 14:Εσωτερική άποψη του δυτικού θυρώματος (αριστερά), κόγχη ιερού με υπολείμματα τοιχογραφίας και λίθινη διακοσμημένη στέψη (κέντρο), δυτική όψη ναού (δεξιά)(φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 15: Λίθινα διακοσμημένο άνοιγμα στην κόγχη, (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



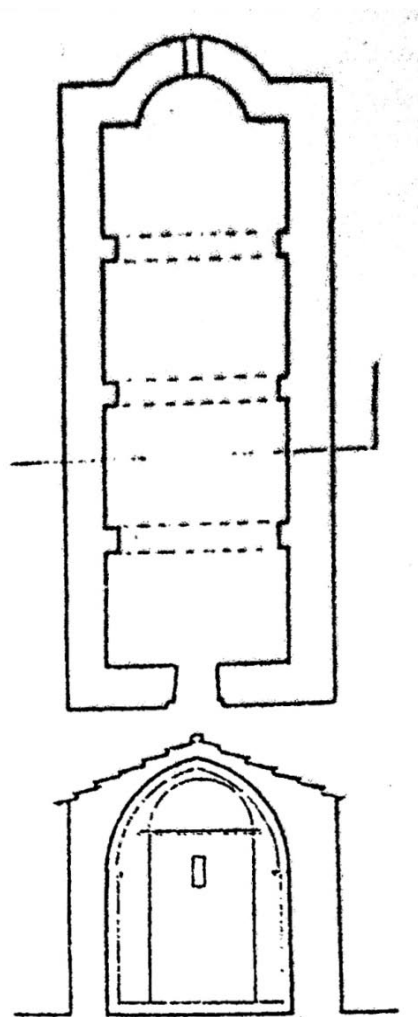
ΕΙΚΟΝΑ 16: Λίθινες διακοσμήσεις στο υπέρθυρο

2. ΝΑΟΣ ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΥ ΣΤΟ ΚΑΚΟΔΙΚΙ

Στην θέση Καβαλαριανά της επαρχίας Σελίνου, βρίσκεται η εκκλησία του Μιχαήλ Αρχαγγέλου η τοιχογράφηση της οποίας χρονολογείται το 1327/8. (Μιχάλης Ανδριανάκης, 2012 σ. 389) Ο ναός είναι μονόχωρος, στεγαζόμενος με οξυκόρυφη καμάρα, ενισχυμένη με τρία σφενδόνια, καθώς το μήκος του είναι ελαφρώς μεγαλύτερο σε επίπεδο αναλογιών συγκριτικά με τα άλλα παραδείγματα. Ένα ιδιαίτερο ακόμη χαρακτηριστικό είναι ότι τα σφενδόνια εδώ δεν στηρίζονται σε φουρούσια ενσωματωμένα στην λιθοδομή αλλά σε ξεχωριστούς πεσσούς μικρών διαστάσεων που βρίσκονται σε επαφή με τους πλευρικούς τοίχους εσωτερικά. Η είσοδος στον ναό γίνεται από την δυτική πλευρά, ενώ το θύρωμα του διαμορφώνεται από λαξευτή λιθοδομή με λιθανάγλυφες διακοσμήσεις. Στο μέσο της δυτικής όψης διαμορφώνεται κωδωνοστάσιο και κάτωθεν αυτού κυκλικό παράθυρο με ανάγλυφη διακόσμηση. Η τομή και η κάτοψη του ναού προέρχονται από το βιβλίο της Γκράτζιου (Γκράτζιου, 2010 σ. 99). Ο ναός εσωτερικά είναι τοιχογραφημένος με τις τοιχογραφίες να διασώζονται στο μεγαλύτερο μέρος του.



ΕΙΚΟΝΑ 17. Δυτική όψη του ναού (αριστ) όπου είναι εμφανής η ρωγμή καθ' ύψος επάνω από το θύρωμα.



ΕΙΚΟΝΑ 18. Κάτοψη και τομή (δεξιά) κατά πλάτος του ναού (Γκράτζιου, 2010 σ. 99)

Στον δυτικό τοίχο του ναού, παρατηρείται διαμπερής ρωγμή που διατρέχει διαγώνια το ανακουφιστικό τόξο του θυρώματος, το κυκλικό παράθυρο και συνεχίζεται μέχρι την κορυφή του θόλου όπως φαίνεται από την εσωτερική πλευρά του ναού. Η ρηγματώση αυτή είναι όμοιας γεωμετρίας με τις άλλες περιπτώσεις ναών που εξετάζονται.(εικ17)



ΕΙΚΟΝΑ 19. Εσωτερική άποψη του ναού (αριστ) προς τον δυτικό τοίχο, όπου είναι εμφανής η ρωγμή καθ' ύψος επάνω από το θύρωμα, η οποία επεκτείνεται και κατα μήκος του θόλου στην κορυφή.

ΕΙΚΟΝΑ 20. Άποψη του θυρώματος του ναού, μετά από εργασίες συντήρησης (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

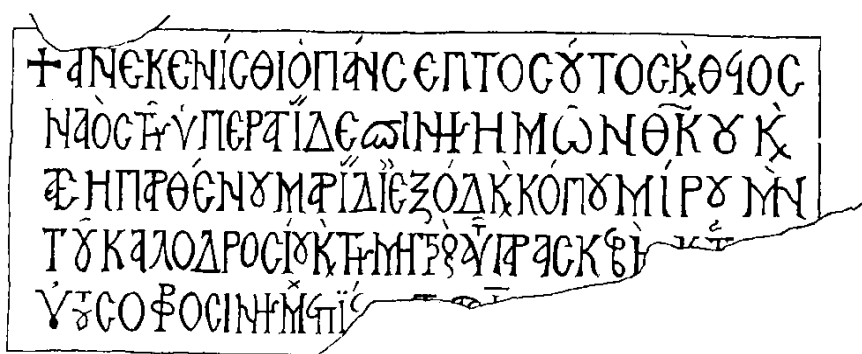
3. ΝΑΟΣ ΠΑΝΑΓΙΑΣ ΒΡΥΩΜΕΝΗΣ ΣΤΟΥΣ ΜΕΣΣΕΛΕΡΟΥΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ

Ο ναός της Παναγίας της Βρυωμένης ανήκει στους σύνθετους τύπους μονόχωρων ναών και αποτελεί το καθολικό ενός μοναστικού κτιριακού συγκροτήματος πλησίον του χωριού Μεσελέροι Ιεράπετρας. Ο ναός είναι αφιερωμένος στην Γέννηση της Θεοτόκου. Ο Ξανθουδίδης χρονολογεί το κτιριακό συγκρότημα το 1577 με βάση εγχάρακτη επιγραφή σε υπέρθυρο. (Ξανθουδίδης, 1903 σ. 76) Ο ναός είναι μονόχωρος, καμαροσκέπαστος, κατασκευασμένος σε δυο οικοδομικές φάσεις. (Ψιλάκης, 1993 σσ. 529, 533, 537) Ο αρχικός ναός ήταν τοιχογραφημένος, ενώ σε αυτόν έγινε προσθήκη κατ' έκταση και καθ' ύψος, στα τέλη του 16^{ου} αιώνα (Μιχάλης Ανδριανάκης, 2012 σ. 231) με αποτέλεσμα να αποκτήσει μια ιδιαίτερη τυπολογία που είναι χαρακτηριστική για το συγκεκριμένο ναό.

Τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά ταυτίζονται πλήρως με αντίστοιχα κτίσματα της ίδιας περιόδου της βενετοκρατίας, ενώ κατά την πάροδο των ετών μεσολάβησαν μεταγενέστερες επεμβάσεις και προσπάθειες αποκατάστασης βλαβών. Ο Gerola αποτυπώνει μια επιγραφή του ναού η οποία αφορά εργασίες ανακαίνισης την οποία χρονολογεί στον 15^ο αιώνα και συγκεκριμένα το 1401-1402.

6. *Vryomèni*: Chiesa della Madonna.

Sotto l'architrave della vecchia porta, in parte murata, leggesi dipinta la seguente epigrafe, entro cornice di cm. 36 × 91, a lettere di cm. 5 e meno.



Ἀνεκτίσθη ὁ πάνσοπος αὐτός καὶ θεῖος ναὸς τῆς ἐπεφωτάς δεισίνης ἡμῶν
Θεοτόκου καὶ ἀεγυρομένης Μαρίας δι' ἐξόδου καὶ κόπον Μίτρον μοναχοῦ τοῦ
Καλοδυσίου καὶ τῆς μητρὸς αὐτοῦ Παρυσκεβῆ(ς) καὶ τῆς (ἀδελφῆς αὐτοῦ)
Σοφροσύνης μοναχῆς.
Ἐπὶ ἔτους ,ςϠ.....

Dunque secolo XV. Forse 6910 = 1401-1402.

EIKONA 21. Επιγραφή του παλαιού θυρώματος του ναού, αναφερόμενη σε επισκευαστικές εργασίες όπως αποτυπώνεται στο βιβλίο του Gerola (Gerola, 1932 p. 581).

Στην βόρεια πλευρά του φέρει δυο ανοίγματα όμοια με εκείνα της εκκλησίας της Κεράς στον Σάρχο (εικ. 22). Η προσθήκη κατά μήκος που έγινε στον συγκεκριμένο ναό έχει διαφορετικό ύψος από την αρχική κατασκευή και στο τμήμα της καθ' ύψος διαφοροποίησης έχει προστεθεί κυκλικό παράθυρο. Ο ναός αυτός παρουσιάζει μια

ιδιόμορφη γεωμετρία η οποία θα μπορούσε να πει κανείς ότι ταυτίζεται με την αντίστοιχη των άλλων περιπτώσεων δίκλιτων ναών που μελετώνται λόγω του διαφορετικού ύψους της κατά μήκος προσθήκης με την διαφορά ότι ο ναός αυτός παρέμεινε μονόχωρος χωρίς την παράλληλη επέκταση του δεύτερου κλίτους. Θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθεί ο ναός αυτός σε μελλοντική έρευνα ως προς την δομική συμπεριφορά του προκειμένου να διαπιστωθεί αν θα παρουσιάσει όμοιες αστοχίες με αυτές που παρατηρούνται το τμήμα της ένωσης του διαφορετικού ύψους στις δίκλιτες κατασκευές.



ΕΙΚΟΝΑ 22. ΒΑ άποψη του ναού, με εμφανή την διαφοροποίηση καθ' ύψος του τμήματος που επεκτάθηκε προς τα δυτικά. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 23. Νότια άποψη του ναού. Στο τμήμα της προσθήκης έχει προστεθεί θύρωμα ανάλογης διακόσμησης με το ένα εκ των ανοιγμάτων την βόρειας πλευράς. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

2. 2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΚΛΙΤΩΝ ΝΑΩΝ

1. ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΟΪΛΑ ΣΗΤΕΙΑΣ

Ο ναός του Αγ. Γεωργίου βρίσκεται πλησίον των οικισμών Χανδράς και Βοΐλας στον νομό Λασιθίου. Ο ναός είναι δίκλιτος κατασκευασμένος σε δυο οικοδομικές φάσεις εκ των οποίων το νότιο είναι το παλαιότερο κλίτος. Εντός του ναού βρίσκεται ταφικό μνημείο του Γεωργίου Σαλομών το 1518. (Μιχάλης Ανδριανάκης, 2012 σ. 245) Στα δυο κλίτη τιμώνται ο Αγ. Γεώργιος και ο Αγ. Ιωάννης ο Θεολόγος.



ΕΙΚΟΝΑ 24. Ανατολική άποψη του ναού. Στο παλαιότερο νότιο κλίτος διακρίνεται εξωτερικά σε χαμηλότερο ύψος μεγαλύτερο πάχος τοιχοποιίας γύρω από την κόγχη, πιθανόν για λόγους ενίσχυσης της ακαμψίας τοπικά στο σημείο εκείνο.

Η περίπτωση του ναού αυτού μελετάται επειδή έχει όμοια μορφολογικά χαρακτηριστικά με τους τρεις υπό μελέτη ναούς της επαρχίας Μαλεβιζίου που εξετάζονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Το αρχικό κλίτος του ναού επεκτάθηκε κατά μήκος προς τα δυτικά, με το κομμάτι της προσθήκης να έχει μεγαλύτερο ύψος από το αρχικό και το νεότερο κλίτος προστέθηκε σε παράλληλη διάταξη προς βορρά. Το θύρωμα φέρει λιθανάγλυφες διακοσμήσεις με κοιλόκυρτες εναλλαγές και οδοντωτή ταινία όπως ακριβώς συμβαίνει και στους άλλους τρεις ναούς, ενώ ο σταυρός στο μέσον του είναι όμοιος με εκείνον του νότιου θυρώματος στην εκκλησία του Αγ. Αντωνίου στο Πετάλι. Στην βόρεια πλευρά του φέρει άνοιγμα μικρών διαστάσεων ίδιας μορφής με τα παράθυρα της εκκλησίας της Κεράς στο Σάρχο και στον Μιχαήλ Αρχάγγελο στα Βλαχιανά. Τα δυο κλίτη επικοινωνούν με ημικυκλικά τόξα και ο θόλος είναι ενισχυμένος με σφενδόνια. Στο θύρωμα του δυτικού τοίχου παρουσιάζεται η ρωγμή που διατρέχει το ανακουφιστικό τόξο που εξετάζεται σε επόμενο κεφάλαιο, με την διαφορά ότι εδώ ξεκινάει από την βάση του κωδωνοστασίου που εδράζεται ανάμεσα στα δυο κλίτη (εικ. 26).



ΕΙΚΟΝΑ 25. Δυτική άποψη του ναού. Θύρωμα, όπου διακρίνεται χαρακτηριστικά η ρωγμή που διατρέχει διαγώνια το ανακουφιστικό τόξο και έχει προκαλέσει τοπικά μετακίνηση των λίθων στην βόρεια πλευρά του και θραύση στο υπέρθυρο. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 26. Δυτική άποψη του ναού. Σε αντίθεση με ναούς παρόμοιας τυπολογίας, ο ναός έχει θύρωμα στο βόρειο μόνο κλίτος στην δυτική πλευρά του ενώ το νότιο κλίτος φέρει μικρό άνοιγμα χωρίς διακοσμήσεις στην ίδια όψη. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 27. Εσωτερική άποψη του ναού στο βόρειο κλίτος. Διακρίνεται το τυπικό άνοιγμα στην βόρεια φέρουσα τοιχοποιία, το σφενδόνιο ενίσχυσης του θόλου, εδραζόμενο σε φουρούσια, η χαρακτηριστική ημικυκλικής μορφής καμάρα που ενώνει τα δύο κλίτη διαμορφωμένη από λαξευτή λιθοδομή. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 28. Βόρεια άποψη του ναού. Διακρίνεται το ελαφρώς οξυκόρυφο τυπικό άνοιγμα στην βόρεια φέρουσα τοιχοποιία καθώς και λοξή ρηγμάτωση με κατεύθυνση από ανατολικά προς τα δυτικά στην ΒΑ γωνία του κτίσματος (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

2. ΑΓ. ΑΝΤΩΝΙΟΣ – ΒΡΟΝΤΙΣΙ - ΕΠΑΡΧΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΟΥ

Η μονή Βροντισίου βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το χωριό Ζαρός. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία το όνομα της Μονής προέρχεται από τα Βυζαντινά χρόνια και σχετίζεται με τη λέξη 'βροντήσιον' που σημαίνει ορείχαλκος (μπρούντζος) και 'βροντήσιος' που είναι ο κατασκευαστής ορειχάλκινων σκευών. Πιθανότατα με την πάροδο των αιώνων η ιδιότητα του κατασκευαστή να άφησε το αποτύπωμά της και στο όνομα του τεχνίτη, (οικογενειακό όνομα Βροντήσιος ή Βροντήσης που εντοπίζεται σε αρχεία του 1323 ως όνομα ιερέα). Είναι λοιπόν πιθανό το όνομα της εκκλησίας να προέρχεται είτε από το όνομα κάποιου ιδρυτού μοναχού – ιερέα, είτε κατά τον Ν. Ψιλάκη «να ήταν κατά τα βυζαντινά χρόνια κέντρο επεξεργασίας του ορείχαλκου...» (Λέκκος, 2003)

Το καθολικό της μονής είναι δίκλιτος καμαροσκέπαστος ναός δυο οικοδομικών φάσεων κατασκευής, στο οποίο τιμάται ο Αγ. Αντώνιος και η Αναψηλάφηση του Αποστόλου Θωμά. (BENERH, 1938 σ. 103) Το παλαιότερο κλίτος του ήταν εξ ολοκλήρου τοιχογραφημένο καθώς επίσης και το τμήμα της κατά μήκος προσθήκης. Ο τοιχογραφικός διάκοσμος είναι ενδεικτικός της παλαιότητας της Μονής, της ποιότητας της τέχνης που είχε αναπτυχθεί στο μοναστήρι στο β' μισό του 14ου αιώνα. (Ψιλάκης, 1992)

Ο αρχικός μονόχωρος ναός επεκτάθηκε προς τα δυτικά και βόρεια στα τέλη του 16ου αιώνα με ένα παράλληλο κλίτος μεγαλύτερου πλάτους και ύψους. Την ίδια περίοδο προστέθηκε και το κωδωνοστάσιο σε επαφή με την δυτική όψη του ναού ως ξεχωριστό οικοδόμημα τοποθετημένο συμμετρικά ανάμεσα στα δυο θυρώματα. Το κωδωνοστάσιο είναι πυργοειδούς μορφής με τετράγωνη κάτοψη, η είσοδος σε αυτό γίνεται από την νότια πλευρά του και είναι ανεξάρτητη από τον κυρίως ναό. Στην δυτική όψη του υπάρχει ορθογωνικής διατομής παράθυρο μικρού μεγέθους. Ο ανώτερος χώρος για τις καμπάνες διαμορφώνεται με τέσσερα ημικυκλικά τόξα, εδραζόμενα σε ένα επίπεδο λίγο χαμηλότερα από την θέση ανάρτησης των κωδώνων, δημιουργώντας μια τετράστηλη πεσσοειδή κατασκευή, στεγαζόμενη με ημισφαιρικό θόλο και επικαλυπτόμενη από οριζόντια στέγη. (Gerola, 1993 σ. 364) Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της προσθήκης



ΕΙΚΟΝΑ 29: Δυτική όψη του ναού με το κωδωνοστάσιο. Διαφοροποιείται χαρακτηριστικά στην φωτογραφία το ύψος στέγας του αρχικού κλίτους σε σχέση με το αντίστοιχο της προσθήκης (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

είναι παρόμοια με εκείνα του αρχικού κλίτους. Τα δυο κλίτη στεγάζονται με οξυκόρυφη θολοδομία και επικαλύπτονται με δίκλινες κεραμοσκεπές.



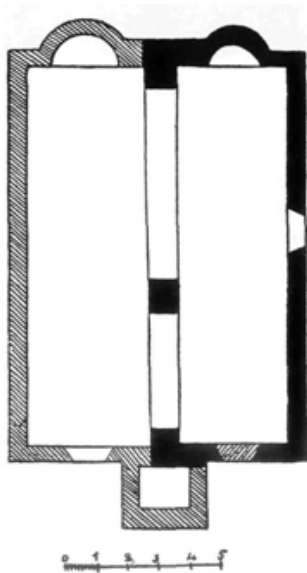
ΕΙΚΟΝΑ 30: Νότια άποψη του ναού. Στα $\frac{3}{4}$ περίπου του συνολικού μήκους του νότιου φέροντος τοίχου προς τα δυτικά, ξεχωρίζει ο αρμός της επέκτασης κατα μήκος του αρχικού κλίτους, χωρίς άλλη διαφοροποίηση καθ' ύψος. Στο τμήμα αυτό της προσθήκης υπάρχει το χαρακτηριστικό ελαφρώς οξυκόρυφο άνοιγμα, λιτής διακοσμησης από λαξευμένη λιθοδομή που συναντάται και σε άλλα παραδείγματα ναών. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 31: Ανατολική άποψη του ναού, (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

Στο αρχικό κλίτος υπάρχει πλευρική είσοδος στην νότια όψη με οριζόντιο υπέρθυρο διακοσμημένο με αναγεννησιακά πρότυπα και επάνω από αυτό ένα οξυκόρυφο ανακουφιστικό τόξο. Εκατέρωθεν αυτού υπάρχουν δυο παράθυρα μικρών διαστάσεων, διαφορετικού σχεδίου με λιθανάγλυφες διακοσμήσεις και στην άνω πλευρά του

ανατολικού βρίσκονται εντοιχισμένα πήλινα διακοσμητικά επιζωγραφισμένα πινάκια [ρόδακες], τοποθετημένα σε σχήμα σταυρού. Στον νότιο τοίχο διακρίνεται στην εξωτερική πλευρά το ίχνος της κατ' έκταση προσθήκης στην θέση όπου προϋπήρχε ο αρχικός δυτικός τοίχος. Η είσοδος που προϋπήρχε σ' αυτόν μεταφέρθηκε στον νέο δυτικό τοίχο στο αντίστοιχο σημείο. (Λέκκος, 2003) Όμοια μορφολογικά χαρακτηριστικά με την αρχική έχει και το νέο θύρωμα που κατασκευάσθηκε για τον βόρειο κλίτος. Στο ανώτερο τμήμα του δυτικού τοίχου επάνω από τις θύρες υπάρχουν δυο κυκλικά παράθυρα. Όμοιας γεωμετρίας ανοίγματα υπάρχουν και στον ανατολικό τοίχο επάνω από το ύψος της κόγχης, το ένα εκ των οποίων είναι λαξευμένο σε διάτρητη λιθοδομή σε σχήμα σταυρού. Ο βόρειος τοίχος φέρει ένα μόνο παράθυρο όμοιας μορφολογίας με το αντίστοιχο του νότιου τοίχου που τοποθετήθηκε στο κομμάτι της προσθήκης. Ανάμεσα στα δυο κλίτη, διαμορφώνεται κατακόρυφη υδρορροή. Στο μεσαίο τμήμα του ανατολικού τοίχου ανάμεσα στις δυο κόγχες των Ιερών έχει κατασκευαστεί μια αντηρίδα μέχρι το ανώτερο ύψος της κόγχης του αρχικού ναού. Ολόκληρος ο ναός εξωτερικά είναι επιχρισμένος εκτός από την λαξευμένη λιθοδομή που χρησιμοποιείται για την διαμόρφωση των ανοιγμάτων. Το ιδιαίτερο στην αρχιτεκτονική του ναού αυτού που τον διαφοροποιεί σε σχέση με τα προηγούμενα παραδείγματα και ενδέχεται να επηρεάζει την στατική συμπεριφορά του, είναι η προσθήκη του κωδωνοστασίου στην δυτική όψη. Ακόμη, σε αντίθεση με το προηγούμενο παράδειγμα (εικ.24), η επέκταση κατά μήκος του αρχικού κλίτους, διατηρεί εδώ το αρχικό ύψος της θολοδομίας (εικ. 31).



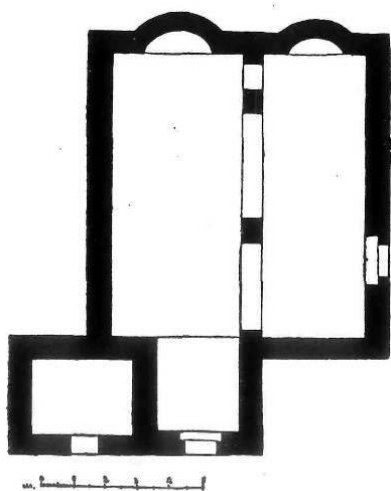
ΕΙΚΟΝΑ 32: Η Μονή Βροντίσιου όπως την αποτύπωσε ο Gerola σε κάτοψη (αριστερά) και φωτογραφικά στο την ΒΔ πλευρά του (δεξιά) (Gerola, 1932)

3. ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΒΡΑΧΑΣΙ

Το μοναστήρι του Αγίου Γεωργίου του Βραχασώτη όπως επονομάστηκε, βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το χωριό Βραχάσι του νομού Λασιθίου. Η ακριβής χρονολογία ίδρυσης της Μονής δεν είναι γνωστή, αλλά η παλαιότερη αναφορά είναι το 1549. (Ψιλάκης, 1992)

Το καθολικό της Μονής είναι δίκλιτος ναός στον οποίο στο βόρειο κλίτος τιμάται ο Άγιος Γεώργιος και φέρει τοιχογραφίες του 14ου-15ου αιώνα. Η δυτική όψη του είναι όμοια μορφολογικά με το καθολικό της μονής Βροντισίου καθώς φέρει πυργοειδές κωδωνοστάσιο μεγάλων διαστάσεων, που κατασκευάστηκε το 1558. Το 1592 προστέθηκε το δεύτερο κλίτος στον αρχικό ναό, παράλληλα με το πρώτο προς την νότια πλευρά στο οποίο τιμάται ο Αγ. Δημήτριος σύμφωνα με σωζόμενη κτητορική επιγραφή (Μιχάλης Ανδριανάκης, 2012 σ. 203). Η διαφορά με το κωδωνοστάσιο της μονής Βροντισίου είναι ότι εδώ έχει μεγαλύτερες διαστάσεις και δεν είναι συμμετρικά τοποθετημένο σε σχέση με την δυτική όψη του ναού.

Το ανεξάρτητο κτίσμα του κωδωνοστασίου έχει τέσσερα μεγάλα δίλοβα παράθυρα και επίπεδη οροφή ως επιστέγαση μιας θολωτής κατασκευής. Στην νότια όψη του ναού υπάρχει ένα παράθυρο και μια είσοδος. Το θύρωμα της νότιας εισόδου έχει οριζόντιο υπέρθυρο και ανακουφιστικό τόξο που φέρει ανάγλυφη αναγεννησιακή διακόσμηση ενδεικτική της εποχής που κατασκευάστηκε (τέλη 16ου αι). Η είσοδος στον ναό μπορεί να γίνει και από το θύρωμα του κωδωνοστασίου. Τα κλίτη στεγάζονται με θολωτές οξυκόρυφες κατασκευές και επικαλύπτονται με καμπύλη κεραμοσκεπή (Ψιλάκης, 1993). Ήδη από την εποχή της περιήγησης του Gerola στον νότιο τοίχο διακρίνονται ενισχυτικές λίθινες αντηρίδες χαμηλού ύψους. Σήμερα ο ναός φέρει τρεις ενισχυτικές αντηρίδες εξωτερικά του βόρειου και του νότιου τοίχου αντίστοιχα. Τα δυο κλίτη διαφέρουν ελαφρώς στο πλάτος με το παλαιότερο να είναι πιο στενό. Κατά την φάση της προσθήκης ο ναός επεκτάθηκε μόνο παράλληλα με το δεύτερο κλίτος, και όχι κατά μήκος όπως είδαμε σε προηγούμενα παραδείγματα. Ως αποτέλεσμα αυτού το παλαιό και το νεότερο κλίτος έχουν παρεμφερές συνολικό ύψος θόλου.



ΕΙΚΟΝΑ 33: Ο ναός του Αγίου Γεωργίου όπως τον αποτύπωσε ο Gerola σε κάτοψη (αριστερά) και φωτογραφικά στοπ την ΝΔ πλευρά του (δεξιά) (Gerola, 1932)



ΕΙΚΟΝΑ 34: Το θύρωμα του ναού με την επιγραφή του 1587 (αριστερά)

ΕΙΚΟΝΑ 35: Εσωτερική άποψη του βόρειου κλίτους του ναού (δεξιά), όπου διακρίνεται το άνοιγμα της βόρειας πλευράς, το σφενδόνιο που εδράζεται σε φουρουνισια εντοιχισμένα στην φέρουσα τοιχοποιία και τα τόξα που ενώνουν τα δυο κλίτη, τα οποία στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι οξυκόρυφα, έναντι των άλλως παραδειγμάτων που είναι κατά κανόνα ημικυκλικά.



ΕΙΚΟΝΑ 36: Ο ναός του Αγίου Γεωργίου. Εξωτερική άποψη της ΝΑ γωνίας, όπου ξεχωρίζουν οι ενισχυτικές αντιρρίδες της νότιας φέρουσας τοιχοποιίας επαυξημένες κατά δύο και σε μεγαλύτερο ύψος συγκριτικά με την αποτύπωση του Gerola (εικ. 33). Ενισχυτικές επεμβάσεις διακρίνονται σε χαμηλό ύψος γύρω από τις δυο κόγχες της ανατολικής πλευράς (όπως και στην περίπτωση της εικ. 24) Η παθολογία της τοιχοποιίας δεν διακρίνεται από την εξωτερική πλευρά του ναού λόγω μεταγενέστερων επισκευών και αρμολόγησης.

4. ΑΓ. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΧΑΝΙΑ



ΕΙΚΟΝΑ 37: Ο ναός της Αγ. Αικατερίνης στην παλιά πόλη των Χανίων. Άποψη της δυτικής πλευράς με έντονη προοπτική λόγω του ιδιαίτερα μικρού πλάτους της οδού που οδηγεί στον ναό.

Μετά τα τρία παραδείγματα ναών της υπαίθρου που περιγράφηκαν, αναφέρουμε και ένα τυπικό παράδειγμα δίκλιτου ναού που βρίσκεται εντός της παλιάς πόλης των Χανίων και χωροθετείται ανάμεσα στον ιδιαίτερα πυκνό αστικό ιστό, πλησίον του ναού του Αγ Νικολάου της Σπλάντζιας. Ο ναός της Αγ Αικατερίνης είναι μια δίκλιτη εκκλησία της οποίας το δεύτερο κλίτος είναι αφιερωμένο στον Αγ. Ιωάννη τον Ερημίτη. Η πρόσοψη της δυτικής πλευράς φέρει δυο θυρώματα διαμορφωμένα με λαξευτή λιθοδομή και δυο μεγάλα κυκλικά ανοίγματα συμμετρικά τοποθετημένα άνωθεν αυτών. Στους φέροντες τοίχους υπάρχει ένα οξυκόρυφο παράθυρο σε κάθε πλευρά. Τα δυο κλίτη ενώνονται με ημικυκλικά τόξα που στηρίζονται σε πεσσούς διαμορφωμένους με λαξευτή λιθοδομή. Χρονολογικά κατατάσσεται στο δεύτερο μισό του 16^{ου} αιώνα. (Ανδριανάκης, 1997) Μεταξύ των κλιτών στην δυτική πρόσοψη του ναού εδράζεται η βάση του δίλοβου καμπαναριού. (Μιχάλης Ανδριανάκης, 2012 σ. 347). Η θολοδομία του ναού είναι οξυκόρυφη ανάλογης καμπυλότητας με τους υπόλοιπους ναούς που εξετάστηκαν και η στάθμη γενέσεως της διακοσμείται με οριζόντιο γείσο. Η παθολογία του ναού δεν είναι εμφανής εξωτερικά ούτε εσωτερικά εξαιτίας μεταγενέστερων επιχρίσεων.



ΕΙΚΟΝΑ 38: Εσωτερική άποψη του ναού στο νότιο κλίτος όπου διακρίνονται τα ημικυκλικής καμπυλότητας λαξευτά τόξα που ενώνουν τα δυό κλίτη, τα οποία έχουν μεγαλύτερο συνολικό ύψος συγκριτικά με άλλους ναούς, λόγω υψηλότερης στάθμης εδράσεως με βάση το ύψος του μεσαίου πεσσού. Ακομή διακρίνεται εδώ η διακόσμηση της στάθμης γεννέσεως του θόλου της οροφής, κάτι το οποίο επίσης δεν συνιθίζεται σε εκκλησίες της υπαίθρου.



ΕΙΚΟΝΑ 39: Τα ημικυκλικά λαξευτά τόξα των πεσσών που ενώνουν τα δυο κλίτη, εσωτερική άποψη από το βόρειο κλίτος του ναού όπου ξεχωρίζει η νοητή συνέχεια της διακόσμησης της στάθμης γεννέσεως του θόλου (αριστερά) και η γενική άποψη της θολοδομίας του ίδιου κλίτους (δεξιά) όπου φαίνεται η απουσία σφενδονίων ενίσχυσης.

3. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΡΙΩΝ ΝΑΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό δίδεται έμφαση στην συγκριτική παρατήρηση τριών ναών της επαρχίας Μαλεβιζίου στο νομό Ηρακλείου Κρήτης. Οι τρεις εκκλησίες είναι κατασκευασμένες στην μορφή στην οποία βρίσκονται σήμερα, μεταξύ του 15^{ου} και 17^{ου} αιώνα και αποτελούνται έκαστη από δυο κλίτη κατασκευασμένα σε διαφορετικές χρονολογικές περιόδους, πιθανότατα για την κάλυψη αυξημένων λειτουργικών αναγκών. Η σύγκριση αρχικά αφορά τα αρχιτεκτονικά και δομικά τους χαρακτηριστικά λόγω της μικρής απόστασης μεταξύ τους και στο επόμενο κεφάλαιο ακολουθεί η συγκριτική μελέτη της παθολογίας που παρουσιάζουν.

Πρόκειται για ναούς στους οποίους τα κλίτη είναι ανόμοια σε διαστάσεις και διαφορετικής χρονικής περιόδου, με την ιδιαιτερότητα ότι το παλαιότερο και μικρότερο κλίτος έχει επεκταθεί κατ' έκταση μέχρι το όριο του νέου κλίτους. Στην περίπτωση αυτή η κατά μήκος προσθήκη στο παλαιό κλίτος έχει τα γενικά μορφολογικά στοιχεία και το ύψος του νεότερου κλίτους, αλλά σε κάτοψη, διατηρεί τις αναλογίες του παλαιού. Η μορφή του φέροντα οργανισμού στους ναούς που εξετάζουμε συντίθεται από φέροντες κατακόρυφους τοίχους από αργολιθοδομή, πάνω στους οποίους διαμορφώνεται μια θολωτή κατασκευή από θολόλιθους επεξεργασμένους που μορφοποιεί ένα οξυκόρυφο τόξο. Το πάχος των τοίχων ποικίλει από 0,50μ. στους μετωπικούς τοίχους και τις κόγχες των ιερών, μέχρι 0,7-0,8μ. περίπου στους φέροντες τοίχους. Η αρχή γένεσης του θολωτού τμήματος, ποικίλει επίσης από στάθμη 1,5μ. περίπου από το διαμορφωμένο δάπεδο μέχρι στάθμης 3,00μ. περίπου αντίστοιχα.

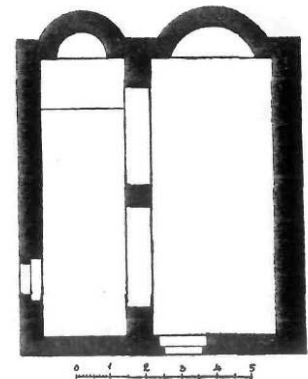
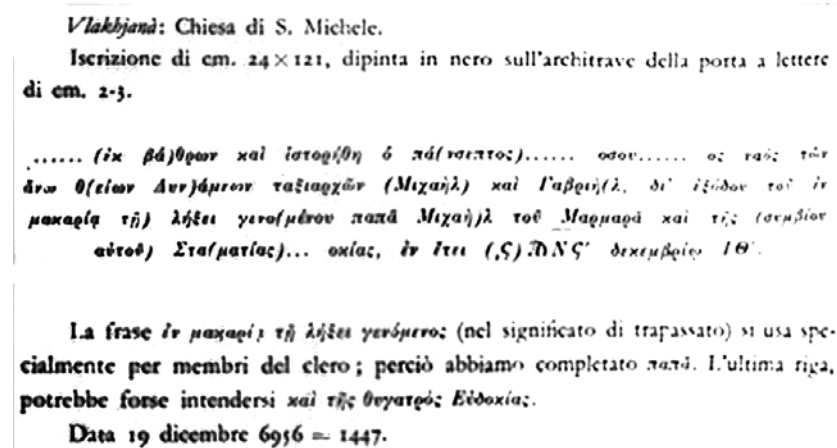
Η παρούσα κατάσταση διατήρησης τους ευνοεί την μελέτη της παθολογίας τους, τα αίτια των φθορών, την στατική λειτουργία και συμπεριφορά τους σε περιπτώσεις σεισμών καθώς ενώ είναι κατασκευασμένες σε πολύ κοντινές μεταξύ τους αποστάσεις, παρουσιάζουν όμοιες φθορές ενώ η συνολική κατάσταση διατήρησης τους είναι αρκετά διαφορετική. Η εκκλησία της Παναγίας της Κεράς στο Σάρχο, είναι η μικρότερη σε μέγεθος και σαφώς μεταγενέστερης κατασκευής συγκριτικά με τις άλλες δυο (17^{ος} αι.). Δεν έχουν γίνει αξιοσημείωτες επισκευές (πλην επιχρισμάτων στο εσωτερικό) και συνεπώς είναι εμφανής η παθολογία της. Η εκκλησία του Μιχαήλ Αρχαγγέλου στα Βλαχιάνα είναι η παλαιότερα χρονολογημένη εκ των τριών (μέσα 15^{ου} αι.), βρίσκεται σε ευθεία απόσταση 3.59χλμ και 3.61χλμ από τις άλλες δυο και το μέγεθος της σχεδόν ταυτίζεται με τον ναό του Αγ. Αντωνίου. Ο ναός αυτός επισκευάστηκε προ δεκαετίας περίπου, με ιδιωτική πρωτοβουλία κατοίκων της περιοχής και ως εκ τούτου δεν είναι δυνατή η παρατήρηση φθορών στο εξωτερικό του, το οποίο στο μεγαλύτερο μέρος του καλύπτεται από αντηρίδες οπλισμένου σκυροδέματος, ενώ ο εσωτερικός του χώρος έχει παραμείνει αναλλοίωτος (πλην επιχρισμάτων τοπικά). Ο ναός του Αγ. Αντωνίου στην τοποθεσία Πετάλι είναι ο μεγαλύτερος σε μέγεθος, σώζεται σε κατάσταση ερειπίων, όπου διατηρείται στο ακέραιο ο νότιος τοίχος και τμηματικά ο δυτικός, ο ανατολικός, η πεσσοστοιχία και το δάπεδο. Η χρονολόγηση του εκτιμάται στο τέλος του 15^{ου} αι. και απέχει από την εκκλησία στο Σάρχο μόλις 610μ. σε ευθεία απόσταση. Ο αρχιτεκτονικός τύπος των τριών αυτών ναών είναι δίκλιτοι δρομικοί, δυο χρονολογικών φάσεων

κατασκευής, με διαφορετικό ύψος θόλου κατά την προσθήκη τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

1. ΝΑΟΣ ΜΙΧΑΗΛ ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΥ ΣΤΑ ΒΛΑΧΙΑΝΑ

Ο ναός του Μιχαήλ Αρχαγγέλου στην τοποθεσία Βλαχιάνα της επαρχίας Μαλεβιζίου αποτελεί ένα από τα τυπικά δείγματα του δίκλιτου καμαροσκεπάστου ναού, κατασκευασμένου σε δυο οικοδομικές φάσεις. Στο δεύτερο κλίτος εορτάζεται το Άγιον Πνεύμα. Σύμφωνα με τον Gerola η περάτωση της εκκλησίας χρονολογείται στις 19 Δεκεμβρίου 1447 όπως μαρτυρεί ανάγλυφη επιγραφή που βρίσκεται στο θύρωμα του βόρειου κλίτους (εικ. 40). Η εκκλησία του Μιχαήλ Αρχαγγέλου στα Βλαχιάνα εντοπίσθηκε μετά από βιβλιογραφική έρευνα σε συμβολαιογραφικό έγγραφο του 1385 - 87 [Βικελαία δημοτική βιβλιοθήκη – φωτογραφικό αρχείο] όπου αναφέρεται μια εκκλησία δίπλα στο οικόπεδο [...] του Μιχαήλ Αρχαγγέλου. Καθώς πρόκειται για δίκλιτο ναό δυο οικοδομικών φάσεων είναι πιθανό το πρώτο κλίτος να κατασκευάσθηκε νωρίτερα από το 1447 της κτητορικής επιγραφής, αλλά και από το 1385 οπότε αναφέρεται στο έγγραφο αυτό. Στο βιβλίο του Gerola (Gerola, 1932 p. 505) αναφέρεται ολόκληρο το κείμενο της επιγραφής:



EIKONA 40: Επιγραφή από το βιβλίο του Gerola (δεξιά) και κάτοψη του ναού του Μιχαήλ Αρχαγγέλου όπως αποτυπώνεται από τον ίδιο (αριστερά) (Gerola, 1932).

Το παλαιότερο κλίτος του ναού είναι το βόρειο, το οποίο επεκτάθηκε κατά μήκος προς τα δυτικά και καθ' ύψος για το μήκος της επέκτασης, ενώ ταυτόχρονα προστέθηκε παράλληλο κλίτος μεγαλύτερου πλάτους και ύψους προς νότο. Ο ναός έχει δυο θυρώματα λιθανάγλυφα διακοσμημένα, στην δυτική πλευρά για το νότιο κλίτος και στην βόρεια πλευρά στο τμήμα της επέκτασης. Στην δυτική όψη του ναού υπάρχει κυκλικό παράθυρο στο τμήμα του βόρειου κλίτους στο ίδιο ύψος περίπου με εκείνο του νότιου κλίτους και κωδωνοστάσιο απλής μορφολογίας. Στον νότιο τοίχο έχει μικρό παράθυρο διαμορφωμένο με λαξευτή λιθοδομή. Ο ναός σήμερα έχει επισκευασθεί από την εξωτερική πλευρά του, με συντήρηση της λιθοδομής αλλά και την προσθήκη τεσσάρων αντηρίδων στις γωνίες του κτίσματος (εικ.41), οι οποίες καλύπτουν το σύνολο σχεδόν του νότιου τοίχου και μεγάλο μέρος του δυτικού, σε όλο το ύψος της τοιχοποιίας

περιμετρικά. Αντίθετα η εικόνα στο εσωτερικό του ναού (εικ. 44 και 47) παραμένει αναλλοίωτη, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στην παρατήρηση και καταγραφή ποικίλων δομικών προβλημάτων τα οποία χαρακτηρίζουν την υφιστάμενη κατάσταση διατήρησης του ναού και τα οποία θα μελετηθούν στην επόμενη ενότητα (ρωγμές σε τοιχοποιία και θόλους, τοπικές αστοχίες τόξων, υγρασίες).



ΕΙΚΟΝΑ 41. ΝΑ άποψη του ναού, όπου είναι εμφανείς οι ενισχυτικές αντιρρίδες του νότιου τοίχου που καλύπτουν σχεδόν το σύνολο της αντίστοιχης όψης (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

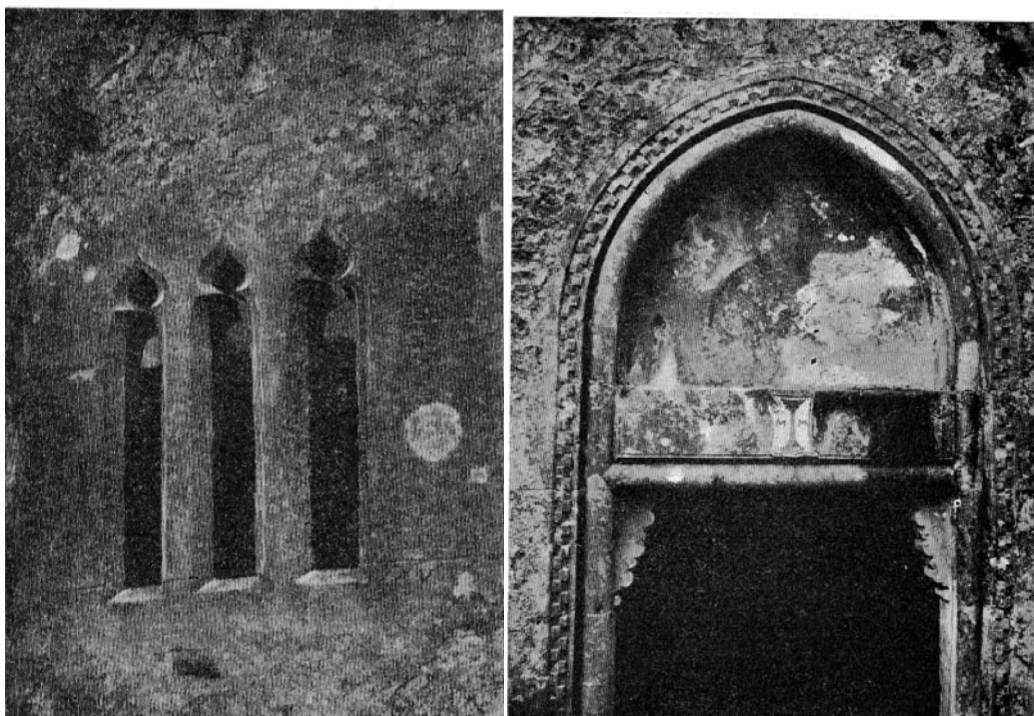


ΕΙΚΟΝΑ 42. Παράθυρο νότιας όψης, τυπικής οξυκόρυφης γεωμετρίας πλησίον κατακόρυφα διαμορφωμένης υδρορροής για την απορροή των ομβρίων (αριστερά)

ΕΙΚΟΝΑ 43: Λεπτομέρεια θυρώματος δυτικής πλευράς (δεξιά) με την χαρακτηριστική λαξευτή διαμόρφωση με οδοντωτή ταινία, τοιχογραφημένο τμήμα στο εσωτερικό του ανακουφιστικού τόξου επάνω από το υπέρθυρο, το οποίο κοσμεύεται με οικόσημο και σπείρες συμμετρικά αυτού στο άκρο όπως και στα άλλα δυο παραδείγματα. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 44: Εσωτερική άποψη του ναού στο νότιο κλίτος προς τον δυτικό τοίχο, όπου είναι εμφανής η λοξή ρωγμή καθ' ύψος επάνω από το θύρωμα, η οποία επεκτείνεται καθ ύψος έως την κορυφή του θόλου και κατά μήκος αυτής. (όπως και στην εικ. 19)



ΕΙΚΟΝΑ 45. Διακοσμητικές λεπτομέρειες του ναού όπως απεικονίζονται από τον G. Gerola: (Gerola, 1932 p. 273). Αριστερά απεικονίζεται η λεπτομέρεια του παραθύρου της κόγχης στον ανατολικό τοίχο και δεξιά το θύρωμα με το οικόσημο της φωτογρ 43.



ΕΙΚΟΝΑ 46. Εξωτερική άποψη του ναού από βορρά (πάνω), ΒΔ (αριστερά) και ανατολικά (δεξιά) στα σημεία ένωσης της στέγασης των δυο κλιτών όπου είναι εμφανής η διαφοροποίηση καθ ύψος στο τμήμα της προσθήκης κατά μήκος και στο μεταγενέστερο κλίτος. (φωτογραφίες από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 47. Εσωτερική άποψη του ναού στο βόρειο κλίτος (αριστερά) προς τα δυτικά, με εμφανή τα σφενδόνια εδραζόμενα σε φουρούσια, εντοιχισμένα στην λιθοδομή, τα δυο πλευρικά ανοίγματα του βόρειου φέροντος τοίχου και τμήμα της λαξευτής λιθοδομής διαμόρφωσης του τόξου της πεσσοστοιχίας που ενώνει τα δυο κλίτη. Εσωτερική άποψη

του βόρειου κλίτους προς τα ανατολικά (δεξιά) στο τμήμα της προσθήκης όπου ξεχωρίζουν τα δυο τόξα της πεσσοστοιχίας και η διαφοροποίηση καθ ύψος της επιστέγασης του βόρειου κλίτους καθώς και ρηγμάτωση στην άνω πλευρά του μεσαίου τοίχου η οποία συνεχίζεται στην κορυφή του τόξου των πεσσών αλλά και διαγώνια στο τμήμα της διαφοροποίησης καθ ύψος του ναού προς το κέντρο του βόρειου κλίτους. (φωτογραφίες από προσωπικό αρχείο)

Η εποχή κατασκευής του ναού του Αρχαγγέλου είναι ιδιαίτερα κοντινή με την αντίστοιχη χρονολόγηση του ναού στην περιοχή Πετάλι που περιγράφεται στην συνέχεια, γι' αυτό και οι δυο ναοί παρουσιάζουν μεταξύ τους ομοιότητες σε πολλά σημεία όπως τα αρχιτεκτονικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν την προσθήκη του νέου κλίτους σε παλαιότερο, επεκτείνοντας το αρχικό κατά μήκος και καθ' ύψος σε όμοιες αναλογίες, ομοιότητες ως προς τη γεωμετρία των οξυκόρυφων τόξων, στο οικόσημο και στην διακόσμηση των θυρών και των παραθύρων που είναι όμοια με αυτά που υπάρχουν στο ναό του Αγ. Αντωνίου. Λόγω της κοινής μορφολογίας τους και καθώς οι δυο εκκλησίες δεν έχουν μεγάλη απόσταση μεταξύ τους στον χώρο, είναι αρκετά πιθανό να κατασκευάσθηκαν από το ίδιο εργατικό δυναμικό και ως εκ τούτου με την ίδια τεχνοτροπία, τόσο στα υλικά όσο και στον τρόπο δόμησης.



ΕΙΚΟΝΑ 48. Εξωτερική άποψη του ναού από ΒΔ στην παρούσα κατάσταση διατήρησης μετά από τις επισκευαστικές εργασίες ενίσχυσης με την προσθήκη αντιρρίδων σε μεγάλο τμήμα της δυτικής όψης που εγκυβωτίζει την ΒΔ και ΝΔ γωνία αντίστοιχα (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

2. ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΕΡΑ ΣΤΟ ΣΑΡΧΟ ΜΑΛΕΒΙΖΙΟΥ

Η Παναγία η Κερά κοντά στο χωρίο Σάρχος της επαρχίας Μαλεβιζίου, αποτελεί όπως και ο ναός του Αγ. Αντωνίου στο Πετάλι, μετόχι της Μονής Αγ. Γεωργίου Γοργοελεήμονα (Γοργολαΐνη). Το καθολικό της Μονής είναι τοιχογραφημένο μόνο στο βόρειο κλίτος του, που είναι το παλαιότερο ενώ το νεότερο είναι σήμερα επιχρισμένο. Πολλές από τις τοιχογραφίες διατηρούνται ακόμη. Το καθολικό χρονολογείται από τον Gerola το 1635 βάσει επιγραφής στο θύρωμα του βόρειου τοίχου. Γύρω από τον ναό της Κεράς διασώζονται ερείπια των κελιών της παλαιότερης Μονής. (Ψιλάκης, 1993 σ. 113).

Το καθολικό της Μονής είναι δίκλιτος καμαροσκέπαστος ναός με διαφορετικής περιόδου κατασκευής κλίτη. Στο αρχικό κλίτος έγινε μεταγενέστερα μια κατ' έκταση προσθήκη με τα ίδια μορφολογικά χαρακτηριστικά του αρχικού προς τα δυτικά, τμήμα το οποίο υπερυψώθηκε καθ' ύψος κατά περίπου 0,50μ. Το νότιο κλίτος που προστέθηκε παράλληλα είναι μεγαλύτερο τόσο σε επίπεδο κάτοψης κατά πλάτος όσο και καθ' ύψος (εικ. 49-50). Το αρχικό κλίτος αλλά και οι μεταγενέστερες προσθήκες στεγάζονται με οξυκόρυφες θολοδομικές κατασκευές με δίκλινες τριγωνικές μετώπες και επικάλυψη από κεραμοκονίαμα. Στα άκρα τους καταλήγουν σε ελεύθερη απορροή των ομβρίων προεξέχοντας ελαφρώς από τους φέροντες τοίχους. Ανάμεσα στα δυο κλίτη, έχει διαμορφωθεί μια ορθογωνική υδρορροή για τα όμβρια. Ο ναός εξωτερικά είναι επιχρισμένος πλην της λαξευτής λιθοδομής των ανοιγμάτων ενώ στο εσωτερικό τμήμα του είναι επιχρισμένο το νότιο κλίτος και το τμήμα της προσθήκης του βόρειου. Στο τμήμα του αρχικού ναού υπάρχουν δυο θυρώματα στον βόρειο τοίχο εκ των οποίων το ένα έχει χρήση παραθύρου και διακοσμούνται με βάση τα αναγεννησιακά πρότυπα (εικ49).



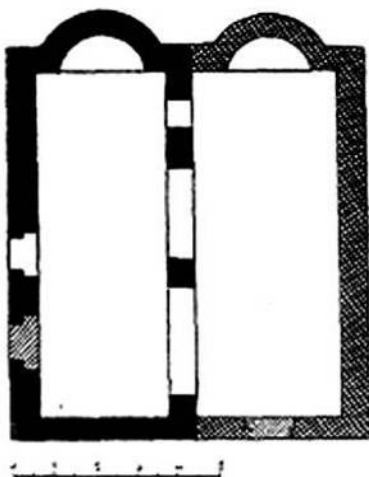
ΕΙΚΟΝΑ 49. Εξωτερική άποψη του ναού από βορρά (αριστερά) και (δεξιά) στα σημεία ένωσης της στέγασης των δυο κλιτών όπου είναι εμφανής η διαφοροποίηση καθ ύψος στο τμήμα της προσθήκης κατά μήκος και στο μεταγενέστερο κλίτος και ανατολικά (κέντρο) (φωτογραφίες από προσωπικό αρχείο)

Αντίθετα το θύρωμα της δυτικής πλευράς που αποτελεί και την κύρια είσοδο στον ναό χαρακτηρίζεται από γοτθικά λαξευμένα μοτίβα όμοια με εκείνα της εκκλησίας του

Μιχαήλ Αρχαγγέλου και του Αγ. Αντωνίου. Πάνω από την είσοδο αυτή υπάρχει κυκλικό παράθυρο. Στις κόγχες των ιερών υπάρχουν μικρά ανοίγματα, στο ένα κλίτος απλής και στο άλλο περίτεχνης λιθανάγλυφης διακόσμησης, όπου διαμορφώνεται σε τρίλοβο με οξυκόρυφα τόξα (εικ. 54). (Ψιλάκης, 1993 σ. 113)



ΕΙΚΟΝΑ 50. Εξωτερική άποψη του ναού από την ΝΔ γωνία όπου το έδαφος είναι έντονα κατηφορικό με κατεύθυνση προς το ρέμα που βρίσκεται σε μικρή απόσταση. Στην εξωτερική τοιχοποιία δεν διατηρείται το σύνολο της επίχρισης με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η παρατήρηση των ρηγματώσεων που παρουσιάζει. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



**Κάτοψη της εκκλησίας της Κεράς
κοντά στο Σαρχο Μαλεβιζίου**

ΕΙΚΟΝΑ 51. Σχηματική κάτοψη του ναού όπως αποτυπώθηκε από τον Gerola (Gerola, 1932)

Ο ναός στην υφιστάμενη κατάσταση διατήρησης του δεν έχει υποστεί ιδιαίτερες μετασκευές γεγονός που επιτρέπει την μελέτη της παθολογίας του. Πλησίον του ναού υπάρχει ρέμα σε μικρή απόσταση, το οποίο θα μπορούσε να συνεπάγεται τοπικές καθιζήσεις, καθώς και ότι η ΝΔ γωνία του ναού βρίσκεται τοποθετημένη σε πολύ έντονο πρυνές.

Η κύρια είσοδος του ναού που βρίσκεται στην δυτική πλευρά φαίνεται να έχει πληρωθεί από λιθοδομή εν ξηρώ στην φάση που την επισκέφτηκε ο G. Gerola στις αρχές του 20^{ου} αι. (εικ. 52). Η λιθοδομή αυτή σήμερα έχει αφαιρεθεί και αντικαταστάθηκε με μεταλλικό θύρωμα.



ΕΙΚΟΝΑ 52. Εξωτερική άποψη της κυρίας εισόδου του ναού από την δυτική όψη όπως αποτυπώνεται από τον Gerola (Gerola, 1932 p. 271) (αριστερά) καιόπως έχει διαμορφωθεί σήμερα (δεξιά) (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο) Κοινό χαρακτηριστικό με τους άλλους ναούς που μελετήθηκαν αποτελεί η οδοντωτή ταινία που διαμορφώνει το πλαίσιο της λαξευτής λιθοδομής του θυρώματος, το υπέρθυρο με το οικόσημο στο κέντρο και τις σπείρες συμμετρικά προς τα άκρα του, με την διαφορά ότι το υπέρθυρο εδώ δεν εδράζεται σε φουρούσια.

Στον IV τόμο του έργου του αποτυπώνει φωτογραφικά το βόρειο θύρωμα στην ενότητα των ελληνικών επιγραφών, όπου με βάση ελληνική αρίθμηση η οποία σήμερα δεν είναι ευδιάκριτη λόγω των αλλεπάλληλων στρώσεων επιχρισμάτων και

χρωματισμών, χρονολογεί το κλίτος αυτό το 1635 (εικ 53). Για το βόρειο και παλαιότερο κλίτος του ναού η μέχρι στιγμής βιβλιογραφική έρευνα δεν έχει αποδώσει κανένα επαρκές στοιχείο, παρά μόνον εικασίες βάσει των τεχνοτροπιών εικονογράφησης.



Ἰησοῦς Χριστὸς
 „ΑΧΑΕ”
 μ(ή.....)
 ρίον Κς’
 cioè 26 (gennaio
 o febbraio) 1635.



ΕΙΚΟΝΑ 53. Εξωτερική άποψη της δευτερεύουσας εισόδου του ναού από την βόρεια όψη όπως αποτυπώνεται από τον Gerola με την χρονολόγηση βάσει της επιγραφής που υπάρχει στο θύρωμα (αριστερά) (Gerola, 1932 p. 503) και όπως διατηρείται σήμερα (δεξιά) (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 54. Λεπτομέρειες ανοιγμάτων. Παράθυρο μικρών διαστάσεων στην κόγχη (αριστερά), λεπτομέρεια λιθανάγλυφων διακοσμήσεων στην κύρια είσοδο του ναού στον δυτικό τοίχο (κέντρο) δευτερεύουσα είσοδος στον βόρειο τοίχο σε μικρή απόσταση από αυτήν της εικόνας 53, η οποία σήμερα έχει υπερυψωθεί ελαφρώς κι έχει διαμορφωθεί σε παράθυρο (δεξιά) (φωτογραφίες από προσωπικό αρχείο).

3. ΑΓ. ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΣΤΟ ΠΕΤΑΛΙ

Η Ι.Μ. του Αγ. Αντωνίου στην τοποθεσία Πετάλι, της επαρχίας Μαλεβιζίου βρίσκεται κοντά στο χωριό Κάτω Ασίτες, αποτελεί σήμερα μετόχι της Ι.Μ. Αγίου Γεωργίου Γοργοεγγέμονος και ιδρύθηκε περίπου στα μέσα της ενετικής περιόδου κατοχής της Κρήτης, γύρω στον 15ο – 16ο αιώνα. Το καθολικό της παλαιότερης μονής διατηρείται σήμερα σε ερειπιώδη κατάσταση καθώς και ορισμένα από τα κτίσματα των κελιών της μονής (εικ. 55). Το καθολικό της μονής παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και προσφέρει ένα ευρύ πεδίο μελέτης εξαιτίας των μεγάλων καταστροφών και φθορών που έχει υποστεί. Ο ναός αυτός εξετάζεται στο επόμενο κεφάλαιο αναλυτικά ως προς την δομική συμπεριφορά του χρησιμοποιώντας την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.



ΕΙΚΟΝΑ 55. Εξωτερική άποψη της δυτικής πλευράς του ναού όπου ξεχωρίζει το ίχνος μόνο του βόρειου και τμήματος του δυτικού τοίχου και τα υπόλοιπα σωζόμενα τμήματα του δυτικού και ανατολικού τοίχου, τμήμα του ύψους των πεσσών και του δαπέδου στο βόρειο και το νότιο κλίτος ενώ ο νότιος τοίχος διατηρείται στο ακέραιο. (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

Ο G. Gerola φωτογράφησε το ναό στις αρχές του 20ου αιώνα. (Gerola, 1993 σσ. 272,279) Οι δυο φωτογραφίες που δημοσιεύει στον δεύτερο τόμο του έργου του, αποδείχτηκαν ιδιαίτερα χρήσιμες κατά την πορεία της μελέτης, καθώς φαίνεται σε αυτές αρκετά μεγάλο τμήμα του δυτικού τοίχου του ναού που σήμερα έχει καταπέσει όπως φαίνεται χαρακτηριστικά από την μεγάλη ρωγμή στην άκρη του. Ο θόλος που στέγαζε τον ναό είχε καταρρεύσει την εποχή εκείνη και στα δυο κλίτη. Οι δυτικές επιρροές είναι εμφανείς τόσο στην μορφολογία όσο και στην διακόσμηση του. Παρά την κακή κατάσταση διατήρησης του ναού από δομικής πλευράς, ο νότιος τοίχος διασώζει ποικίλες

διακοσμήσεις, ενώ μεγάλο μέρος του αρχικού επιχρίσματος των όψεών του (εσωτερική και εξωτερική) διατηρείται ακόμη. Τα τρία υπέρθυρα φέρουν παρόμοιες μεταξύ τους διακοσμήσεις, από τα οποία υπέρθυρο της νότιας εισόδου του δυτικού τοίχου που αποτελεί και την κύρια είσοδο του ναού, φέρει οικόσημο της κτητορικής οικογένειας. Το υπέρθυρο της νότιας εισόδου φέρει ομοίως διακοσμητικές σπείρες στα άκρα του και στην μέση ανάγλυφο σταυρό. Περίτεχνες λίθινες διακοσμήσεις συναντάμε ομοίως στα παράθυρα, στα φουρούσια των σφενδονίων, στην στέψη των πεσσών, στην αρχή γενέσεως της κόγχης κ.α. που αποτελούν χαρακτηριστικά δείγματα της ενετικής αρχιτεκτονικής και διακόσμησης όπως αυτή επηρέασε την τοπική αρχιτεκτονική. (Gerola, 1932 p. 279) Ο Gerola αναφέρει την εκκλησία στο Πετάλι ως εκκλησία της Παναγίας. (εικ. 56-57) Ο ναός αυτός είναι δίκλιτος και καθώς οι δίκλιτοι ναοί είναι κατά κανόνα και διμάρτυροι, τιμώνται δηλαδή δυο Άγιοι σε κάθε ναό, ένας στο κάθε κλίτος, στο ένα κλίτος της εκκλησίας στο Πετάλι τιμάται η Παναγία και στο άλλο ο Άγιος Αντώνιος.



ΕΙΚΟΝΑ 56. Εξωτερική άποψη της ΒΔ πλευράς του κτίσματος όπως αποτυπώνεται από τον Gerola με τίτλο: Fig. 345 - *PETALI (MALVESIN) - PORTA E FINESTRE DELLA CHIESA DI S. MARIA, δηλαδή «Πετάλι (Μαλεβιζίου) – Πόρτα και παράθυρα της εκκλησίας της Παναγίας» (Gerola, 1932 σ. 279). Στην δυτική όψη διασώζεται κατά την εποχή εκείνη το τμήμα του δυτικού τοίχου που σήμερα έχει καταρρεύσει, καθώς και οι δυο χαρακτηριστικές ρωγμές στο μέσον του θυρώματος του νότιου κλίτους μέχρι την κορυφή της τριγωνικής μετώπης και η λοξή ρωγμή που καταλήγει στο μέσον περίπου του θυρώματος από την άνω πλευρά της ΝΔ γωνίας, που αποτελεί και το σημερινό περίγραμμα της δυτικής όψης. Στην φωτογραφία διακρίνεται ακόμη η δευτερεύουσα είσοδος της δυτικής όψης στο βόρειο κλίτος η οποία διατηρείται περίπου στο μέσον του ύψους της και έχει πληρωθεί με ξηρολιθοδομή, όπως ακριβώς και το αντίστοιχο θύρωμα της Κεράς στο Σάρχο (Εικ 52). Στην νότια όψη φαίνεται να έχουν προστεθεί δυο αντιρρίδες στα άκρα του τοίχου, ενώ το πρανάς εφραπτεται σχεδόν με την νότια όψη περίπου στο μέσον του συνολικού ύψους του.



ΕΙΚΟΝΑ 57. Εξωτερική άποψη της κύριας εισόδου του ναού από την δυτική πλευρά όπως αποτυπώνεται από τον Gerola με τον τίτλο: Fig. 336 - PETÀLI (MALVESÌN) - PORTA DELLA CHIESA DI S. MARIA. Το οποίο σημαίνει «Πετάλι (Μαλεβιζίου⁴) - Πόρτα της εκκλησίας της Παναγίας» (Gerola, 1932 σ. 272)

Για την εκκλησία στο Πετάλι ο Gerola δεν παραθέτει κάποια ανάλυση των αρχιτεκτονικών στοιχείων της, παρά μόνο μια περιγραφή του υπέρθυρου της κυρίας

⁴Ως επαρχία μαλεβιζίου ονομάζεται η περιοχή που περιλαμβάνει τα γειτονικά χωριά από την τοποθεσία του υπό μελέτη ναού του Αγ. Αντωνίου, πλησίον του χωριού Ασίτες, ενώ η ονομασία αυτή της περιοχής υπάρχει ήδη κατ' αυτόν τον τρόπο από την εποχή της διοικητικής διαίρεσης της Κρήτης που έγινε από τους ενετούς καστελάνους.

εισόδου του ναού που βρίσκεται στο νότιο κλίτος, στον δυτικό τοίχο του και στην οποία ταυτίζει το οικοδόμημο με αυτό της οικογένειας των Φαλιέρων.⁵

Η ενετική οικογένεια των Φαλιέρων, ζούσε στην Κρήτη τον 14^ο και 15^ο αιώνα, με αρκετά ονομαστά πρόσωπα της εποχής εκείνης (ο ποιητής Μ. Φαλιέρος (1395-1474), ο Καστροφύλακας, ο Δούκας της Κρήτης το 1401, κ.α.), στα οποία έρχεται να προστεθεί και η αναφορά στο βιβλίο του Gerola, για μια εκκλησία της Παναγίας των Φαλιέρων, που την κατατάσσει ανάμεσα στις μεγαλύτερες και πιο γνωστές του Χάνδακα, από την εποχή της ενετοκρατίας. (Gerola, 1961)

Ο Μαρίνος Φαλιέρος που συνδέεται βιβλιογραφικά με την συγκεκριμένη μονή της Παναγίας και του Αγ. Αντωνίου, είναι ο γιος του Φραγκίσκου και ο εγγονός του γνωστού τότε Μαρίνου Φαλιέρου και γεννήθηκε γύρω στο 1470 και έζησε μέχρι τα τέλη του 1527. Σύμφωνα με αναφορά στα νοταριακά έγγραφα της εποχής (1494) ο Μαρίνος έλαβε το μεγαλύτερο μέρος της οικογενειακής περιουσίας συγκριτικά με τα αδέρφια του το 1497⁶ και νυμφεύθηκε την Zizilia Abramo το 1496. Όσον αφορά τα θρησκευτικά δόγματα η πολιτική του Fantinus Valaresso, που ήταν αρχιεπίσκοπος Κρήτης την εποχή εκείνη, ήταν η άρνηση στους ορθόδοξους ιερείς να λειτουργούν στους ιερούς ναούς. Ωστόσο ο Μαρίνος Φαλιέρος έκανε επανηλλειμένως έκκληση στην Βενετία να δοθεί έγγριση για τις δυο του εκκλησίες⁷ πλησίον του χωριού Σάρχος, την οποία και έλαβε για την εκκλησία και τα δυο μοναστήρια που ήταν εξαρτώμενα από το φέουδό του στο χωριό Σάρχος⁸. (Phalieros, 1972 pp. 74-195)

Συνδυάζοντας τις παραπάνω πληροφορίες αι βενετική οικογένεια από τον Gerola και τις βιβλίο έγγραφα, μπορούμε να καταλήξουμε με σχετική



ΕΙΚΟΝΑ 58. Εξωτερική άποψη του ναού του Αγ. Αντωνίου από ΝΔ και ΝΑ στις δυο πρώτες εικόνες, το διατηρούμενο τμήμα του δαπέδου του νότιου κλίτους στο τμήμα του ιερού σε άποψη απ το επίπεδο στέψης του νότιου τοίχου (μέση) και εσωτερική άποψη του ναού από ΒΔ. (φωτογραφίες από προσωπικό αρχείο)

⁵ συγκεκριμένα ο Gerola αναφέρει στο κείμενο του: «Falier. Semipartito spaccato di [oro, azzuro e argento]. Nel numero 363 il quatro di metallo è il secondo : mo lo scudo è rappresentato esso stesso come rivolto [...] Troncato : nel primo partito di ... e di ... ; nel secondo ... (nel campo superiore il primo quatro è di smalto, il secondo di metallo.) Se il campo inferiore fosse di colore pieno, lo stemma potrebbe essere dei Falier.» (Gerola, 1932 σ. 299)

⁶ Notai 134 (not. Nie Longo), libro 22, ff. 213^F-216^F (with the original signatures of Marin and Marco)

⁷ A.S.V. Senato, Misti 59, f. 55^v; cf. Thiriet, Regestes III, no 2351

⁸ A.D.C. 31, q.39, f. 41^v and 146^v

ασφάλεια στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για την μια εκ των δυο εκκλησιών που έχτισε ο Μαρίνος Φαλιέρος, μόλις περιήλθε στην κατοχή του η περιουσία από τον πατέρα του το 1497.

Βέβαια, η χρονολόγηση αυτή, αφορά στο δεύτερο και νότιο κλίτος του ναού, αφού σε αυτό σώζεται το εν λόγω οικόσημο. Το βόρειο κλίτος του ναού είναι σαφώς παλαιότερο, καθώς όμως στο υπέρθυρο της πόρτας του κλίτους αυτού, δεν υπάρχει οικόσημο ή χρονολογία, δεν είναι εφικτή η κατάταξή του σε κάποια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Με βάση τα παραπάνω, η υπό μελέτη δίκλιτη εκκλησία, έχει ένα παλαιότερο κλίτος και ένα νεότερο του 15ου αιώνα που προστέθηκε σε αυτό. Σύμφωνα με το βιβλίο «το Μαλεβίζι» το παλαιό κλίτος είναι της Παναγίας και το νεότερο του Αγίου Αντωνίου. (Ψιλάκης, 1998) Για την νεότερη ιστορία της μονής δεν υπάρχουν γραπτές μαρτυρίες παρά μόνο προφορικές που διατηρήθηκαν μέσα από την παράδοση του τόπου, εξαιτίας των αλληπάλληλων καταστροφών και επιδρομών που έχουν υποστεί τα μοναστήρια του νησιού. (Ψιλάκης, 1998 σ. 134)

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι το οικόσημο που υπάρχει στην κυρία είσοδο του καθολικού στο ναό της Παναγίας της Κεράς στο Σάρχο είναι όμοιου σχήματος και μεγέθους με αυτό των Φαλιέρων που υπάρχει στο Πετάλι (εικ. 59) και διαφέρουν μόνο στην κάτω πλευρά του εσωτερικού του οικόσημου :



ΕΙΚΟΝΑ 59. Υπέρθυρο κυρίας εισόδου του νότιου κλίτους στον ναό του Αγ. Αντωνίου στο Πετάλι (πάνω αριστ).Υπέρθυρο της κυρίας εισόδου του ναού της Παναγίας της Κεράς στο Σάρχο (κάτω αριστ) (φωτογραφίες από προσωπικό αρχείο). Οικόσημο με χρώματα της οικογένειας των Φαλιέρων που αναφέρει ο Gerola (πάνω δεξιά) και λεπτομέρεια από την φωτογραφία του ιδίου από το υπέρθυρο της εισόδου (κάτω δεξιά) (βλ. Εικ. 57).

Στον περιβάλλοντα χώρο του ναού του Αγ. Αντωνίου υπάρχει διαμορφωμένη μια Κρήνη η οποία σώζεται σε μέτρια κατάσταση (εικ. 60). Διατηρεί πλήρως την αρχική μορφή της, αλλά εμφανίζει αρκετά δομικά προβλήματα. Στο οικόσημο της κρήνης

ξεχωρίζουν κάποια ελληνικά γράμματα, το εσωτερικό τμήμα της όμως είναι κατεστραμμένο, μοιάζει χαραγμένο και φέρει κάποια μαύρα ίχνη ίσως από πυρκαγιά ή μεταγενέστερες βιολογικές επικαθίσεις. Στην κατώτερη περιοχή του οικοδμήσιου φαίνονται κάποια ίχνη γραμμάτων αλλά δεν είναι δυνατόν να τα διακρίνουμε επακριβώς εξαιτίας της κατάστασης στην οποία διατηρούνται. Από τα σωζόμενα ίχνη ξεχωρίζουν κάποια ελληνικά γράμματα [ζζ'] τα οποία στην περίπτωση που αποτελούν αριθμηση και όχι κάποια άλλη ιστορική πληροφορία, το ζ αντιστοιχεί στην χρονολογία 7.000 και ζ' = 6, τότε το ζζ' αντιστοιχεί στην χρονολογία 7006, από Κτίσεως Κόσμου, οπότε κατ' επέκταση η χρονολόγηση της κρήνης θα μπορούσε να είναι το 1497. Το εντυπωσιακό κατά την πορεία της έρευνας αυτής είναι ότι η ημερομηνία 1497 ταιριάζει απόλυτα με την απόκτηση της περιουσίας του Μαρίνου Φαλιέρου ως κληρονομιά και τμήμα του φέουδου της οικογενείας στο χωριό Σάρχος.



ΕΙΚΟΝΑ 60. Η κρήνη της μονής του Αγ. Αντωνίου

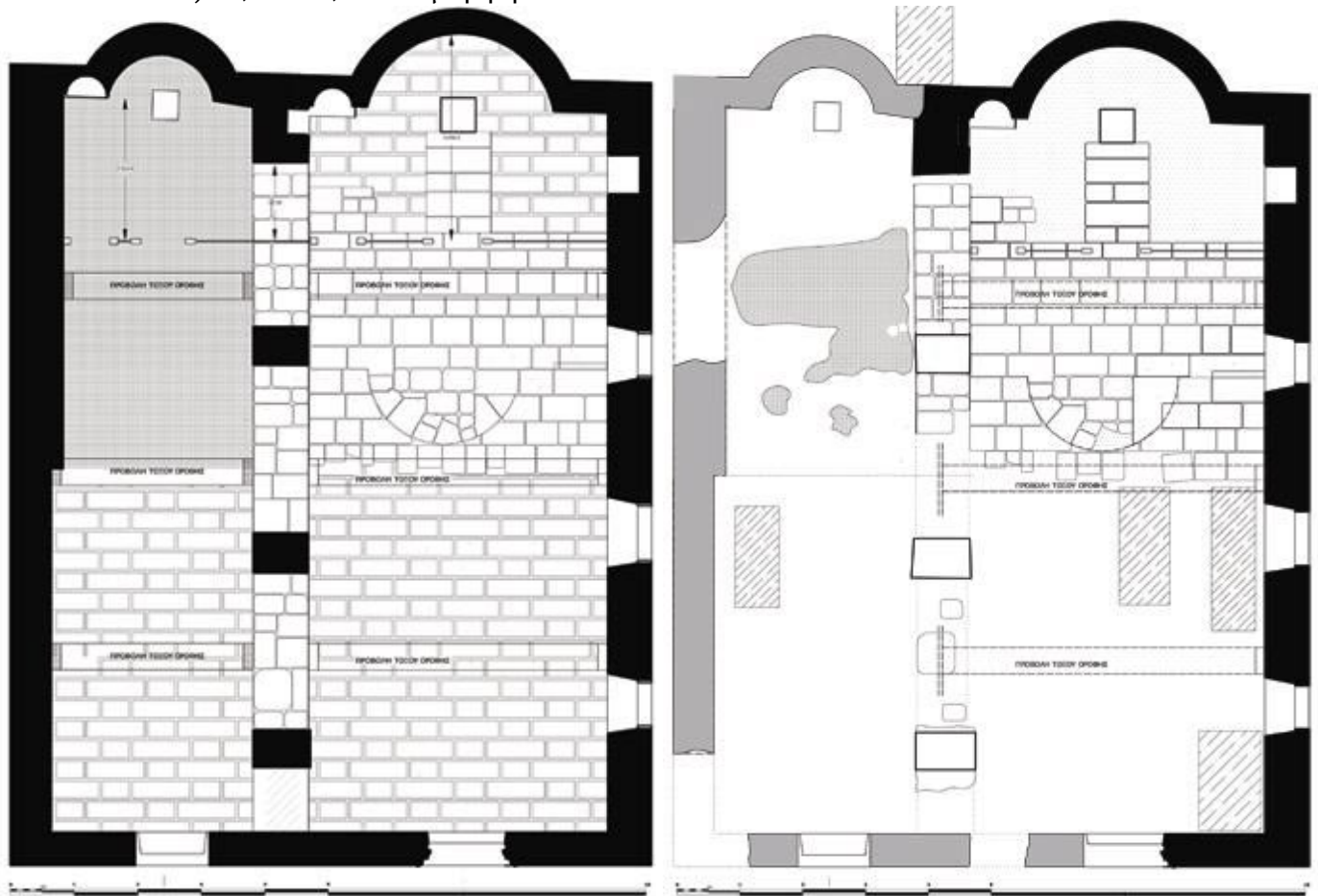
ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ο ναός σήμερα διατηρείται σε ερειπιώδη κατάσταση. Έχουν καταρρεύσει ολόκληρος ο βόρειος και το μεγαλύτερο τμήμα του δυτικού τοίχου, ενώ σώζονται με αρκετές ρηγματώσεις ο νότιος στο σύνολό του και ο ανατολικός που διατηρεί το μεγαλύτερο μέρος της τοιχοποιίας του πλην των θόλων, εκτός από την κόγχη του μικρού κλίτους η οποία σώζεται κατά το ήμισυ του ύψους, όπως και ο τοίχος βορειότερα της. Το δάπεδο του ναού διατηρείται σε ορισμένο τμήμα του νότιου κλίτους, κοντά στο ιερό. Η τοιχοποιία είναι ως επί το πλείστον σε κακή κατάσταση και φέρει πολλές ρηγματώσεις εξαιτίας των πολλών σεισμών που έχει υποστεί το κτίριο, της μεγάλης υγρασίας που επικρατεί στην περιοχή, του ιδιαίτερα μαλακού εδάφους, που ενδέχεται να έχει δημιουργήσει τοπικά καθιζήσεις και παραμορφώσεις ενώ στις πιο μεγάλες από τις ρωγμές αυτές έχει αναπτυχθεί και τοπική βλάστηση μέσα στο πλάτος του τοίχου.

Το 1956, έγινε μια προσπάθεια καθαρισμού του ναού, και απομακρύνθηκαν μέσα από το καθολικό οι πέτρες που είχαν καταπέσει από την οροφή. Αναλυτικά η θολοδομία εξετάζεται σε επόμενη ενότητα, ενδεικτικά αναφέρουμε μόνο, ότι στην στάθμη στέψης του [νότιου, που σώζεται σήμερα] τοίχου, που βρίσκεται στο +4,40 από το σωζόμενο δάπεδο του ναού, το πάχος της θολοδομίας είναι γύρω στα 30εκ. Πριν από κάποια χρόνια, [περίπου 20] έγινε ξανά μια προσπάθεια πρόχειρης επισκευής του από τον νύν Ηγούμενο της Μονής Γοργολαΐνη, όπου καθαρίστηκε πλήρως ο ναός από την βλάστηση βάτων και τις πέτρες και τοποθετήθηκε τσιμεντοκονία σε κάποια σημεία του ναού που χρειαζόταν άμεση επέμβαση, όπως στις πολύ μεγάλες ρωγμές που υπήρχαν στην κόγχη του ιερού του νότιου κλίτους. Τα αρχιτεκτονικά μέλη που μεταφέρθηκαν από το εσωτερικό του ναού κατά τον καθαρισμό του, τοποθετήθηκαν σε δυο μεγάλους σωρούς δυτικά και βόρεια του καθολικού μεγάλο τμήμα εκ των οποίων στην συνέχεια καταμετρήθηκαν και αποτυπώθηκαν. Το δάπεδο τμήματος του βόρειου κλίτους του ναού, όπως σώζεται

σήμερα είναι από κουρασάνι όπως και η διαμόρφωση για την απορροή των ομβρίων στην επάνω πλευρά του σωζόμενου τοίχου.

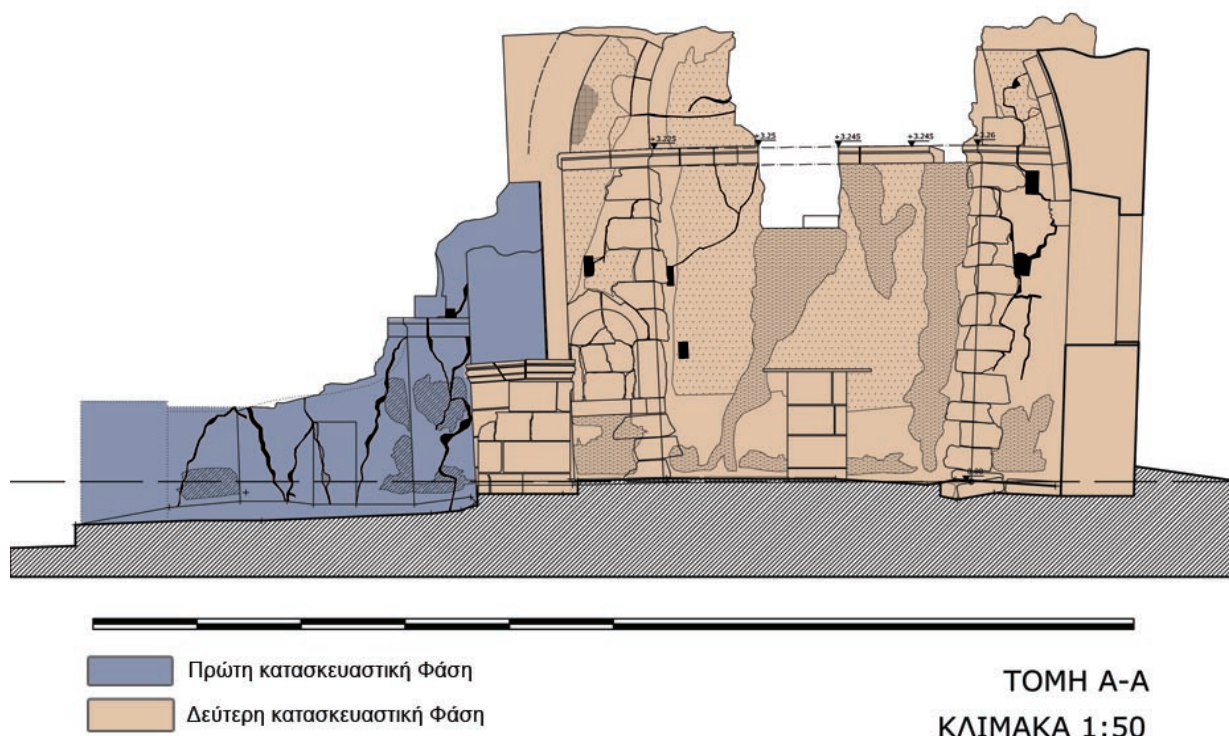
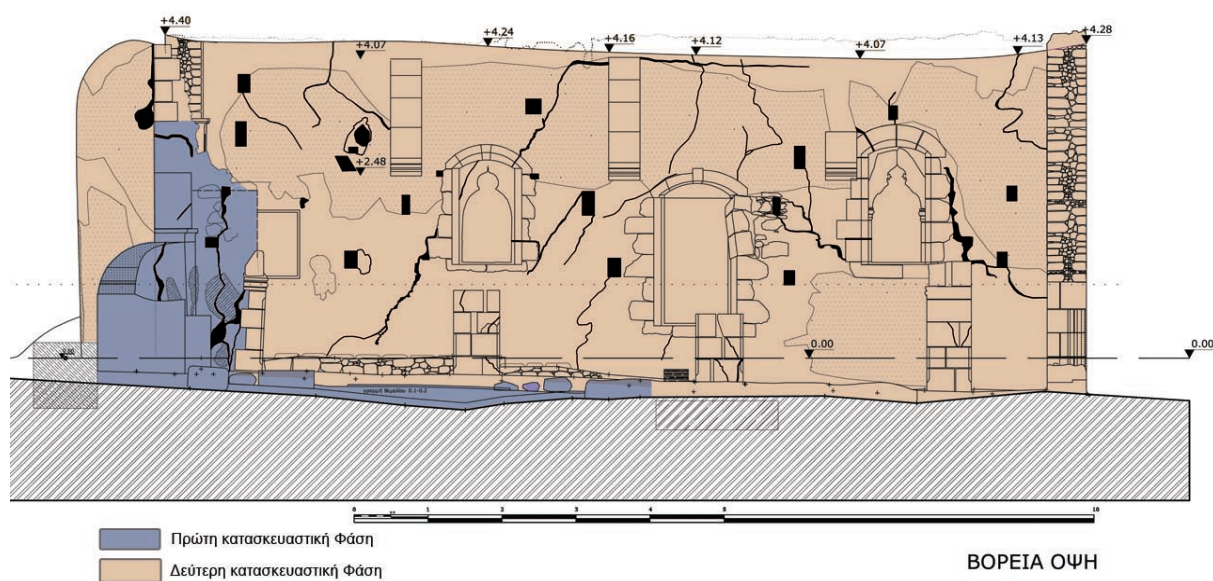
Η εκκλησία του Αγίου Αντωνίου και της Παναγίας είναι δίκλιτη, αποτελείται από δυο δρομικά κλίτη παράλληλα μεταξύ τους, τα οποία συνδέονται μέσω μιας πεσσοστοιχίας με τρία όμοια ημικυκλικά τόξα, απλά διακοσμημένα από λαξευτή λιθοδομή και στεγάζονται με οξυκόρυφο θόλο. Δεν αποκλείεται η ύπαρξη και τέταρτου τόξου σαφώς μικρότερης ακτίνας, μεταξύ του δυτικότερου πεσσού και του δυτικού τοίχου, καθώς έχει καταρρεύσει η λιθοδομή όμως στο τμήμα εκείνο είναι δύσκολο να χαρακτηριστεί με βεβαιότητα καθώς θα μπορούσε εξ' ίσου ν αποτελεί τυφλό αψίδωμα ή τμήμα τοίχου. Τα δυο κλίτη διαφέρουν καθ' ύψος με το ύψος του παλαιότερου κλίτους, στην επάνω πλευρά του τοίχου του να είναι 3μ. ενώ το νέο που προστέθηκε είναι 4.40μ. (εικ. 62). Το μικρό κλίτος (βόρειο) επεκτάθηκε και κατά μήκος ώστε το εσωτερικό του μήκος από 3μ. να γίνει 11,40μ., όμοιο με αυτό του νότιου κλίτους. Το πλάτος του νέου κλίτους εσωτερικά κατασκευάσθηκε 4,60μ., όσο ήταν εξωτερικά το πλάτος του παλαιότερου ναού μαζί με τα πάχη των τοίχων, έτσι ώστε τελικά να μπορούμε να πούμε ότι κατά την προσθήκη, διπλασιάσθηκε το μικρό κλίτος κατασκευάζοντας το νέο (εικ.61). Στις διαστάσεις του ναού αυτό μεταφράζεται ως εξής: Το παλαιό κλίτος είχε διαστάσεις εσωτερικά 3x6μ. και 4,60x 8,00μ. περίπου εξωτερικά. Το νέο κλίτος έχει διαστάσεις εσωτερικά 4,60x11,40 ώστε τελικά να προκύπτει ναός που έχει συνολικές διαστάσεις 10,05x13,60 και μορφή:



Η αρχική μορφή του ναού

Η κατάσταση του ναού σήμερα

EIKONA 61. Κάτοψη του ναού του Αγ. Αντωνίου (προσωπικό αρχείο, βάσει αποτύπωσης)



ΕΙΚΟΝΑ 62. Βόρεια όψη και κατά πλάτος τομή του ναού του Αγ. Αντωνίου με χρωματική διαφοροποίηση των δυο χρονικών φάσεων κατασκευής, όπου με μωβ χρώμα σημειώνεται το παλαιότερο κλίτος και με μπεζ το νεότερο. (σχέδια από προσωπικό αρχείο, βάσει αποτύπωσης). Στο άνω σχέδιο είναι εμφανής η διαφοροποίηση καθ ύψος και κατά μήκος του βόρειου τοίχου συγκριτικά με τον νότιο και το κάτω σχέδιο φαίνονται οι ίδες αναλογίες όπως αποτυπώνονται για τον ανατολικό τοίχο.

Από μια συγκριτική παρατήρηση των διακοσμητικών στοιχείων μεταξύ της εισόδου της βόρειας πλευράς στην εκκλησία του Σάρχου και της Κρήνης στο Πετάλι(εικ.

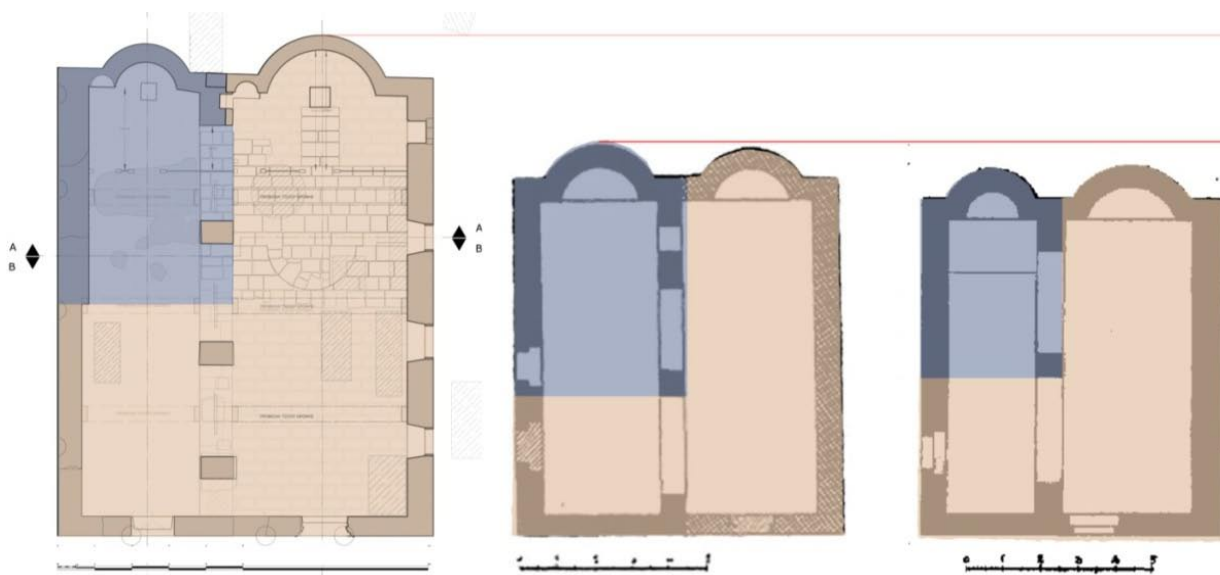
63), προκύπτει ότι βασίζονται σαφώς σε αναγεννησιακά πρότυπα αλλά η διακόσμηση των παραστάδων είναι πανομοιότυπη μεταξύ τους.



ΕΙΚΟΝΑ 63. Βόρεια όψη της εκκλησίας της Κεράς στο Σάρχο, λεπτομέρεια θυρώματος (πάνω και εικόνα κάτω δεξιά). Κρήνη στον ναό του Αγ. Αντωνίου στο Πετάλι, διακοσμητικές λεπτομέρειες στην στέψη και επιγραφή (κάτω αριστερά)

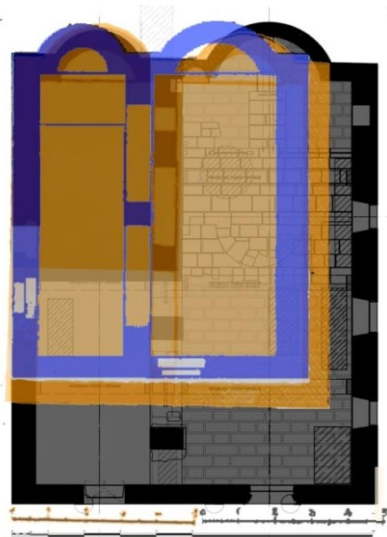
Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι μεταξύ της χρονολογίας κατασκευής του ναού του Μιχαήλ Αρχαγγέλου (1447), της εκκλησίας του Αγ. Αντωνίου στο Πετάλι (τέλη του 15ου αι.) και της χρονολογίας κατασκευής της εκκλησίας της Κεράς στο Σάρχο (1635) έχουν μεσολαβήσει 6-7 σεισμοί μεγάλης έντασης και εκτεταμένων καταστροφών σύμφωνα με τις βιβλιογραφικές πηγές εκ των οποίων τουλάχιστον ένας με κατεύθυνση Ανατολή προς Δύση. Το γεγονός αυτό από μόνο του ενδεχομένως να αιτιολογεί την παρουσία εντονότερης παθολογίας και αποκλίσεων από την κατακόρυφο των φερόντων περιμετρικών τοίχων καθώς και τις μετακινήσεις λίθων στα ανοίγματα, οι οποίες είναι σαφώς μικρότερες, στην εκκλησία της Κεράς.

Σημαντικό στοιχείο στην συγκριτική παρατήρηση των τριών ναών όσον αφορά την στατική λειτουργία τους είναι ότι διαφοροποιούνται σε μέγεθος. Εκκρεμεί να πραγματοποιηθεί λεπτομερής αποτύπωση της εκκλησίας της Κεράς και του Αρχαγγέλου σε επόμενο στάδιο της έρευνας η οποία θα δώσει την ακριβή συσχέτιση του μεγέθους των ναών. Με βάσει τις δυο κατόψεις που δημοσίευσε ο Gerola και την αποτύπωση στο ναό του Αγ. Αντωνίου προκύπτει:



ΕΙΚΟΝΑ 64. Κάτοψη με διαφορετική χρωματική απεικόνιση των δυο χρονολογικών φάσεων κατασκευής στον ναό του Αγ. Αντωνίου (αριστερά), στην εκκλησία της Κεράς στο Σάρχο (μέση) και στον ναό του Μιχαήλ Αρχαγγέλου στα Βλάχιανά (δεξιά).

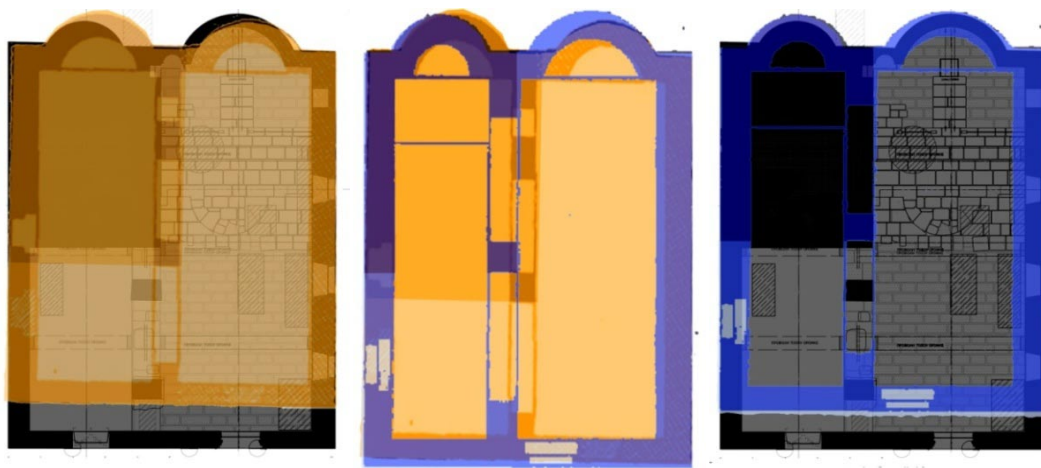
Ο ναός του Αγ. Αντωνίου έχει εμφανώς μεγαλύτερη κάτοψη από τους άλλους δυο, τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος (εικ. 64-65). Οι μεγαλύτερες διαστάσεις (Μ/Π/Υ) συνεπάγονται μεγαλύτερα ανοίγματα για τους θόλους και κατά συνέπεια μεγαλύτερο κίνδυνο αστοχίας σε δυναμική φόρτιση, ενώ αντίθετα οι μικρότερες κατασκευές παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακαμψία. Οι διαστάσεις του αρχικού ναού είναι παρόμοιες και στις τρεις περιπτώσεις. Κατά προσέγγιση με βάσει τις ανωτέρω κατόψεις τα αρχικά κλίτη είχαν εσωτερικές διαστάσεις 3.00*6.00μ. / 3.20*5.30μ. / 2.40*4.20μ. αντίστοιχα. Ενώ οι συνολικές διαστάσεις των ναών εξωτερικά είναι: 13.60*10.10μ. / 10.6*8.75μ. / 10.10*8.20μ. Αναλογικά με τις διαστάσεις σε επίπεδο κάτοψης διαμορφώνονται και τα αντίστοιχα ύψη. Στην ακαμψία του φορέα παίζει επίσης ρόλο η αναλογία του πλάτους των δυο κλιτών καθώς διαφοροποιεί τα μεγέθη των πλευρικών ωθήσεων τόσο στην πεσσοστοιχία όσο και στους πλευρικούς φέροντες τοίχους. Στην προκειμένη περίπτωση συναντάμε: Αγ. Αντώνιος: 3:4,60μ., Κερά: 3.20:3.50μ., Αρχάγγελος: 2.40:3,5μ. Για την ακριβή σύγκριση των διαφοροποιήσεων αυτών θα πρέπει να προηγηθεί στατικός υπολογισμός για τον κάθε ναό καθώς και έλεγχος της συμπεριφοράς του σε δυναμική φόρτιση.



ΕΙΚΟΝΑ 65. Συγκριτική παρατήρηση μεγεθών των ναών του Αγ. Αντωνίου (μαύρο χρώμα), της εκκλησίας της Κεράς στο Σάρχο (κίτρινο χρώμα) και του Μιχαήλ Αρχαγγέλου (μπλέ χρώμα) με επάλληλη τοποθέτηση.

Στις τρεις εικόνες που ακολουθούν (εικ.66), παρουσιάζεται εκτός των πραγματικών διαστάσεων τους η μεταξύ τους σύγκριση σε επίπεδο αναλογιών όσον αφορά το πλάτος της επέκτασης αναφορικά με τον αρχικό ναό. Αν είχαν μεταξύ τους δηλαδή όλες το ίδιο πλάτος ποια θα ήταν η σχέση του αρχικού ναού και της προσθήκης. Με μικρές διαφοροποιήσεις διαπιστώνουμε ότι ταυτίζονται σε ικανοποιητικό βαθμό. Ο ναός στο Πετάλι ταυτίζεται πλήρως με του Αρχαγγέλου ως προς την θέση των πεσσών (δεξιά) αλλά έχει ελαφρώς μικρότερο μήκος, το μήκος και το πλάτος του ναού του Αρχαγγέλου και της Κεράς ταυτίζονται πλήρως (κέντρο) αλλά διαφοροποιείται λίγο η θέση των πεσσών και ο ναός στο Πετάλι είναι μεγαλύτερος σε μήκος από εκείνον της Κεράς.

Τα πλάτη των κλιτών μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με της σπουδαιότητα του κτίσματος και την χρονολογία ανεγέρσεώς του. Στους παλαιότερους μονόχωρους ναούς απαντώνται κλίτη μικρού σχετικά πλάτους της τάξης των 2,5-3μ. Η αναλογία του μήκους του κλίτους προς το πλάτος του είναι συνήθως 1:2 έως 1:1,5 μικρότερη από την συνήθη αναλογία 1:3 που ισχύει για την τυπική βασιλική.

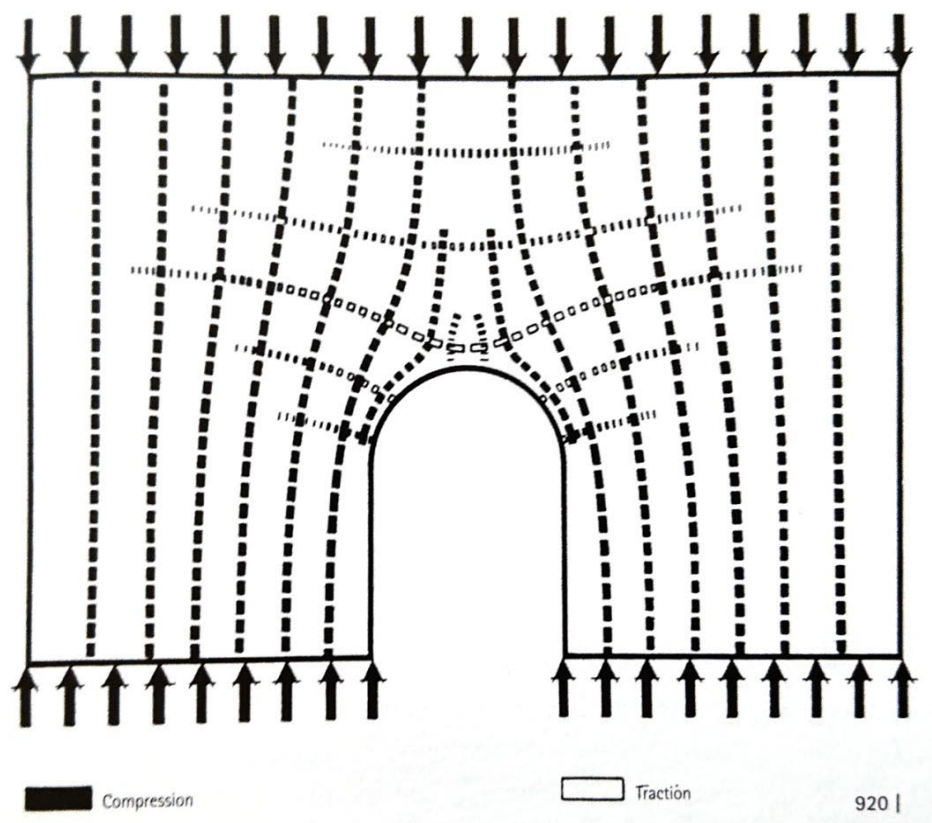


ΕΙΚΟΝΑ 66. Κάτοψη με διαφορετική χρωματική απεικόνιση σε σύγκριση σε επίπεδο αναλογιών ανα δυο, των τριών υπό μελέτη ναών. Ναός του Αγ. Αντωνίου και της εκκλησίας της Κεράς (αριστερά), ναός της Κεράς στο Σάρχο συγκριτικά με τον ναο του Μιχαήλ Αρχαγγέλου (μέση) και ναός του Μιχαήλ Αρχαγγέλου στα Βλάχιανά συγκριτικά με τον Αγ. Αντώνιο (δεξιά)

Στο σημείο αυτό, πριν περάσουμε στην ενότητα της ανάλυσης της παθολογίας των τριών ναών που προαναφέρθηκαν και τις αστοχίες που παρουσιάζουν στα τόξα και τους θόλους, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη αναφορά σε κάποια γενικά χαρακτηριστικά των θολωτών κατασκευών.

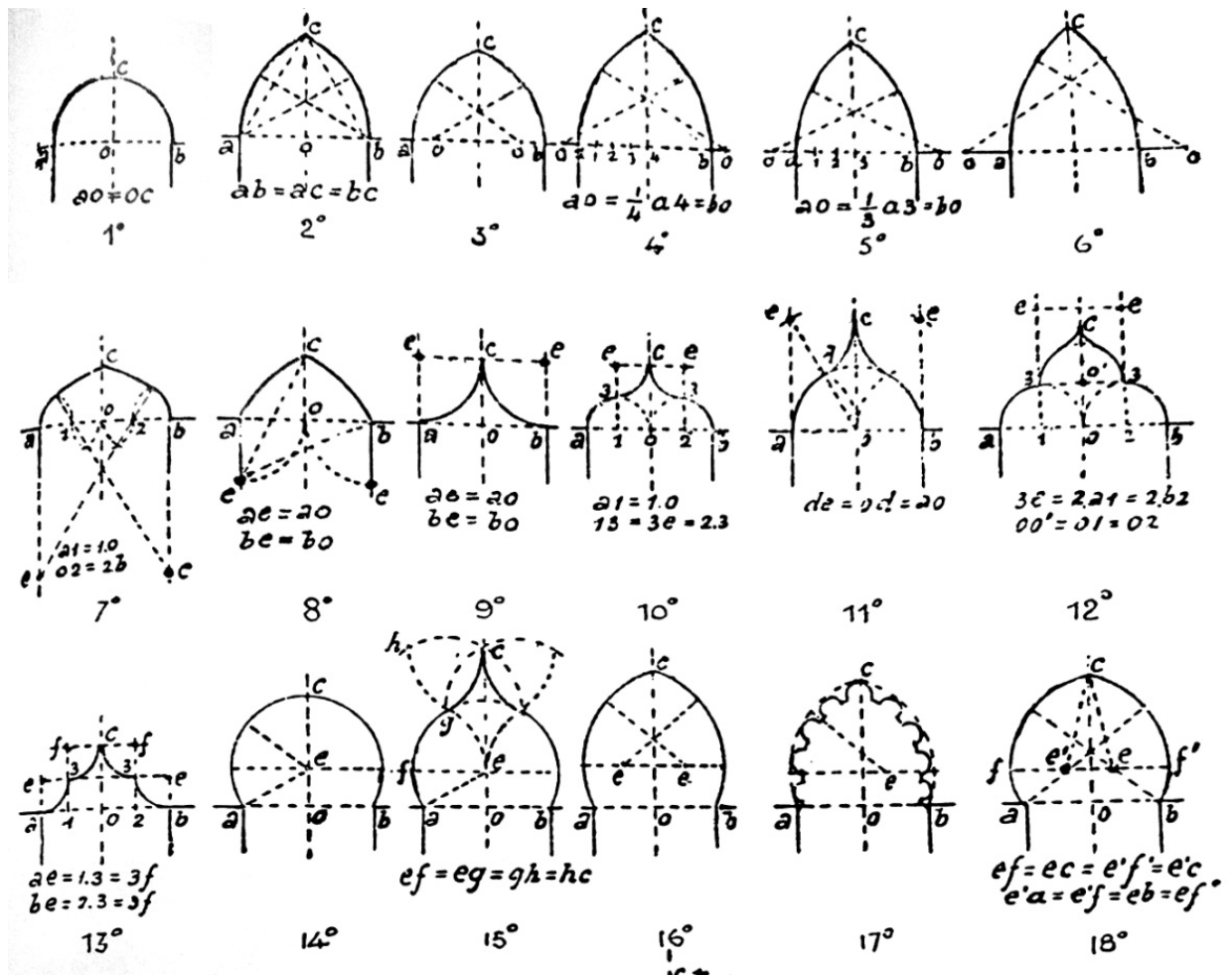
Οι θολωτές κατασκευές είναι ίσως η πιο διαδεδομένη μέθοδος διαμόρφωσης ανοιγμάτων μετά το θεμελιώδες σύστημα δοκός επί στύλου. Στην Αίγυπτο και την Μεσοποταμία διασώζονται θολοδομίες που χρονολογούνται στην τρίτη χιλιετία π.Χ. διαμορφωμένες από λίθους πεπιεσμένης αργίλου (Acocella, 2006 p. 304). Η ανάγκη δημιουργίας θολωτών κατασκευών προέκυψε από την ανάγκη διεύρυνσης των ανοιγμάτων και την στέγαση μεγαλύτερων εσωτερικών χώρων στα κτίρια. Θολωτές κατασκευές συναντώνται στον ελληνικό χώρο ήδη από την εποχή του μυκηναϊκού πολιτισμού με την κατασκευή θολωτών ταφικών μνημείων. Οι θολοσκεπάστοι χώροι κατά τον 5^ο -4^ο αι. π.Χ. εξαπλώθηκαν γρήγορα ως μεθοδολογία δόμησης σε όλη την Μεσόγειο κυρίως λόγω της επιρροής της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας και σταδιακά απέκτησαν έναν ευρύτερα σημαντικό ρόλο για τον τομέα των λίθινων κατασκευών.

Το μεγάλο πλεονέκτημα των τοξωτών φορέων είναι ότι μπορούν να αξιοποιήσουν τ' ανελαστικά χαρακτηριστικά της πέτρας, προσφέροντας μεγαλύτερη θλιπτική αντοχή, το οποίο κατ' επέκταση σημαίνει ότι μεγαλύτερα ανοίγματα μπορούσαν να καλυφθούν χρησιμοποιώντας μικρότερους δόμους (εικ. 67).



ΕΙΚΟΝΑ 67. Όψη με κατανομή των θλιπτικών δυνάμεων μιας λίθινης κατασκευής όπως διαφοροποιούνται στο σημείο τοποθέτησης τοξωτού ανοίγματος. (Acocella, 2006 p. 340)

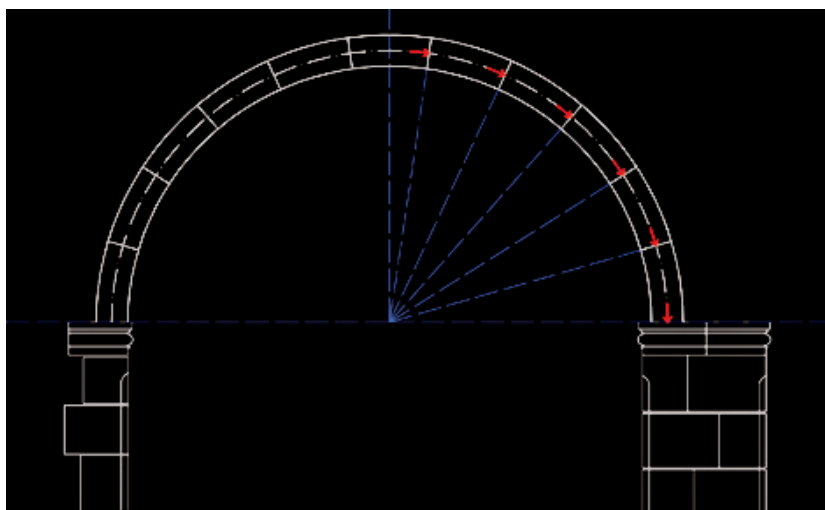
Τύποι αψίδων



ΕΙΚΟΝΑ 68. Σχηματική απεικόνιση της γεωμετρίας των κυριότερων τύπων τοξωτών φορέων που συναντώνται τόσο στην θολοδομία όσο και στην διαμόρφωση ανοιγμάτων (Acocella, 2006 p. 336)

Το τόξο ημικυκλικής διατομής είναι η βασική μονάδα σε μια μεγάλη σειρά καμπύλων συνδυασμών. Ο εξ'ορισμού θλιπτικός μηχανισμός που χαρακτηρίζει την λειτουργία του τόξου, μέσα από ποικίλες γεωμετρικές εκδοχές καμπυλότητας, επέκτεινε σε πολλές περιπτώσεις τις ήδη υπάρχουσες κατασκευαστικές τεχνικές. Μέσω αυτής της θεώρησης μπορούμε να ερμηνεύσουμε και την ανάπτυξη του οξυκόρυφου τόξου (εικ. 68) κατά την μεσαιωνική εποχή και των τόξων μεικτής καμπυλότητας της Αναγέννησης. (Acocella, 2006)

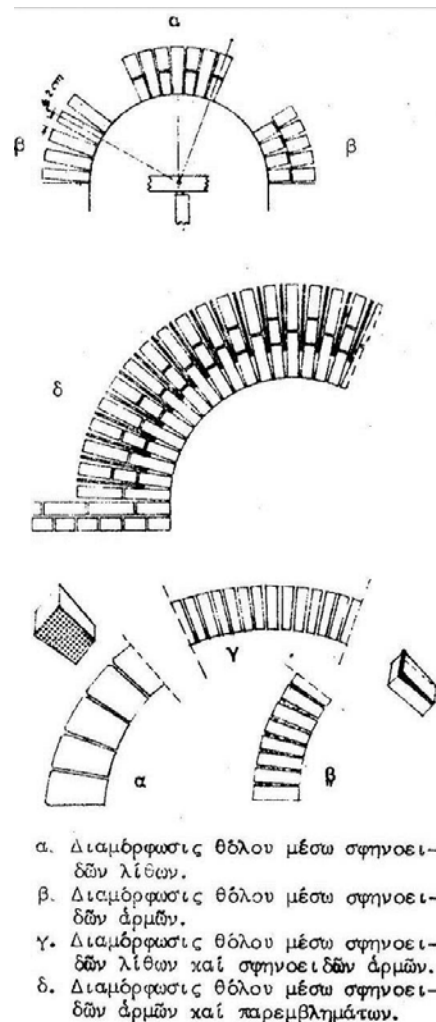
Η πέτρινη αψίδα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως καμπύλη τοιχοποιία η οποία αποτελείται από σφηνοειδώς διαμορφωμένους δόμους που ορίζουν την άνω πλευρά του ανοίγματος υποστηρίζοντας το βάρος της υπερκείμενης κατασκευής καταμερίζοντας το μεταξύ των λίθων (εικ. 69-70).



ΕΙΚΟΝΑ 69. Σχηματική απεικόνιση της μεταφοράς φορτίων μεταξύ των δόμων που συνθέτουν ένα τόξο ημικυκλικής διατομής

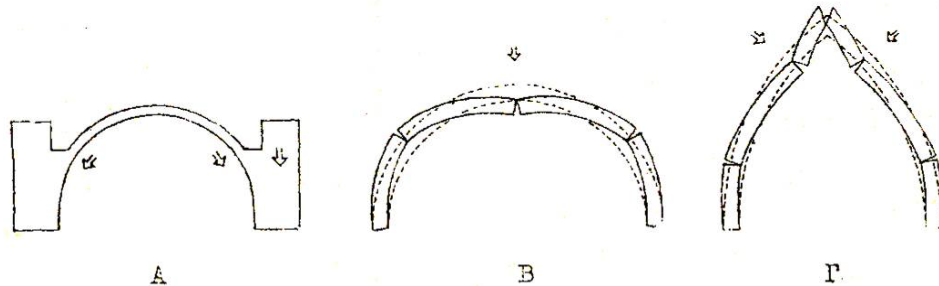
Η στατική λειτουργία αυτών των συστημάτων, βασίζεται στην ειδική συναρμογή των λιθοσωμάτων, που ονομάζονται και θολόλιθοι ή θολίτες. Η δομική τους συγκρότηση, εξασφαλίζεται μέσα από την σφήνωση των θολιτών μεταξύ τους, που επιτυγχάνεται είτε μέσω κατάλληλης διαμόρφωσής τους με σφηνοειδή μορφή, (εικ. 70 (Μπίρης, 1974 σ. 25)) είτε μέσω δημιουργίας σφηνοειδών αρμών που πληρούνται με ισχυρό κονίαμα. Με αυτήν την συναρμογή, επιτυγχάνεται η συγκράτηση του κυρτού στρώματος που γεφυρώνει τα κάτω από αυτό κενά και έχει την δυνατότητα να μεταφέρει ασφαλώς στα άκρα του, τόσο το ίδιο βάρος του τόξου όσο και τα φορτία της υπερκείμενης κατασκευής. Η μορφολογία σύνθεσης αυτών των φορέων, διασφαλίζει ότι τα φορτία μεταφέρονται κάθε φορά σε επιφάνεια κάθετη προς το επίπεδο του αρμού επαφής των θολιτών. Οι τοξωτοί φορείς, επιπλέον από τις κατακόρυφες καταπονήσεις καλούνται σε πολλές περιπτώσεις να παραλάβουν και πλάγιες ωθήσεις. Οι ωθήσεις αυτές επηρεάζονται σημαντικά από την μορφή των θόλων και είναι μεγαλύτερες σε περιπτώσεις χαμηλωμένων θολοδομικών κατασκευών και μικρότερες σε υπερυψωμένα ή οξυκόρυφα τόξα. (Μπίρης, 1974 σσ. 25,26)

Με βάση τα παραπάνω η αντοχή των θολοδομικών κατασκευών επηρεάζεται από τη μορφή της καμπύλης και για τον πρόσθετο λόγο ότι οι προκύπτουσες για την αντοχή της συνθήκες είναι ευμενέστερες σε περίπτωση υπερυψωμένων κατασκευών όπως συμβαίνει



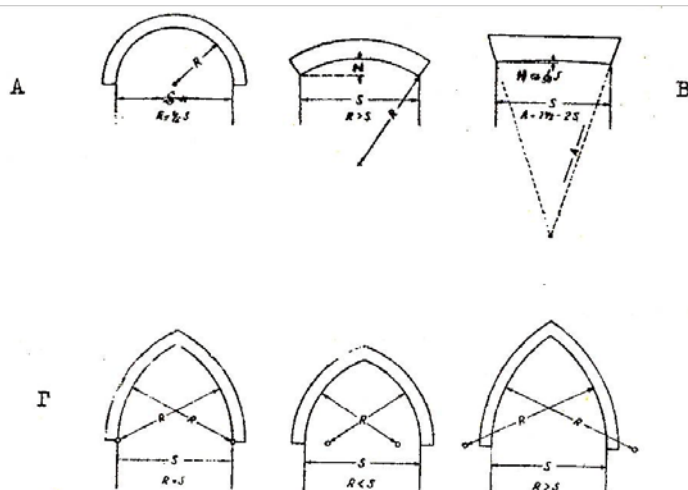
ΕΙΚΟΝΑ 70. Διαμόρφωση λίθων και αρμών με σφηνοειδή μορφή για την μεταφορά φορτίων μεταξύ των δόμων σε τοξωτό φορέα. (Μπίρης, 1974 σ. 25)

στους υπό μελέτη ναούς γιατί, η σφήνωση των θολιτών είναι εντονότερη και ασφαλέστερη, ενώ αντίθετα σε χαμηλωμένα τόξα η σφηνοειδής μορφή δεν είναι έντονη και είναι πιθανότερη η ολίσθηση των θολιτών και η καταστροφή του θόλου. Τέλος, είναι προφανές ότι η αντοχή των θολωτών κατασκευών επηρεάζεται θετικά σε περίπτωση που στα σημεία εδράσεώς της υπάρχουν πρόσθετα κατακόρυφα φορτία (εικ 71^Α), ώστε η εκτροπή της συνισταμένης λόγω των ωθήσεων να είναι πιο ευνοϊκή ως προς την κατακόρυφο.



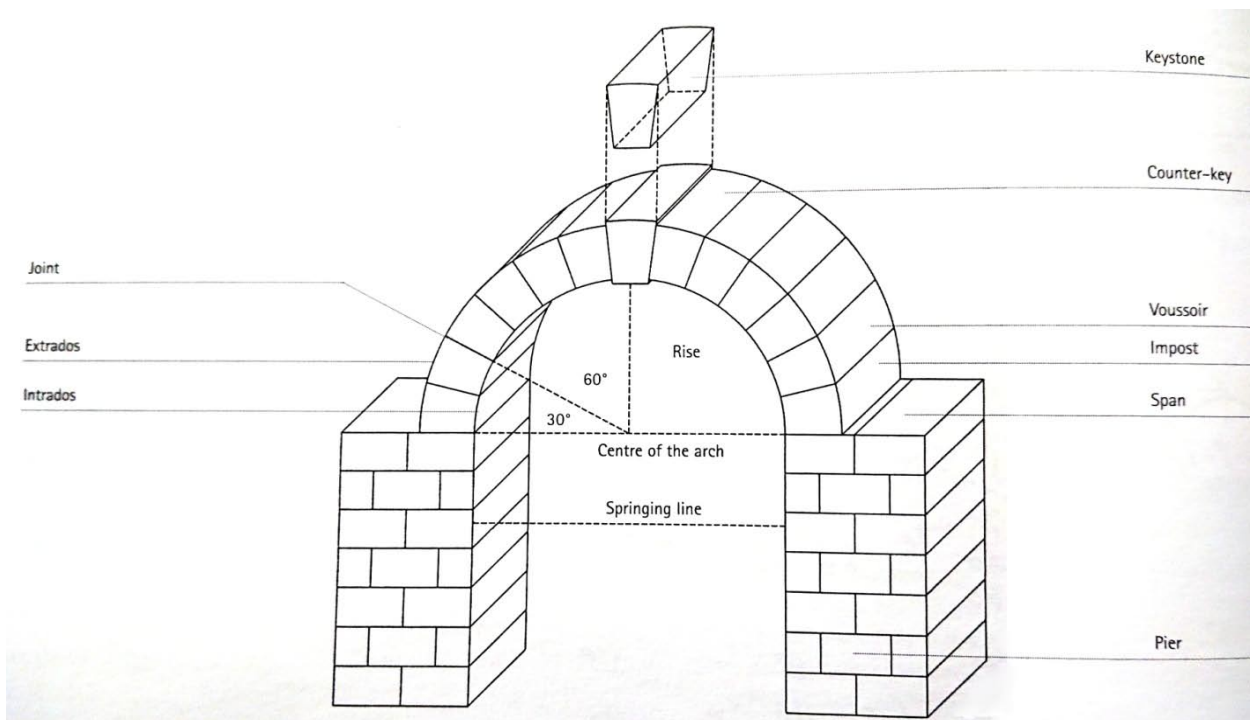
ΕΙΚΟΝΑ 71. Κατανομή φορτίων και τρόποι παραμόρφωσης για ημικυκλικής και οξυκόρυφης διατομής καμπύλο φορέα. (Μπίρης, 1974 σ. 25)

Η μελέτη και η πολυπλοκότητα των στατικών υπολογισμών των θολοδομικών κατασκευών επηρέασαν ως ένα βαθμό τα ρυθμολογικά χαρακτηριστικά των αρχιτεκτονικών έργων. Πιο συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν θολοδομικές συνθέσεις μέσω των οποίων η μεταβίβαση του συνόλου των φορτίων επιμερίζεται και εφαρμόζεται σε σημεία όπου αλληλοαναιρούνταν κατά το δυνατόν οι πλάγιες ωθήσεις και τα φέροντα [κατακόρυφα] στοιχεία καταπονούνταν κατά το δυνατόν μόνο με κατακόρυφη ένταση. Κυρίως στην Ανατολή όπου δεν χάθηκε η σχετική εμπειρία των ισχυρών κονιαμάτων, η περιορισμένη ανάληψη εφελκυστικών τάσεων μέσω του κονιάματος συνέβαλλε στην στατική ευστάθεια. (Μπίρης, 1974 σσ. 30-50)



Α. Θόλοι και άψίδες επί χαμηλωμένων τόξων
Β. Ήμισφαίριο άψις
Γ. Θόλοι ή άψίδες επί οξυκορυφών τόξων

ΕΙΚΟΝΑ 72. Τυπολογίες διαφορετικής καμπυλότητας τόξων με ενδεικτική τοποθέτηση του κέντρου της καμπύλης συγκριτικά με την ακτίνα του τόξου. (Μπίρης, 1974 σ. 30)

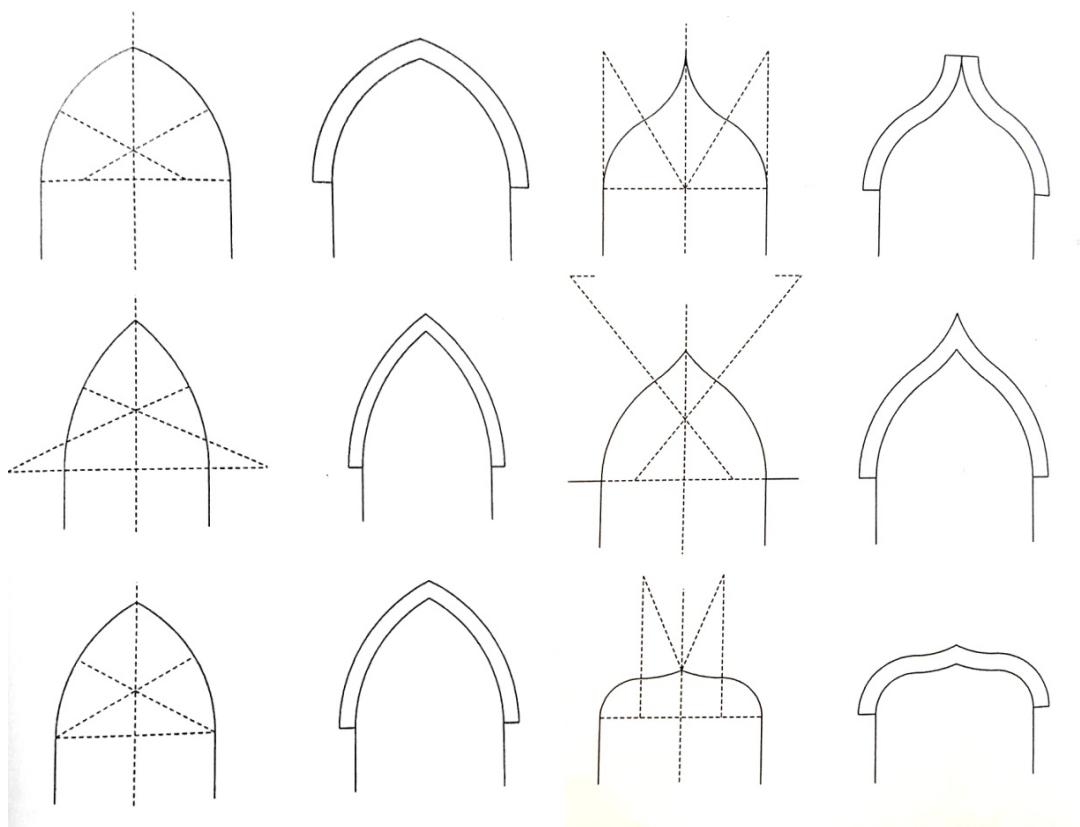


ΕΙΚΟΝΑ 73. Τα κυριότερα δομικά στοιχεία που συνθέτουν έναν τοξωτό φορέα. (Acocella, 2006 p. 338)

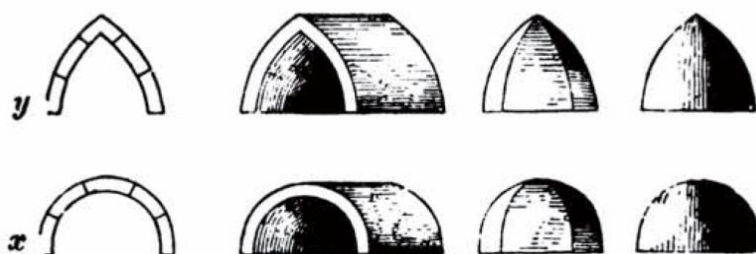
Τα κυριότερα δομικά στοιχεία που συνθέτουν τις θολοδομικές γενικά κατασκευές, φαίνονται στο παραπάνω σχήμα (εικ. 73) από το βιβλίο *Stone Architecture* και είναι (από αριστερά προς τα δεξιά) : το εσωρράχιο, το εξωρράχιο, ο αρμός διεπαφής, το κλειδί του τόξου στην κορυφή του, οι δυο λίθοι εκατέρωθεν από το κλειδί, οι θολόλιθοι, οι δόμοι έδρασης στην στάθμη γενέσεως του τόξου.

Οξυκόρυφα τόξα

Προκύπτουν από την αλληλοτομία δύο ή περισσότερων κυκλικών τόξων στην κορυφή όπου βρίσκεται το κλειδί του τόξου, σχηματίζοντας γωνία (εικ. 72, 74). Ως αποτέλεσμα των δομικών ιδιοτεροτήτων που τα χαρακτηρίζουν, τα οξυκόρυφα τόξα αποτελούν την μεγαλύτερη ανακάλυψη της γοτθικής αρχιτεκτονικής από την στιγμή που μειώνουν σημαντικά τις οριζόντιες ωθήσεις στους φέροντες τοίχους. Διακρίνονται τρεις βασικοί τύποι οξυκόρυφων τόξων με βάση την θέση των επιμέρους κέντρων κάθε καμπύλης. Ο πρώτος τύπος είναι φαρδύτερος στην βάση και καλύπτει μεγαλύτερο οριζόντιο άνοιγμα με μικρό ύψος. Τα δυο κέντρα των τόξων βρίσκονται στην νοητή ευθεία της στάθμης γενέσεως του τόξου. Για τον δεύτερο τύπο το κέντρο της κάθε καμπύλης εφάπτεται στο σημείο τομής της στάθμης γενέσεως του τόξου με την κατακόρυφη πλευρά της συμμετρικής της καμπύλης. Η τρίτη περίπτωση αφορά την πιο οξυκόρυφη εκδοχή όπου το κέντρο της κάθε καμπύλης βρίσκεται εκτός της νοητής κατακόρυφης ευθείας στα σημεία έδρασης του τόξου. Η οξυκόρυφη καμπυλότητα των ναών που προαναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα της συγκριτικής μελέτης τριών ναών, ανήκει στην πρώτη κατηγορία.



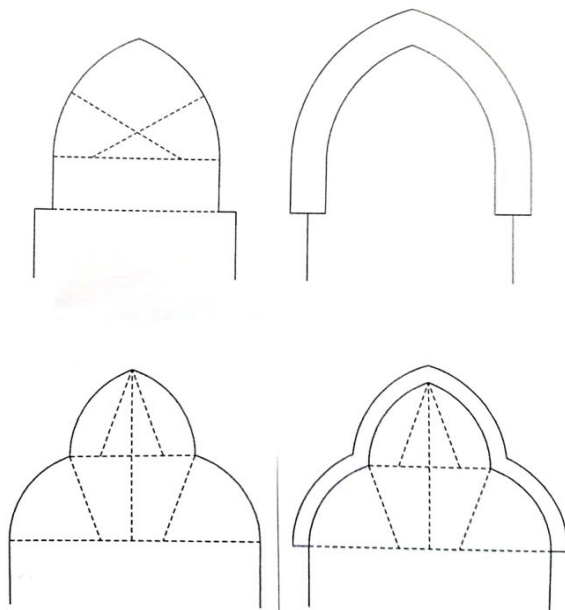
ΕΙΚΟΝΑ 74. Τυπολογίες οξυκόρυφων τόξων διαφοροποιούμενες ανάλογα με την θέση τοποθέτησης του κέντρου της καμπυλότητας. (Acocella, 2006 pp. 349,350)



ΕΙΚΟΝΑ 75. Διαμόρφωση θολοδομίας με οξυκόρυφης (πάνω) ή ημικυκλικής διατομής τόξο (κάτω) (Ruskin, 1851 p. 48)

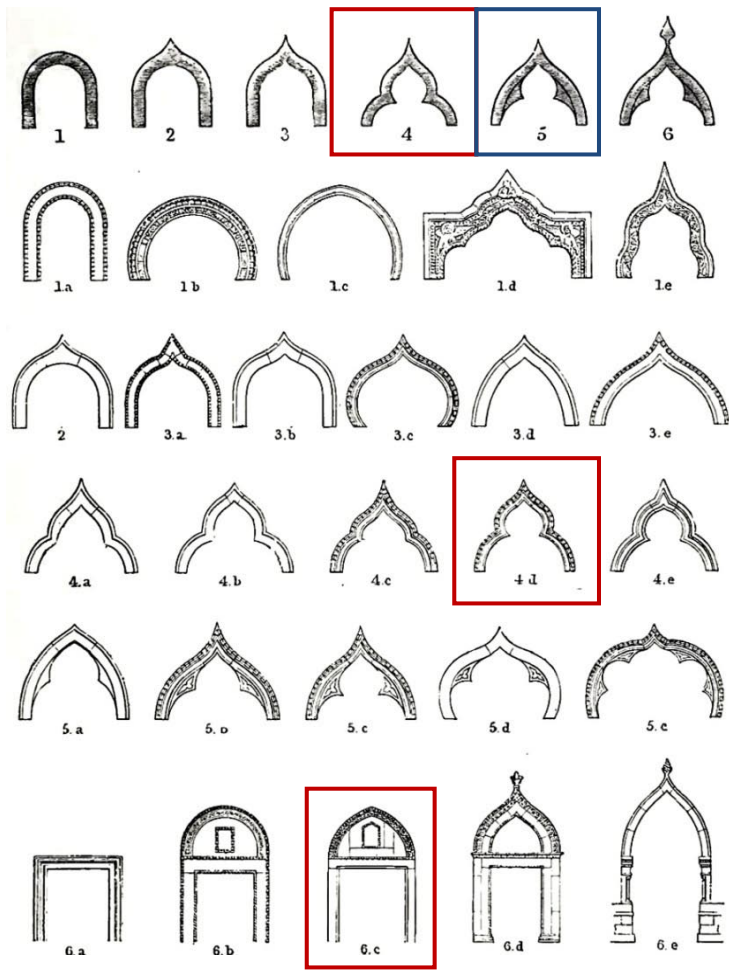
Ειδική υποπερίπτωση των οξυκόρυφων τόξων αποτελούν τα τόξα διπλής καμπυλότητας (εικ. 76). Την γεωμετρία αυτή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στις ανατολικές χώρες αλλά και στην Αγγλία και την Βενετία, κυρίως κατά τον 14^ο αιώνα. Τα τόξα αυτά προκύπτουν από την εφαπτομενική σύνδεση τεσσάρων επιμέρους τόξων συμμετρικά ανά δυο και ανάλογα με το σημείο της αλληλοτομίας τους καθ ύψος προκύπτουν τρεις διαφορετικές τυπολογίες όπως φαίνονται στην (εικόνα 76) τα δυο κέντρα τοποθετούνται εσωτερικά και εξωτερικά της ευθείας που διέρχεται κάθετα από το εσωρράχιο του λίθου δημιουργώντας μια κοίλη και μια κυρτή καμπύλη εκατέρωθεν αυτής. Η πιο πεπλατυσμένη εκδοχή της ίδιας γεωμετρίας τόξου έχει την ίδια ακτίνα και κέντρα που βρίσκονται στο σημείο τομής των καθέτων που ξεκινούν από την άκρη του ανοίγματος και διέρχονται από το πρώτο κέντρο με γωνία 60°. (Acocella, 2006 p. 350)

Μια ακόμη μορφή οξυκόρυφου τόξου που αποτελεί παραλλαγή της πρώτης είναι εκείνη κατά την οποία τα τόξα καταλήγουν σε μικρό κατακόρυφο τμήμα που προεξέχει ελαφρώς από την κατακόρυφη τοιχοποιία στην οποία εδράζονται. (εικ. 76) Τέλος υπάρχει και το λοβοειδές τόξο προερχόμενο από την Μέση Ανατολή το οποίο τροποποιήθηκε και υιοθετήθηκε στην δυτική αρχιτεκτονική προσφέροντας μια σειρά από παραλλαγές του σε όλες τις περιοχές που βρίσκονταν υπό την γαλλική γοτθική επιρροή. Η γεωμετρία του προκύπτει από την αλληλοτομία δυο τόξων ίσων διαστάσεων δημιουργώντας μια τρίλοβη μορφή. Η τυπολογία αυτή ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ιταλία κυρίως κατά την εποχή του 14^{ου} και 15^{ου} αιώνα στην Βενετία. (Acocella, 2006 p. 351)

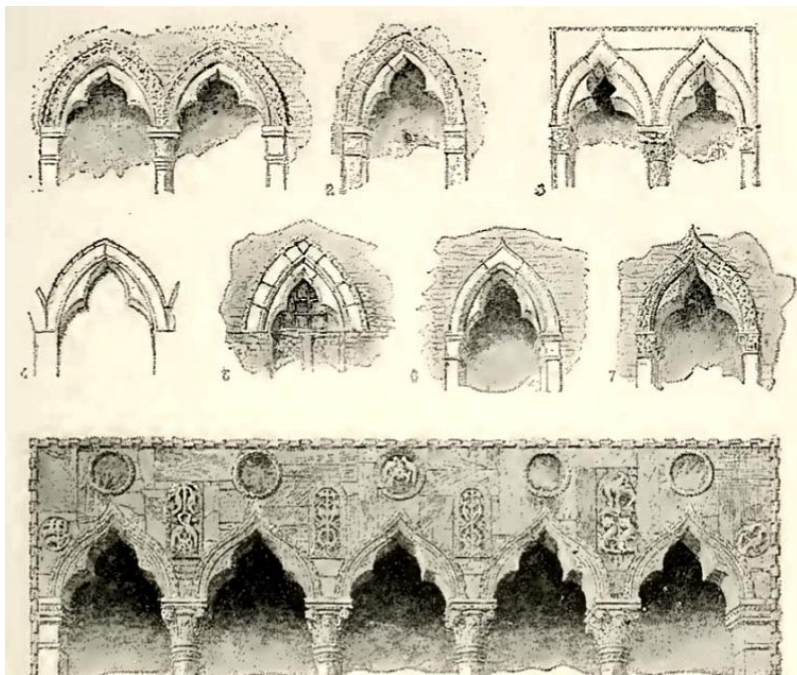


ΕΙΚΟΝΑ 76. Τυπολογίες οξυκόρυφων τόξων διπλής καμπυλότητας διαφοροποιούμενες ανάλογα με την θέση τοποθέτησης του κέντρου. (Acocella, 2006 p. 351)

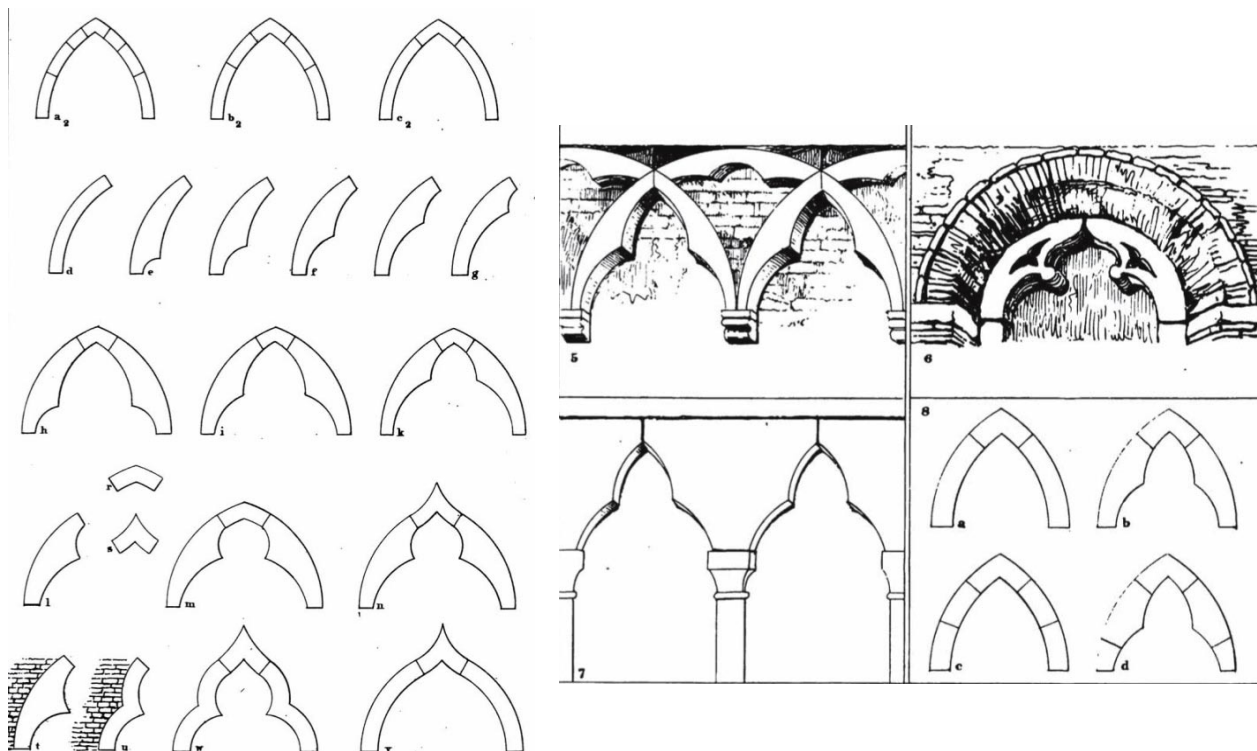
Τα οξυκόρυφα τόξα εκτός από την κατασκευή των θόλων χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλη ποικιλία μορφών και συνδυασμών διαφορετικών καμπυλοτήτων, σε πλήθος ανοιγμάτων κτιρίων κοσμικής και θρησκευτικής αρχιτεκτονικής. Ο Ruskin έχει καταγράψει τις κυριότερες από τις μορφές αυτές στο ακόλουθο σχήμα. Από τις παρακάτω τυπολογίες, εκείνες που χαρακτηρίζουν τα ανοίγματα του υπό μελέτη ναού και σχεδιάστηκαν τρισδιάστατα για το επόμενο κεφάλαιο είναι οι 4 και 4d για το παράθυρο και αντίστοιχα η 6c για το θύρωμα. Το τρίτο παράθυρο του ίδιου ναού που δεν μελετήθηκε είναι της μορφής 5 του παρακάτω σχήματος (εικ. 77). Η καμπυλότητα αυτή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και συναντάται στην Βενετία και ως επαναλαμβανόμενο άνοιγμα στηριζόμενο σε μεμονωμένα υποστυλώματα (εικ 78).



ΕΙΚΟΝΑ 77. Ενδεικτική καταγραφή των κυριότερων τυπολογιών οξυκόρυφων τόξων σύμφωνα με τον Ruskin (Ruskin, 1852 p. 248)



ΕΙΚΟΝΑ 78. Οξυκόρυφα τόξα διπλής καμπυλότητας χρησιμοποιούμενα σε διαφορετικές τυπολογίες ανοιγμάτων σύμφωνα με τον Ruskin (Ruskin, 1852 p. 259)



ΕΙΚΟΝΑ 79. Λίθοι διαμόρφωσης οξυκόρυφων τόξων μονής ή διπλής καμπυλότητας σύμφωνα με τον Ruskin (αριστερά) (Ruskin, 1851 p. 128) και τοποθέτηση σε σειρά οξυκόρυφων τόξων σε συνεχή ή διαχωριζόμενη λιθοδομή σε σκίτσα του Ruskin (Ruskin, 1851 p. 130)

Στην ανωτέρω εικόνα (εικ.79) από το βιβλίο του (Ruskin, 1851 p. 128) αναλύεται το οξυκόρυφο άνοιγμα σε επιμέρους μεμονωμένους λίθους που διαμορφώνουν την καμπυλότητά του ώστε να εξασφαλίζεται η απόδοση της μορφής αλλά και η συναρμογή τους με μεγάλη ακρίβεια για την σωστή λειτουργία του τόξου. Όπως προαναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο οι λίθοι αυτοί κατασκευάζονταν στο εργαστήριο των λιθοξόνων και στην συνέχεια μεταφέρονταν στον τόπο της κατασκευής.

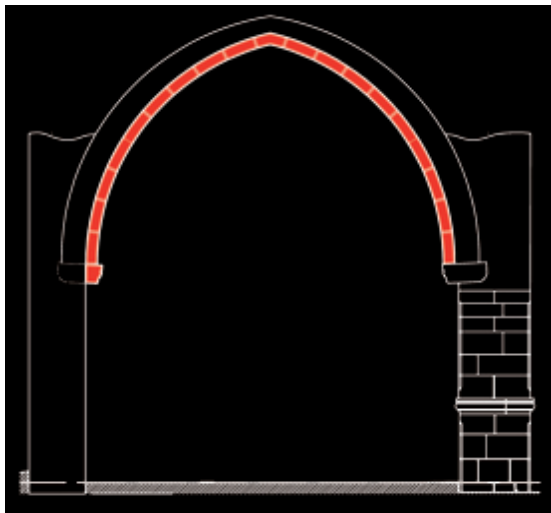
Εφαρμογές στην υπό μελέτη περιοχή

Η δόμηση του κυρίως θόλου γινόταν με φυσικούς λίθους, μεγάλης αντοχής σε θλίψη και καταλλήλου μορφής, η οποία προέκυπτε είτε από εξόρυξη είτε από επεξεργασία. Ως κονιάματα χρησιμοποιούνταν ισχυρά αλλά βραδείας πήξεως για να παρέχεται ο απαιτούμενος χρόνος για την λεπτή εργασία συναρμολόγησης των λίθων, από ασβεστοκονίαμα, σε αναλογία 1:3 ενίοτε με την προσθήκη θηραϊκής γης. Οι τεχνίτες ήταν πεπειραμένοι, ειδικοί θολοδόμοι ή καμαροχτίστες. Οι αρμοί των λίθων για την εξασφάλιση της καταπόνησης σε θλίψη, γινόταν με ιδιαίτερη επιμέλεια, ώστε να επιτευχθεί η καθετότητα προς την συνισταμένη των πιέσεων, δηλαδή η διέλευση των επιπέδων των λίθων από τον άξονα του θόλου. Η δόμηση γινόταν συμμετρικά από τις γενέσεις προς την κορυφή, όπου και έκλεινε η κατασκευή με την τοποθέτηση ειδικών θολόλιθων, που ονομάζονταν κλείδες. Συνεπώς στην κορυφή θολοδομικής κατασκευής

δεν υπήρχε αρμός αλλά πάντοτε λίθος, η ιδιαίτερη σημασία του οποίου μάλιστα, τονιζόταν και στην όψη της κατασκευής, ιδίως των αψίδων, με ειδικό καλλιτεχνικό διάκοσμο.

Το πάχος της θολοδομικής κατασκευής εξαρτάται προφανώς από το άνοιγμα που γεφυρώνει και από τα στοιχεία που είναι παρατηρήσιμα στο πλαίσιο της συγκριτικής μελέτης ναών της ευρύτερης περιοχής, ποικίλει από 20εκ. κατ' ελάχιστον στην κλείδα, έως 50εκ. περίπου στην επιφάνεια γένεσης, αφού λόγω της οξυκόρυφης διαμόρφωσης υπάρχει επαρκέστερη σφήνωση και κάλυψη μεγάλων σχετικά ανοιγμάτων με μικρά πάχη θολολίθων.

Ένα στοιχείο που είναι κοινό στους τρεις υπό μελέτη ναούς αλλά και σε πληθώρα όμοιων της ίδιας περιόδου στην Κρήτη είναι η διαμόρφωση κατά μήκος του κλίτους νευρώσεων ακαμψίας (σφενδόνια) σε αποστάσεις 2– 2,5μ. οι οποίες διαιρούνε το καθαρό μήκος σε περίπου ισομήκη διαστήματα. Οι νευρώσεις αυτές αποτελούνται από πελεκητούς λίθους διαστάσεων περίπου 40x40εκ. και πάχους 15-20εκ. Το χαρακτηριστικό τους είναι ότι αρχίζουν στην στάθμη γενέσεως του τόξου, όπου εδράζονται σε ένα λίθινο διακοσμημένο πρόβολο (φουρούσι) που προεξέχει από την φέρουσα τοιχοποιία, και βρίσκονται σε συνεχή επαφή με το εσωρράχιο χωρίς να υπάρχει όμως οργανική σύνδεση των στοιχείων δόμησής τους με τα στοιχεία της κύριας θολοδομίας (εικ. 80). Εκτιμάται ότι τα σφενδόνια συμβάλλουν στην ενίσχυση της ακαμψίας της όλης κατασκευής κατά την δευτερεύουσα διεύθυνση λειτουργίας του θόλου, με τον περιορισμό των παραμορφώσεων.



ΕΙΚΟΝΑ 80. Σχηματική απεικόνιση σφενδονίου ενίσχυσης θολοδομίας, εδραζόμενο σε φοιρούσια εντοιχισμένα στην κυρίως λιθοδομή.

Στην προκειμένη περίπτωση όμως των υπό μελέτη ναών, κατά την φάση της προσθήκης του νότιου κλίτους, από τις νευρώσεις που προϋπήρχαν στον μικρότερο ναό αφαιρέθηκαν λίθοι από την στάθμη γενέσεως του χαμηλού θόλου έως και το διαμορφωμένο ύψος του τοίχου στο οποίο συναντούσε την πεσσοστοιχία η εκάστοτε τοποθέτηση της αρχικής νεύρωσης. Στην εκκλησία της Κεράς η παλαιά νεύρωση

σταματάει στο μέγιστο ύψος του τόξου μεταξύ των πεσσών ενώ πιθανότατα ο λίθος που αποτελεί την βάση της νεύρωσης λόγω του μεγάλου βάθους του, είναι και η κλείδα του τόξου των πεσσών. Η ασυμμετρία αυτή της νεύρωσης ενδέχεται να δημιουργεί μια πρόσθετη φόρτιση κατά την εφραπτομένη της γωνίας στην οποία συναντά το τόξο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, και ως εκ τούτου μια τάση του ν αποκολληθεί από τους γειτονικούς λίθους, ειδικά σε περίπτωση σεισμικής ώθησης (εικ. 81) .

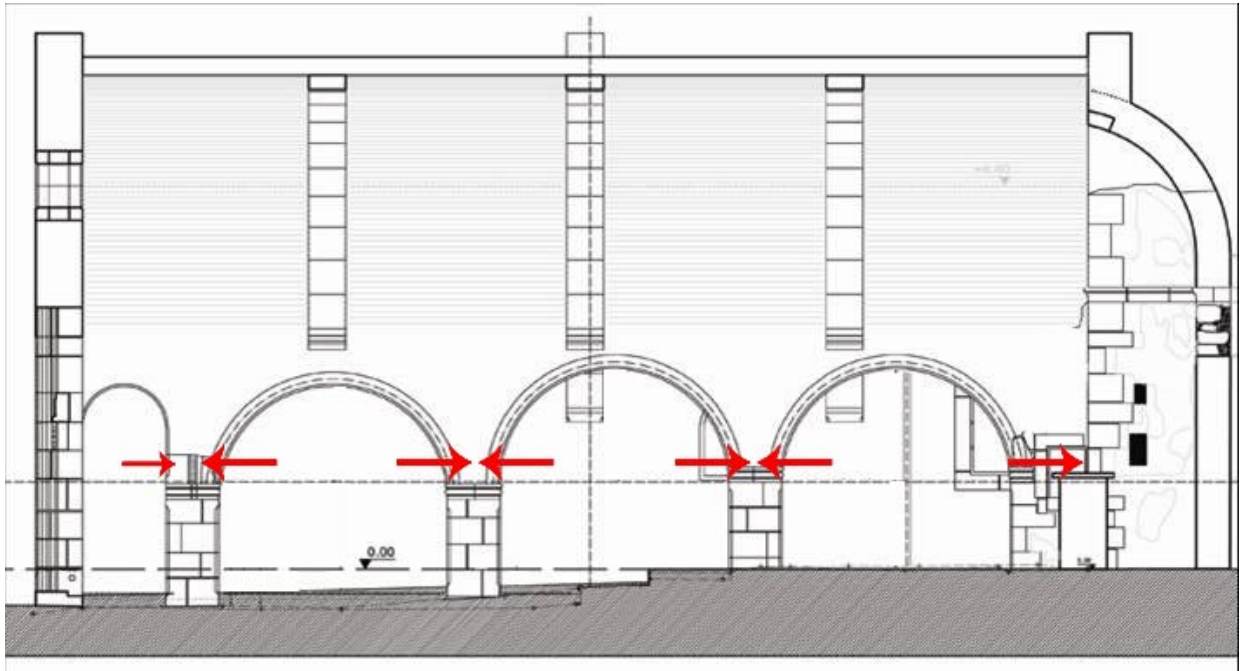


ΕΙΚΟΝΑ 81. Ναός Κεράς στο Σάρχο. Άποψη του βόρειου κλίτους. Με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή σημειώνεται η νοητή προέκταση του αρχικού μήκους του σφενδονίου σύμφωνα με το διατηρούμενο τμήμα του στον βόρειο τοίχο καθώς και οι πλάγιες ωθήσεις που μεταφέρονται στο πάχος της λιθοδομής του τόξου μεταξύ των πεσσών που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως προσθετο φορτίο για την αποδιοργάνωση μεταξύ των λίθων που συνθέτουν το τόξο σε ενδεχόμενη δυναμική φόρτιση.

Για την κατασκευή της προσθήκης ενός κλίτους στον προϋπάρχοντα μονόκλιτο δρομικό ναό καθαιρείται τμήμα της ανωδομής του τοίχου επαφής των δυο κλιτών, δημιουργούνται με νέα κατασκευή τοξοστοιχίες λειτουργικούς λόγους πάνω στις οποίες εδράζονται πλέον τα δυο εκατέρωθεν κλίτη. Με τον τρόπο αυτό τα φορτία των δυο θόλων μεταφέρονται πλέον στους πεσσούς και στους δυο μετωπικούς τοίχους στα άκρα.

Αυτή η προσθήκη έχει ως συνέπεια την διατάραξη της αρχικής θολοδομικής κατασκευής λόγω προσωρινής απώλειας ενός από τα στηρίγματά της, καθώς και την επιβάρυνση του μεσαίου θεμελίου στο οποίο δεν γινόταν καμία επέμβαση ενίσχυσης, με περίπου διπλάσια φορτία από τα αρχικά. Συνέπεια αυτού θα μπορούσε να είναι η πρόκληση πρόσθετων καθιζήσεων του μεσαίου θεμελίου που και κατ' επέκταση στατικά προβλήματα στην αρχική θολοδομική κατασκευή και στον αρχικό ακραίο τοίχο, που μπορεί να μην κατέρρεε αμέσως αλλά επιβαρυνόταν σταδιακά με την ερπυστική εξέλιξη των παραμορφώσεων των θεμελίων και κυρίως των επόμενων σεισμικών δράσεων σε μια ήδη τραυματισμένη κατασκευή. Το γεγονός ότι υπάρχουν ακόμη ναοί που

διατηρούνται σε καλή κατάσταση παρά τα προαναφερθέντα προβλήματα εκτιμάται ότι οφείλεται σε καλές συνθήκες θεμελιώσεως και σε στατική υπερεπάρκεια των στοιχείων της ανωδομής καθώς και η έντεχνη δόμηση.



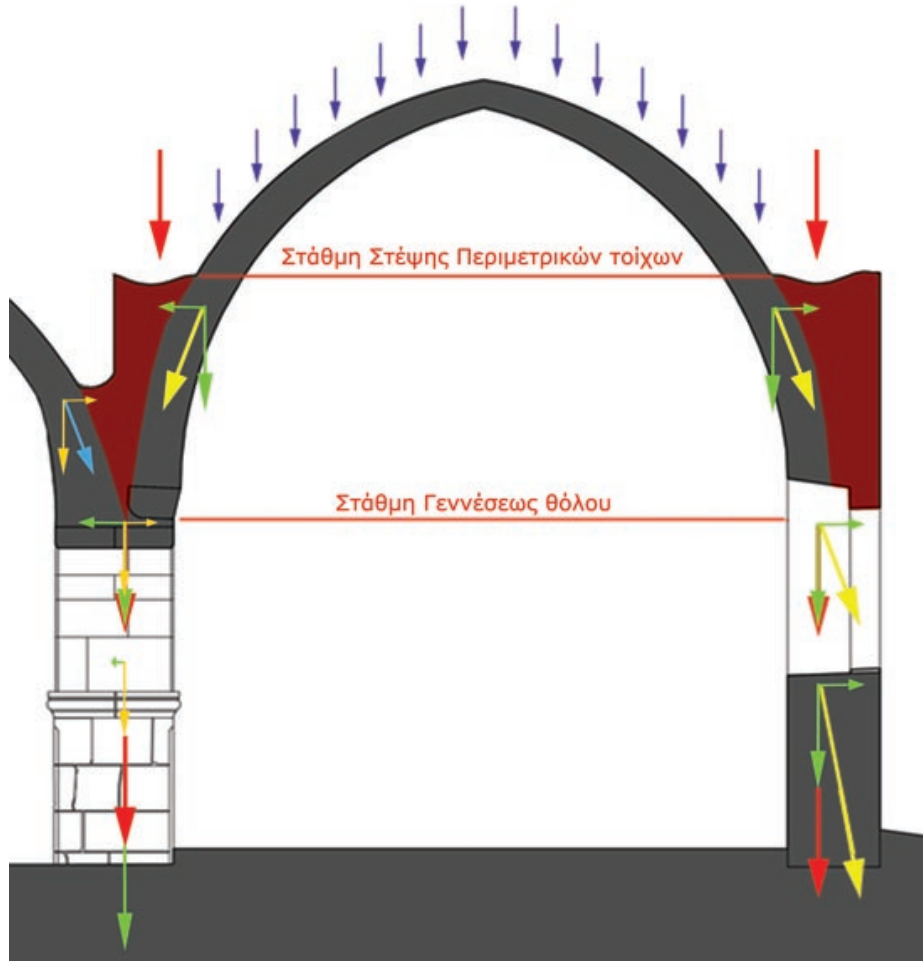
ΕΙΚΟΝΑ 82. Κατά μήκος τομή στο νότιο κλίτος του ναού του Αγ. Αντωνίου όπου σημειώνεται με κόκκινο χρώμα η αλληλοαναίρεση των πλάγιων ωθήσεων που δημιουργούνται μεταξύ των τόξων που εδράζονται στους πεσσούς

Στην περίπτωση αυτή ο μεσαίος τοίχος καταπονείται και με οριζόντιες ωθήσεις κατά μεν το τμήμα της προσθήκης στη στέψη του τοίχου, λόγω του διαφορετικού πλάτους των δυο κλιτών, στο δε υπόλοιπο τμήμα συναρμογής με το χαμηλότερο κλίτος με δυο ωθήσεις διαφορετικού μεγέθους σε διαφορετική στάθμη, λόγω του διαφορετικού πλάτους των δυο κλιτών και του διαφορετικού ύψους τους (εικ. 81, 83). Τα στατικά προβλήματα και η παθολογία της κατασκευής επιβαρύνεται περισσότερο στα μεσαία τοιχώματα λόγω των ανισοσταθμιών.

Ο ανατολικός τοίχος που έφερε την κόγχη του ιερού ήταν μια ιδιαίτερα ευαίσθητη από στατικής πλευράς κατασκευή αφού πρόκειται για μια αλληλοτομία μιας διπλής καμπυλότητας επιφάνειας με έναν επίπεδο φορέα στην οποίαν οι παραμορφώσεις δεν είναι παντού συμβατές. Όμως η ύπαρξη του ιερού αποτελούσε μια κατ' ουσίαν αντηρίδα ενίσχυσης του πίσω μετωπικού τοίχου, γι' αυτό και σε πολλούς κατεστραμμένους ναούς διατηρείται ακόμα το ιερό, όπως συμβαίνει στο ναό του Αγ. Αντωνίου.

Η αντισεισμική επάρκεια αυτών των κτιρίων ήταν μειωμένη, γιατί η ύπαρξη των θολωτών κατασκευών και μάλιστα με οξυκόρυφη μορφή, όπως συνηθιζόταν στην κρητική ναοδομία της εποχής, δεν διασφαλίζει κάποιας μορφής διαφραγματική λειτουργία για την συνεργασία όλων των κατακορύφων στοιχείων, ενώ ο τρόπος δόμησης δεν επιτρέπει ανάληψη εφελκυστικών τάσεων. Ουσιαστικά οι οριζόντιες

συνιστώσες του σεισμού αναλαμβάνονταν από την ακαμψία των κατακορύφων τοίχων, των μετωπικών μεν κατά την εγκάρσια διεύθυνση και των ακραίων κατά την διαμήκη. Είναι προφανές ότι η σεισμική δράση επιβάρυνε τις ωθήσεις των θόλων στα ακραία τοιχώματα.

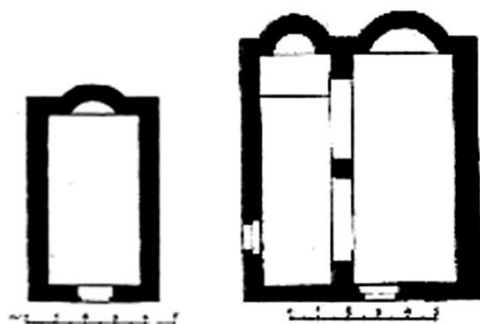


ΕΙΚΟΝΑ 83. Σχηματική ανάλυση οριζόντιων και κατακορύφων δυνάμεων σε κατα πλάτος τομή δίκλιτου ναού με οξυκόρυφο θόλο όπου το παλαιότερο κλίτος βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη όπως στους υπό μελέτη ναούς.

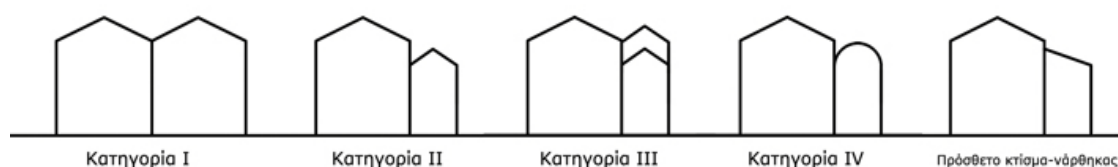
Πιθανή διαμόρφωση ύψους κατά την φάση της προσθήκης κατά μήκος για το αρχικό κλίτος.

Από την μελέτη των τυπολογιών σε επίπεδο κάτοψης (εικ. 84) που αναλύθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο, η παρούσα έρευνα εστιάζει περισσότερο στην τυπολογία του μονόχωρου και του δίχωρου όπως προκύπτει κατά την δεύτερη οικοδομική του φάση με επέκταση παράλληλου κλίτους. Για την ίδια μορφολογία κάτοψης, το ύψος μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες (οικονομικές, κατασκευαστικές, κλπ). Ενδεικτικά αναφέρουμε σχηματικά τις τέσσερις πιο διαδεδομένες περιπτώσεις. Η συγκριτική παρατήρηση τριών ναών αυτής της τυπολογίας στην επόμενη ενότητα αφορά την τρίτη περίπτωση των ναών με δυο διαφορετικά ύψη (εικ. 85-86) στην κατά μήκος

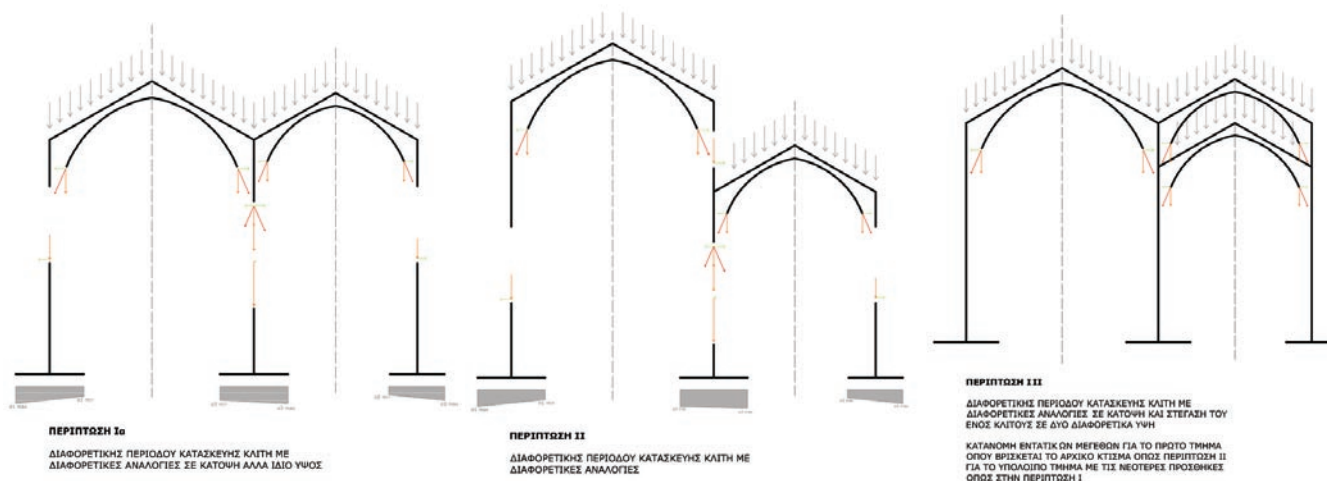
επέκταση του αρχικού κλίτους, όπως προκύπτουν αναλογικά με το πλάτος του κλίτους που πρόκειται να στεγάσουν.



ΕΙΚΟΝΑ 84. Ενδεικτικές κατόψεις ενός μονόχωρου και ενός δίχωρου ναού από την καταγραφή του Gerola(Gerola, 1932)



ΕΙΚΟΝΑ 85. Σχηματική απεικόνιση διαφοροποίησης καθ ύψος στην προσθήκη νεότερου παράλληλου κλίτους σε προϋπάρχοντα δομικό ναό

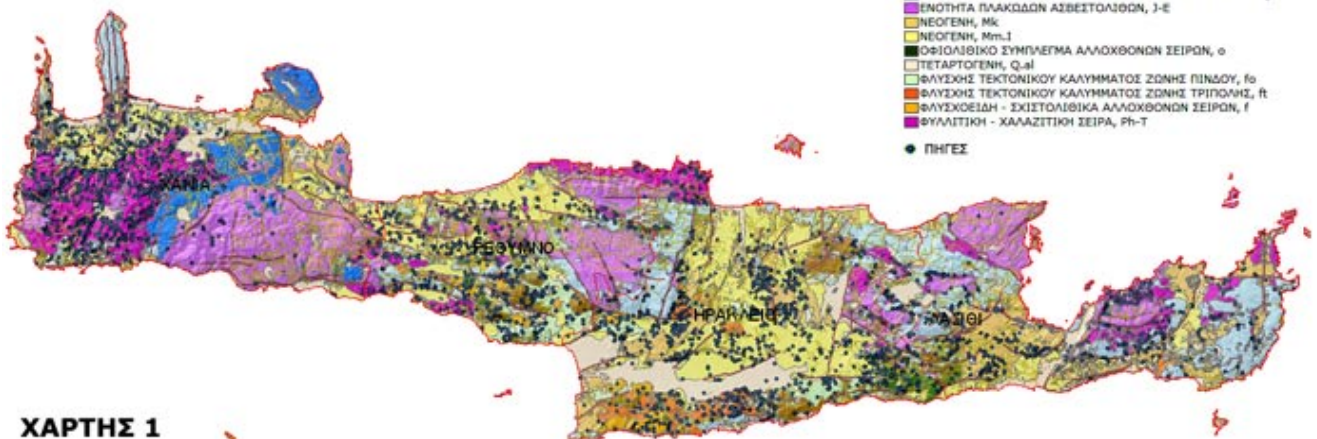


ΕΙΚΟΝΑ 86. Σχηματική ανάλυση οριζόντιων και κατακόρυφων δυνάμεων σε κατα πλάτος τομή δίκλιτου ναού με οξυκόρυφο θόλο όπου το παλαιότερο κλίτος βρίσκεται στην ίδια στάθμη με το νεότερο (αριστερά) σε χαμηλότερη στάθμη (μέση) ή αποτελείται από δυο διαφορετικά ύψη όπου η κατά μήκος προσθήκη στο παλαιότερο κλίτος ανυψώνεται ώστε να ταυτίζεται με το συνολικό ύψος του κλίτους της προσθήκης. (δεξιά)

ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

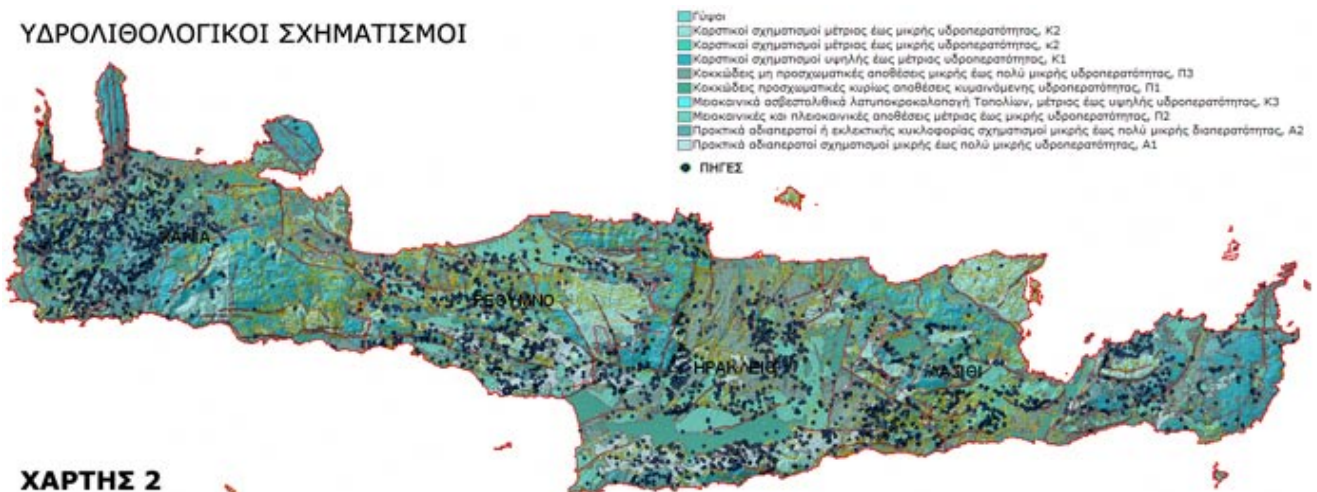
Γενικά η εικόνα που παρατηρείται σε ναούς της ευρύτερης περιοχής, που έχουν καταρρεύσει ή έχουν επισκευασθεί μεταγενέστερα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κύρια αιτία αστοχίας αυτών των κτιρίων ήταν η αστοχία των θεμελιώσεων και η σεισμική δράση. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Κρήτης πλην εξαιρετικά λίγων περιπτώσεων, όπου είναι επιφανειακά εμφανές το μητρικό πέτρωμα του υπεδάφους, είναι κυρίως μεταμορφωσιγενή πετρώματα, [ΧΑΡΤΗΣ 1] αργιλικοί σχιστόλιθοι ή ασβεστόλιθοι με συνήθως έντονη καρστική διάβρωση. Τέτοια πετρώματα είναι ιδιαίτερα επιρρεπή λόγω της επίδρασης των υπογείων υδάτων [ΧΑΡΤΗΣ 2] σε μεγαλύτερες ή μικρότερες ολισθήσεις [ΧΑΡΤΗΣ 3] και ιδιαίτερα υπό δυναμική φόρτιση (σεισμός) [ΧΑΡΤΗΣ 4] (πηγή διαδικτυακός τόπος (ΙΓΜΕ). Ο τρόπος δόμησης των ναών που αναφέρθηκε δεν προέβλεπε κάποια εδαφοτεχνική αξιολόγηση του εδάφους θεμελιώσεως, αφού άλλα κριτήρια κυριαρχούσαν στην χωροθέτηση του κτίσματος [ύπαρξη παλαιότερου ναού, λόγοι ασφαλείας, ύπαρξη φυσικού σπηλαίου, εγγύτητα σε κατοικημένες περιοχές κλπ]. Έτσι λοιπόν η στατική αντοχή των ναών, ενδεχομένως εξασθενούσε επιπρόσθετα από τις βλάβες που δημιουργούσαν οι μικροκαθιζήσεις του εδάφους θεμελιώσεως και οι οποίες μεγιστοποιούνταν με τις σεισμικές δράσεις που είναι ιδιαίτερα συχνές στην περιοχή με μοιραία πολλές φορές αποτελέσματα.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ



ΧΑΡΤΗΣ 1

ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ



ΧΑΡΤΗΣ 2

ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ



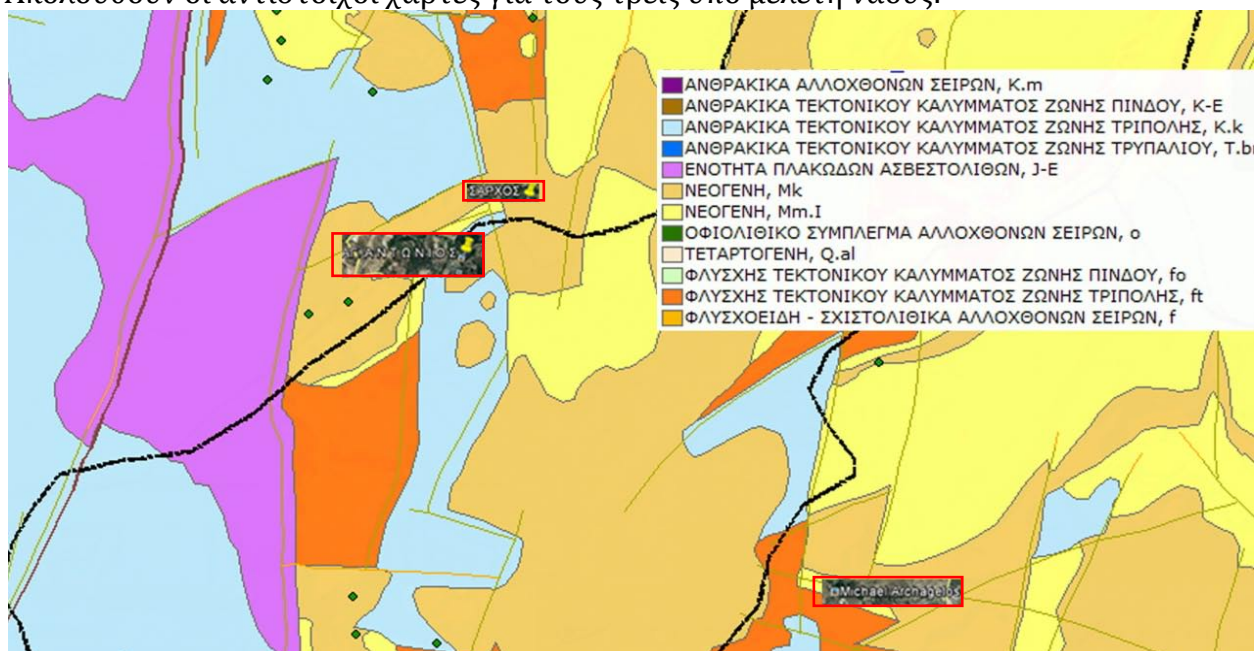
ΧΑΡΤΗΣ 3

ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΡΗΓΜΑΤΑ & ΠΗΓΕΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

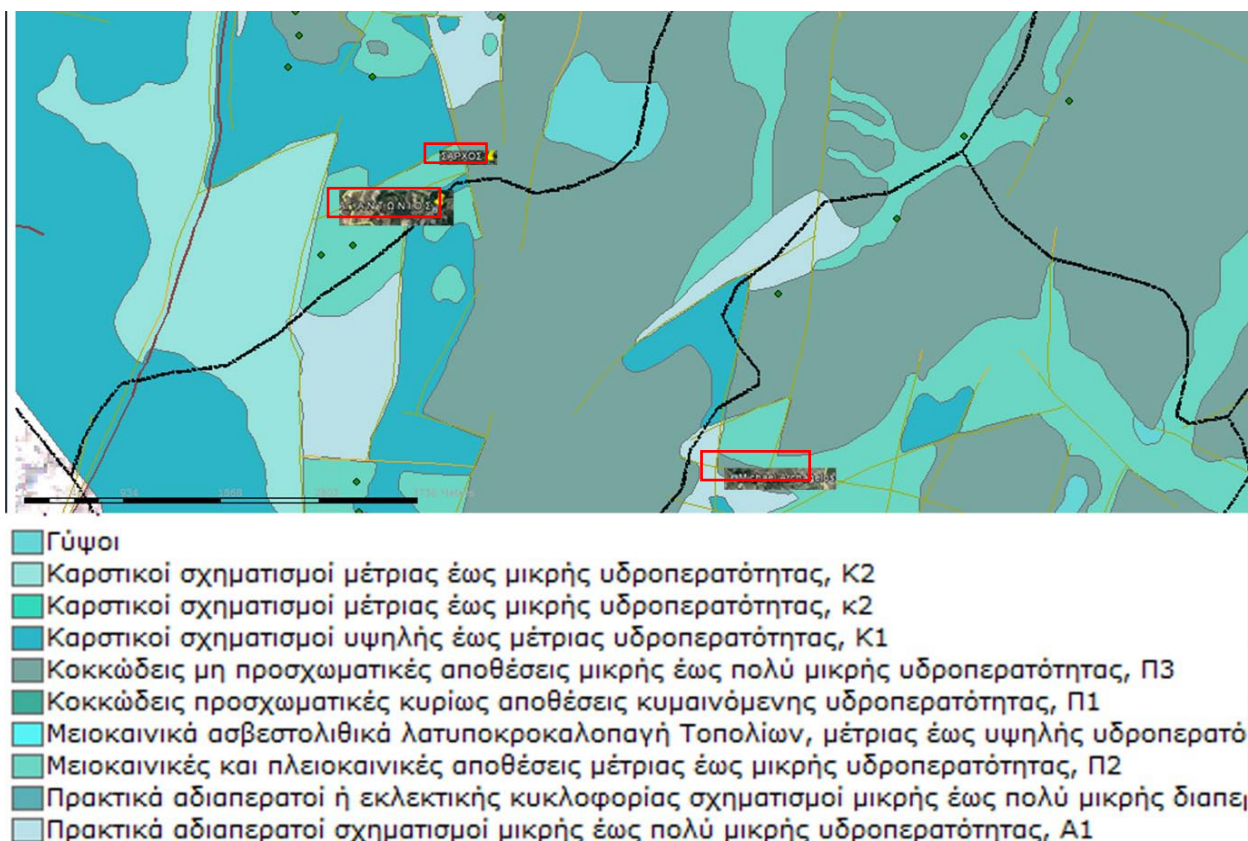


ΧΑΡΤΗΣ 4

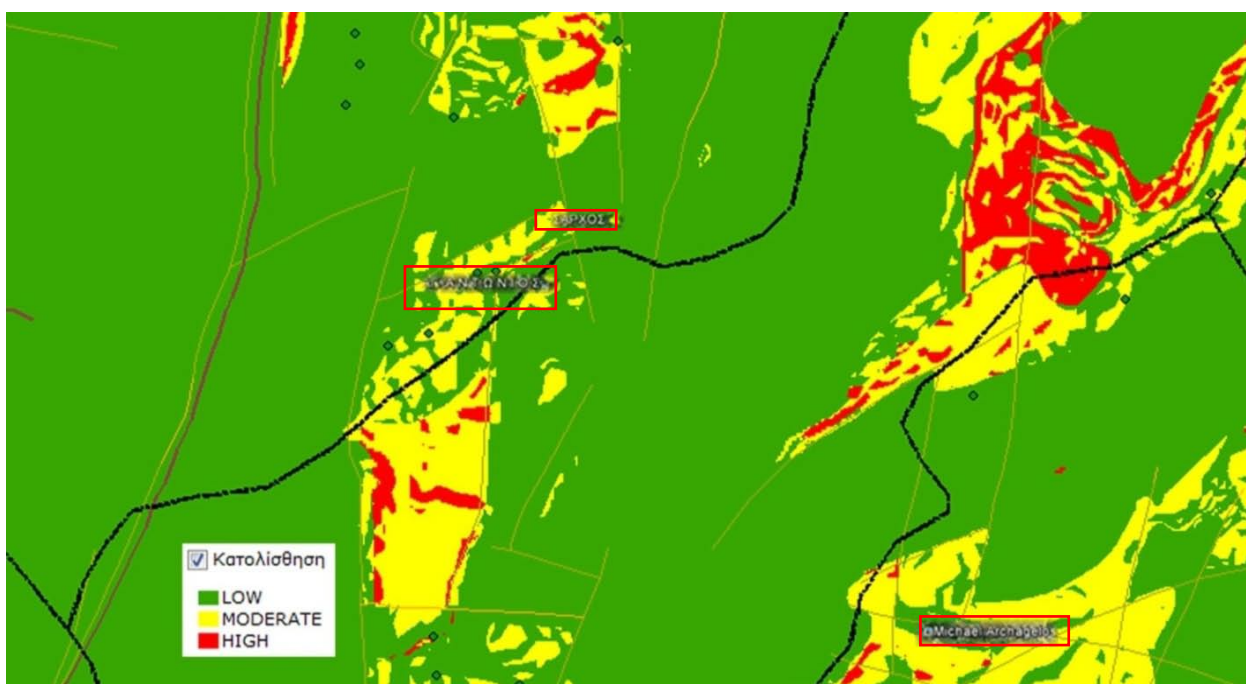
Ακολουθούν οι αντίστοιχοι χάρτες για τους τρεις υπό μελέτη ναούς:



ΕΙΚΟΝΑ 87. Χάρτης γεωλογικών σχηματισμών σε εστίαση στην ευρύτερη περιοχή των τριών υπό μελέτη ναών στην περιοχή Μαλεβιζίου Ηρακλείου Κρήτης, όπου φαίνεται ότι και στους τρεις ναούς το έδαφος θεμελίωσης αποτελείται από νεογενή πετρώματα



ΕΙΚΟΝΑ 88. Χάρτης υδρολιθολογικών σχηματισμών σε εστίαση της ευρύτερης περιοχής των τριών υπό μελέτη ναών στην περιοχή Μαλεβιζίου Ηρακλείου Κρήτης, όπου φαίνεται ότι, ο ναός της Κεράς στο Σάρχο (πάνω) ανήκει στις κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας Π3, ενώ ο ναός του Αγ. Αντωνίου (αριστερά) και ο ναός του Αρχαγγέλου (κάτω) στις μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας Π2



ΕΙΚΟΝΑ 89. Χάρτης υδρολιθολογικών σχηματισμών σε εστίαση της ευρύτερης περιοχής των τριών υπό μελέτη ναών στην περιοχή Μαλεβιζίου Ηρακλείου Κρήτης, όπου φαίνεται ότι, ο ναός της Κεράς και ο ναός του Αρχαγγέλου ανήκει σε έδαφος με χαμηλά ποσοστά ολίσθισης, ενώ ο ναός του Αγ. Αντωνίου βρίσκεται σε περιοχή μέτριας εδαφικής ολίσθισης

Από τους ανωτέρω γεωλογικούς χάρτες προκύπτει μια εκτίμηση για την ποιότητα του εδάφους θεμελίωσης και τα πετρώματα που το αποτελούν, αλλά δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα και χρήζει περεταίρω εδαφοτεχνικής έρευνας και μελέτης. Από τον χάρτη των κατολισθήσεων όμως φαίνεται σαφώς ότι ο ναός του Μιχαήλ Αρχαγγέλου και η Κερά στο Σάρχο βρίσκονται θεμελιωμένα σε έδαφος με χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης κατολίσθησης, ο ναός του Αγ. Αντωνίου βρίσκεται στο κίτρινο, γεγονός που ενισχύεται και από την ύπαρξη πηγής σε απόσταση λίγων μέτρων από τον ναό απ όπου πηγάζει και το νερό της κρήνης που βρίσκεται στον περίβολο της μονής. Η εκκλησία στο Σάρχο είναι θεμελιωμένη πολύ κοντά σε κοίτη ρέματος και είναι αναμενόμενο να εμφανίσει δείγματα καθίζησης. Όπως διαπιστώνεται και στις φωτογραφίες των ναών παρακάτω, εκ των τριών ναών μόνο η εκκλησία του Αγ. Αντωνίου παρουσιάζει ρωγμές που μπορεί να υποδηλώνουν καθίζηση, συμπληρωματικά με την σεισμική δράση. Στον ίδιο χάρτη μπορούμε να παρατηρήσουμε πληθώρα λεπτών κίτρινων γραμμών που συμβολίζουν μικρότερα ή πιθανά σεισμικά ρήγματα, ενώ η λεπτή κόκκινη γραμμή που διατρέχει λοξά την αριστερή πλευρά του χάρτη αποτελεί το κύριο ρήγμα της περιοχής και βρίσκεται σε πολύ μικρή απόσταση από τους ναούς του Αγ. Αντωνίου και της Κεράς. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι τρεις ναοί σε σεισμό ίδιας διεύθυνσης δεν έχουν λειτουργήσει με τον ίδιο τρόπο λόγω διαφορετικού μεταξύ τους προσανατολισμού. Η παρακάτω εικόνα (εικ. 90) προέρχεται από αεροφωτογραφία της περιοχής (googleearth) προσανατολισμένη προς Βορρά.



ΕΙΚΟΝΑ 90. Χάρτης σχετικού προσανατολισμού μεταξύ των τριών υπό μελέτη ναών όπου αριστερά φαίνεται ο ναός του Αγ. Αντωνίου, στο μέσον ο ναός της Παναγίας της Κεράς και δεξιά η εκκλησία του Αρχαγγέλου. Από την συγκριτική παρατήρησή τους στις εστιασμένες αεροφωτογραφίες από το Googleearth προσανατολισμένες προς βορρά προκύπτει ότι ο κατά μήκος άξονας του κάθε ναού σχηματίζει διαφορετική γωνία προς ανατολάς.

Από την παραπάνω φωτογραφία (εικ. 90) προκύπτει ότι ενώ η εκκλησία στο Σάρχο (μεσαία) και ο Μιχαήλ Αρχάγγελος (δεξιά) είναι προσανατολισμένες προς Ανατολάς, με μικρή απόκλιση της εκκλησίας της Κεράς προς ΝΑ, ο Αγ. Αντώνιος (αριστερά) είναι καθαρά ΒΑ. Κατά προσέγγιση με βάση τον ανωτέρω προσανατολισμό μπορούμε να μετρήσουμε τις μεταξύ τους γωνίες ως: Αρχάγγελος – Κερά 9° , Αρχάγγελος – Αγ. Αντώνιος 32° , Κερά – Αγ. Αντώνιος 41° .

Οι γωνίες αυτές μπορεί να διαφέρουν στην πράξη λόγω της μεγάλης κλίμακας της αεροφωτογραφίας, όμως σε επίπεδο αναλογιών, αν λχ. ο ναός του Αγ. Αντωνίου δεχθεί έναν σεισμό με κατεύθυνση κάθετη στους φέροντες πλευρικούς τοίχους του, (εκτός επιπέδου) ο ναός της Κεράς έχει επηρεαστεί υπό γωνία 41° που σημαίνει ότι η αντίστοιχη φόρτιση κατανέμεται στους διαμήκεις και εγκάρσιους τοίχους σχεδόν εξίσου, οι οποίοι παραλαμβάνουν ένα μεγάλο τμήμα της φόρτισης εντός επιπέδου, οπότε συνολικά αναμένονται λιγότερες αστοχίες (εικ. 91). Αντίστοιχα ένας σεισμός με διεύθυνση κάθετη στους φέροντες τοίχους στο Σάρχο, θα είχε επηρεάσει ευνοϊκότερα τον Αγ. Αντώνιο κ.ο.κ. (εικ. 91)



ΕΙΚΟΝΑ 91. Συγκριτική παρατήρηση του σχετικού προσανατολισμού μεταξύ των υπό μελέτη ναών με επάλληλη τοποθέτηση σύμφωνα με τις αεροφωτογραφίες από το Googleearth προσανατολισμένες προς βορρά. Την μεγαλύτερη γωνία μεταξύ του προσανατολισμού τους σχηματίζουν ο ναός του Αγ. Αντωνίου και της Παναγίας της Κεράς στο Σάρχο, όπου ο νότιος τοίχος τους διαφέρει κατά 41° . Με κόκκινα βέλη σημειώνεται μια ενδεχόμενη εκτός επιπέδου φόρτιση για τον βόρειο τοίχο του ναού του Αγ. Αντωνίου και κατ επέκταση πως η φόρτιση ίδιας κατεύθυνσης θα επηρέαζε την εκκλησία στον Σάρχο με καταμερισμό των δυνάμεων σε εντός και εκτός επιπέδου φορτίσεις κατά το ήμισυ για τον βόρειο και δυτικό τοίχο αντίστοιχα.

Ακολουθεί μια συνοπτική λίστα από τους κυριότερους σεισμούς που έχουν καταγραφεί στο νησί από την έρευνα του Παπαζάχου, (Παπαζάχος, 1989) από τον 17^ο αιώνα και εξής που θα μπορούσαν να έχουν προκαλέσει αστοχίες στα υπό μελέτη κτίρια. Στο παράρτημα αναφέρονται και άλλοι σεισμοί μεταγενέστεροι του 13^ο αιώνα. Ο σεισμός του 1856 αποτέλεσε πιθανότατα το αίτιο κατάρρευσης του ναού του Αγ. Αντωνίου.

1655 Ιανουάριος M = (6.7) Ηράκλειο
1780 Οκτώβριος M = (7.0) Ιεράπετρα
1805 3/7 M = (7.2) Χανιά
1810 16/2 M = (7.8) Ηράκλειο
1815 Δεκέμβριος M = (6.7) Ιεράπετρα
1846 28/3 M = (7.7) Ηράκλειο
1856 12/10 M = (8.2) Ηράκλειο «Καταστρεπτικός σεισμός κυρίως στην Κρήτη και Ρόδο. [...]Γκρεμίστηκαν σχεδόν ολοκληρωτικά τα χωριά Καλέσα, Πετροκέφαλο, Πενταμόδι, Άγιος Μύρων, Κιθαρίδα και Ασίτες που βρίσκονταν στους πρόποδες του όρους της Ίδης. Στο χωριό Βούτες δεν έμεινε ενός μέτρου τοίχος όρθιος»
1887 17/7 M = (7.5) Ηράκλειο
1910 18/2 M = (6.9) Χανιά 1922 13/8 M = (6.8) Ζάκρο 1935 25/2 H-100KM M=7.0 Ηράκλειο «Τα χωριά Σκαλάνι, Ανώπολη, Επάνω Βάθεια, Καινούργιο Χωριό και Γούρνες κατέρρευσαν μέχρι τα θεμέλια.»
1952 17/12 M = 7.0 Ηράκλειο 1959 14/5 M = (6.3) Ηράκλειο
«Ο σεισμός ήταν καταστρεπτικός στην κεντρική νότια Κρήτη.»
1965 9/4 M = 6.1 Χανιά 1970 22/2 M = (5.3) Ηράκλειο 1973 29/11 M = (6.0) Χανιά

4. ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ

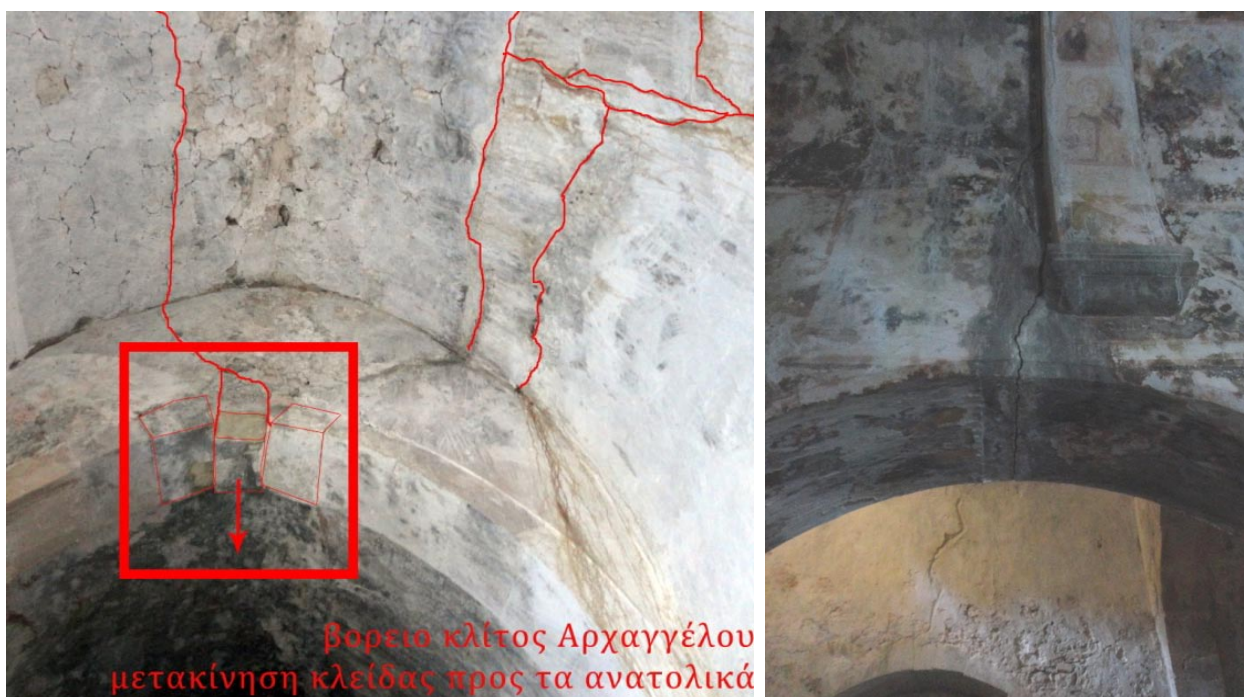
Με βάση τα παραπάνω ακολουθεί στο κεφάλαιο αυτό μια συγκριτική παρατήρηση των φθορών που παρουσιάζουν σήμερα τα τρία μνημεία και διερευνώνται τα πιθανά αίτια και ο μηχανισμός αστοχίας τους.

ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΣ

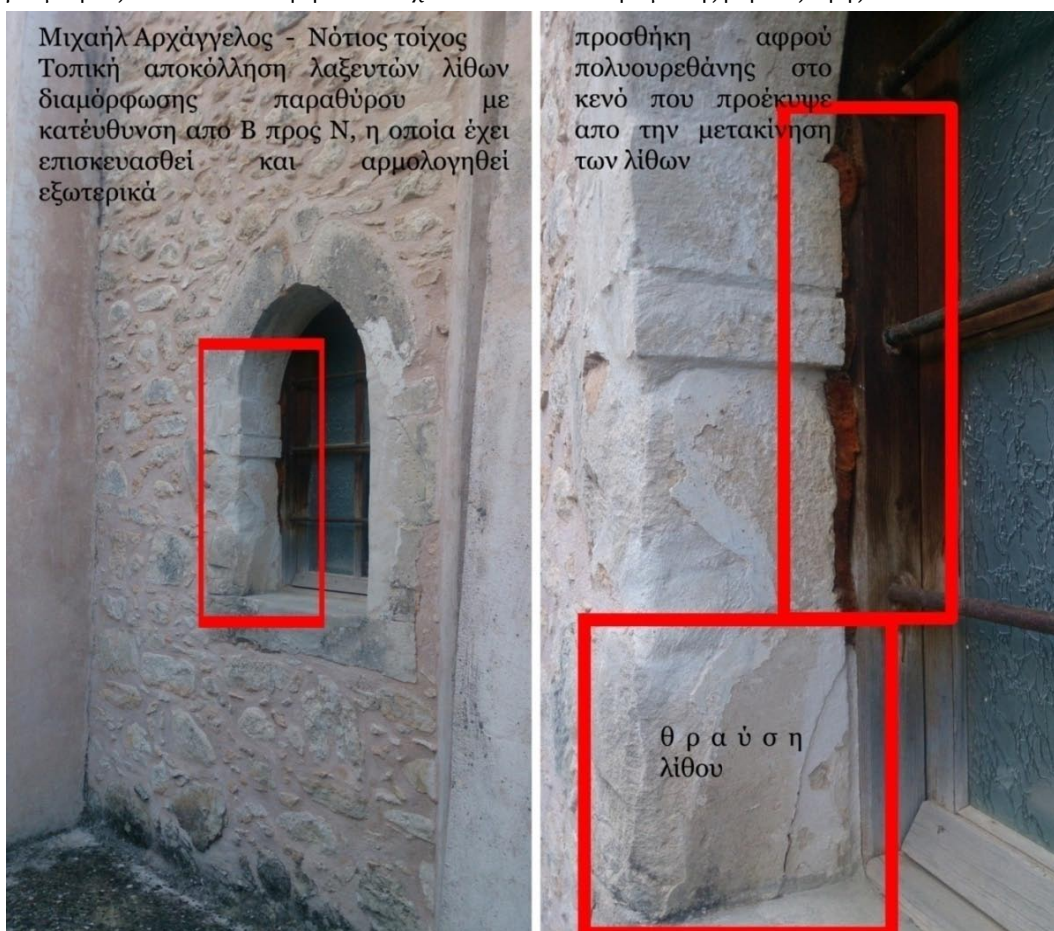
Η εκκλησία του Μιχαήλ Αρχαγγέλου πλησίον του οικισμού Βλαχιάνα Μαλεβιζίου, η οποία όπως προαναφέρθηκε, έχει επισκευασθεί εξωτερικά, επιλύοντας μεν το υφιστάμενο πρόβλημα των παραμορφώσεων στους φέροντες τοίχους, επιβαρύνοντας δε αρνητικά την αισθητική των εξωτερικών όψεων του ναού. Το βασικό μειονέκτημα της λύσης που επιλέχθηκε, πέραν της κάλυψης μεγάλου μέρους των όψεων με σκυρόδεμα, είναι η μη αναστρεψιμότητά του. Ομοίως χρήζει διερεύνησης μέσω στατικών υπολογισμών ο βαθμός συνεργασίας της αρχικής πέτρινης κατασκευής με τον νέο μεγάλο όγκο οπλισμένου σκυροδέματος που το περιβάλλει. Στα ανοίγματα του ναού αυτού παρατηρούνται τοπικές μετακινήσεις μεταξύ των λίθων που διαμορφώνουν τα ανοίγματα (εικ. 92-94). Μετακίνηση από την αρχική του θέση προς τα ανατολικά, παρουσιάζει ομοίως ο λίθος που βρίσκεται στην κορυφή του σφενδονίου στο σημείο ένωσης των δυο οικοδομικών φάσεων καθ' ύψος στο βόρειο κλίτος του ναού (εικ. 93). Η άνω πλευρά της θολοδομής φέρει δυο παράλληλες ρηγματώσεις με τον άξονα του θόλου, ενώ η συνολική εικόνα της περιοχής εκείνης μοιάζει σαν να «χτύπησε» το υπερυψωμένο τμήμα το χαμηλότερο σε κάποια δυναμική φόρτιση, δημιουργώντας τοπικές αποκολλήσεις μεταξύ των θολολίθων. Διαμπερής ρηγματώση στην περιοχή της κλείδας παρατηρείται και για το τόξο μεταξύ των πεσσών που ενώνει τα δυο κλίτη προς τα δυτικά, ενώ στο ίδιο σημείο της κάτοψης του βόρειου κλίτους υπάρχει ρωγμή επάνω από το θύρωμα της βόρειας πλευράς (εικ. 93, 96).



ΕΙΚΟΝΑ 92. Βόρεια όψη και λεπτομέρεια θυρώματος, όπου σημειώνονται τοπικές μετακινήσεις λίθων και αστοχίες.



ΕΙΚΟΝΑ 93. Βόρεια κλίτος από τον δίκλιτο ναό του Μιχαήλ Αρχαγγέλου, όπου σημειώνονται με κόκκινο χρώμα οι κυριότερες ρηγματώσεις καθώς και η μετακίνηση της κλείδας του τόξου στο τμήμα της διαφοροποίησης καθ' ύψος του αρχικού ναού και της προσθήκης (αριστερά) φωτογραφία του μεσαίου τόξου επικοινωνίας των δυο κλιτών στον ίδιο ναό όπου ξεχωρίζει διαμπερές σχεδόν κατακόρυφη ρωγμή μεταξύ των λίθων που συνθέτουν το τόξο και ρωγμή όμοιας γεωμετρίας στον απέναντι φέροντα τοίχο επάνω από το θύρωμα της βόρειας όψης.



ΕΙΚΟΝΑ 94. Νότιος τοίχος του ναού του Μιχαήλ Αρχαγγέλου στα Βλαχιάνα. Τοπικές αστοχίες στην λαξευτή λιθοδομή του παραθύρου

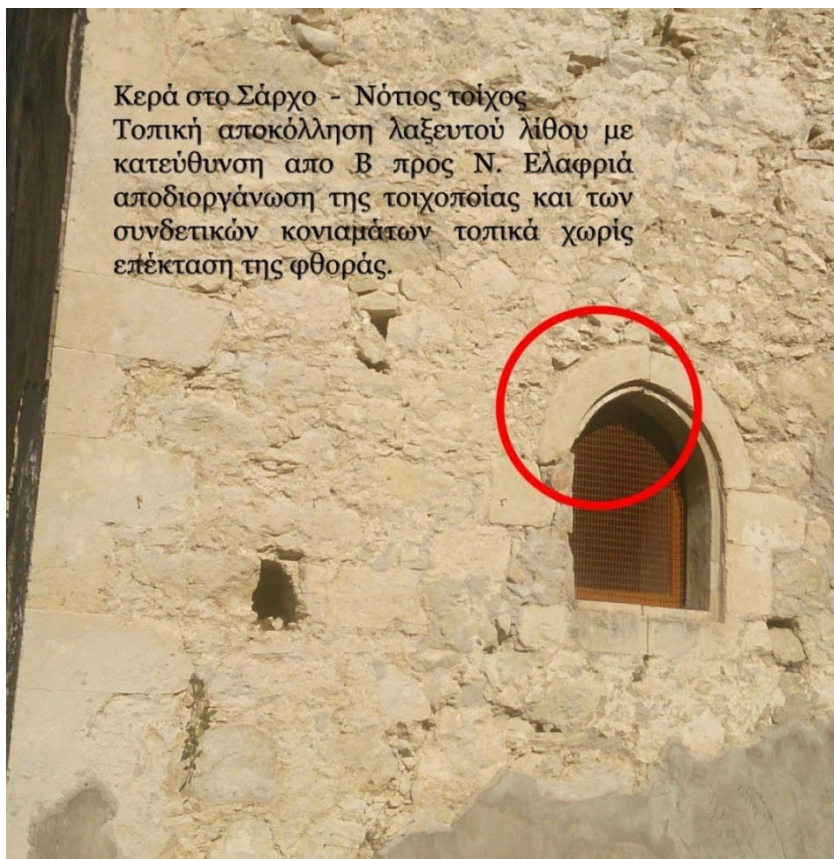


ΕΙΚΟΝΑ 95. Εσωτερική άποψη του νότιου κλίτους προς τα δυτικά. Εμφανής είναι η χαρακτηριστική διαγώνια ρωγμή που υπάρχει και στις άλλες δυο υπό μελέτη περιπτώσεις ναών.



ΕΙΚΟΝΑ 96. Βόρειο κλίτος. Ρωγμή επάνω από το θύρωμα προς βορρά, συμμετρική με την ρηγμάτωση το κέντρο του τόξου της πεσοστοιχίας.(βλ. εικ. 93)

Η εκκλησία της Κεράς στο Σάρχο παρουσιάζει σημαντικά λιγότερες φθορές συγκριτικά με τους άλλους δυο ναούς πιθανότατα λόγω της μεταγενέστερης χρονολογίας κατασκευής της. Τα στατικά προβλήματα που παρουσιάζει κυρίως οφείλονται σε τοπική μετακίνηση των θολιτών του βόρειου και νότιου κλίτους κατά μήκος των δυο αντιδιαμετρικών σφενδονίων, με κατεύθυνση Β – Ν και την σταδιακή αποδιοργάνωση της κλείδας στο βόρειο κλίτος η οποία χρήζει άμεσης υποστήλωσης. Τα μεγαλύτερα προβλήματα φαίνεται να έχουν σημειωθεί κατά την διεύθυνση Β – Ν. Κατά την άλλη διεύθυνση του ναού δεν παρουσιάζονται σημαντικές αλλοιώσεις. Όσον αφορά τα αίτια παθολογίας του συγκεκριμένου ναού, προκειμένου να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα αναφορικά και την ερμηνεία των ρηγματώσεων του νότιου κυρίως φέροντος τοίχου, θα ήταν καλό να προηγηθεί μια εδαφοτεχνική μελέτη στην νότια και δυτική πλευρά του, που βρίσκονται προς την κοίτη του ρέματος προκειμένου να διαπιστωθεί εάν οι ρωγμές που υπάρχουν στην ΝΔ γωνία του κτίσματος οφείλονται ή όχι σε σταδιακή καθίζηση του υπεδάφους (εικ. 98). Ο δυτικός τοίχος επάνω από το θύρωμα εμφανίζει την ίδια χαρακτηριστική ρηγμάτωση που συναντάμε και στις άλλες εκκλησίες, μεταξύ του θυρώματος και του κυκλικού παραθύρου που φτάνει έως την κορυφή της τοιχοποιίας στο μέσον αυτής.



ΕΙΚΟΝΑ 97. Ναός της Κεράς στο Σάρχο. Άποψη του ανοίγματος στον νότιο τοίχο όπου είναι εμφανής διαγώνια ρωγμή στην κάτω πλευρά του (αριστερά) και εσωτερική άποψη του βόρειου κλίτους (δεξιά) όπου είναι εμφανής κατά μήκος ρηγμάτωση στο θόλο στο παλαιότερο τμήμα και στο τμήμα της υπερύψωσης της προσθήκης.



ΕΙΚΟΝΑ 98. Κύριες ρηγματώσεις στην ΝΔ γωνία της εκκλησίας της Κεράς, εσωτερική και εξωτερική άποψη. Από την συγκριτική παρατήρηση των εικόνων αυτών είναι εμφανές ότι πολλές από τις σημαντικότερες ρωγμές του νότιου τοίχου είναι διαμπερείς.

Όμοιο μηχανισμό τοπικής αστοχίας με τον ναό του Αρχαγγέλου, παρατηρούμε και στην εκκλησία της Κεράς, με ρηγμάτωση επάνω από το θύρωμα του πλευρικού τοίχου στην ίδια περιοχή σε επίπεδο κάτοψης [εικ. 93 και 99] στην ρηγμάτωση του τόξου των πεσσών που ενώνει τα δυο κλίτη στο σημείο της πάκτωσης του σφενδονίου, καθώς και στην μετακίνηση της κλείδας του σφενδονίου στο σημείο υπερύψωσης του θόλου της προσθήκης, με την διαφορά ότι εδώ αποκολλήθηκε σε στρέψη με τα εφραπτόμενα και όχι σε ολίσθηση προς τα ανατολικά.



ΕΙΚΟΝΑ 99. Βόρειο κλίτος της εκκλησίας της Κεράς, (αριστερά) όπου φαίνεται η ίδια ρηγμάτωση επάνω από το θύρωμα της βόρειας πλευράς (συγκρ. Με εικ. 93) και ρηγμάτωση του μεσαίου τόξου επικοινωνίας των δυο κλιτών (δεξιά) στο σημείο ένταξης στην κυρίως λιθοδομή της βάσης εδράσεως του σφενδονίου (συγκρ. Με εικ. 93)



ΕΙΚΟΝΑ 100. Βόρειο κλίτος του ναού της Κεράς, άποψη προς τα δυτικά στην περιοχή συναρμογής του αρχικού κλίτους με την προσθήκη κατά μήκος και την διαφοροποίηση καθ ύψος των δυο κλιτών όπου φαίνεται η ρηγμάτωση και η τοπική αστοχία μεταξύ των λίθων του σφενδονίου.

ΔΥΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ

Στον δυτικό τοίχο του ναού του Αγ. Αντωνίου, υπάρχει μια ελαφρώς λοξή ρωγμή που διατρέχει όλο το ύψος του τοίχου, διακοπτόμενο στο θύρωμα και συνεχιζόμενο στην άλλη πλευρά του (εικ. 101). Όμοια διαμπερή ρωγμή στα αντίστοιχα σημεία συναντάμε, όπως προαναφέρθηκε, παρά τον διαφορετικό προσανατολισμό μεταξύ τους, στον ναό του Αρχαγγέλου και της Κεράς (εικ. 98, 95). Οι ρωγμές αυτές θα πρέπει να οφείλονται σε σεισμική φόρτιση και υπαγορεύουν ότι και οι τρεις κατασκευές λειτούργησαν με ανάλογο τρόπο λόγω της γεωμετρίας τους. Η ρωγμές διατρέχουν διαγώνια τα ανοίγματα (κυκλικό παράθυρο και θύρωμα) που τείνουν να είναι πιο ευάλωτα, ενώ μας πληροφορούν ταυτόχρονα για την καλή σύνδεση του νότιου και του δυτικού τοίχου με σταθερή συναρμογή των γωνιόλιθων που δεν επέτρεψαν να αποκολληθούν μεταξύ τους κατά την ταλάντωση του ναού και η ώθηση αυτή παραλήφθηκε από τον δυτικό τοίχο εμφανίζοντας τις ρωγμές αυτές.



ΕΙΚΟΝΑ 101. Δυτική όψη της εκκλησίας του Αγ. Αντωνίου (αριστερά) όπου απεικονίζονται με διαφορετικό χρώμα δυο διαφορετικές φάσεις κατάρρευσης του δυτικού τοίχου σύμφωνα με την φωτογραφία του Gerola (εικ. 56) όπου στις αρχές του αιώνα διασώζεται ακόμη ο δυτικός τοίχος του νότιου κλίτους του ναού, στο ακέραιο. Το τμήμα της όψης που διακρίνεται με λευκό χρώμα είναι η υφιστάμενη κατάσταση διατήρησης του δυτικού τοίχου.

Ο δυτικός τοίχος του ναού του Αγ. Αντωνίου πιθανότατα κατέρρευσε σε έναν εκ των δυο ισχυρότερων του 20^{ου} αιώνα, που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, το 1935 ή 1952. Οι έντονες φθορές του που παρατηρούνται στην φωτογραφία του Gerola οδήγησαν σε κατάρρευση ολόκληρο το τμήμα που βρισκόταν βορειότερα μιας μεγάλης διαμπερούς ρωγμής πλησίον της νοτιοδυτικής γωνίας του ναού, καθ' όλο το μήκος της σύμφωνα με το παραπάνω σχέδιο (εικ 101). Η ρωγμή αυτή αποτελεί σήμερα και το περίγραμμα καθ' ύψος του δυτικού τοίχου, ο οποίος δεν έχει υποστεί έκτοτε αξιοσημείωτες φθορές που να επηρεάζουν την στατική λειτουργία του. Στην

φωτογραφία του Gerola (εικ. 102) σημειώνεται με κόκκινο χρώμα το περίγραμμα του τοίχου όπως αυτός διατηρείται σήμερα. Στην ίδια φωτογραφία παρατηρούνται δυο πέτρινες αντηρίδες δομημένες εν ξηρώ, εξωτερικά του νότιου τοίχου καθώς και το πρανές το οποίο έχει ολισθήσει προς αυτόν ώστε να καλύπτει μεγάλο μέρος της βάσης του καθ' ύψος σχεδόν μέχρι τις ποδιές των παραθύρων, ενώ ολόκληρη η ΝΑ γωνία από την αντηρίδα και ανατολικότερα, καλύπτεται από χώμα (ύψους κατά προσέγγιση 3,5μ). Η παρέμβαση αυτή μάλλον «έσωσε» τον υφιστάμενο νότιο τοίχο από κατάρρευση καθώς οι αντηρίδες σε συνδυασμό με τις έντονες ωθήσεις του πρανούς με κατεύθυνση προς Β, λειτούργησαν ως αντίθετο ζεύγος δυνάμεων και ανέτρεψαν περαιτέρω παραμόρφωση του σε απόκλιση από την κατακόρυφο προς Νότο. Η απόκλιση αυτή είναι ιδιαίτερα έντονη σήμερα και προϋπήρχε πιθανότατα ήδη από την εποχή εκείνη σε κάποιο βαθμό καθώς ολόκληρη η θολοδομία του ναού είχε καταρρεύσει και συνεπώς οι τοίχοι λειτουργούσαν ανεξάρτητα πλέον ως αυτοφερόμενα στοιχεία, χωρίς πρόσθετες πλευρικές ωθήσεις.

Εξαιρετικά ενδιαφέρον στοιχείο που προκύπτει από την ίδια εικόνα (εικ. 102) είναι πως ο νότιος τοίχος σήμερα παρουσιάζει την ίδια ακριβώς παθολογία από πλευράς ρηγματώσεων που παρουσίαζε και στην εποχή που φωτογραφήθηκε από τον Gerola. Οι λοξές ρωγμές και οι τοπικές αποκολλήσεις των λίθων των ανοιγμάτων δεν διαφοροποιούνται στην διάρκεια ενός αιώνα που μεσολάβησε. Η παρατήρηση αυτή μας οδηγεί στην σκέψη πως κατά τους σεισμούς του 20^{ου} αιώνα ο νότιος τοίχος του ναού λειτούργησε ανεξάρτητα από το υπόλοιπο οικοδόμημα, πλέον όχι ως μόνο αυτοφερόμενο δομικό στοιχείο αλλά ως τοίχος αντιστήριξης του εδραζόμενου σε αυτόν πρανούς.



ΕΙΚΟΝΑ 102. Η φωτογραφία του Gerola στις αρχές του 20^{ου} αι. (εικ. 56) Όπου σημειώνονται με κόκκινο χρώμα οι δυο βασικές ρηγματώσεις που οδήγησαν στην σταδιακή κατάρρευση του δυτικού τοίχου σε δυο στάδια

ΝΟΤΙΟΣ ΤΟΙΧΟΣ

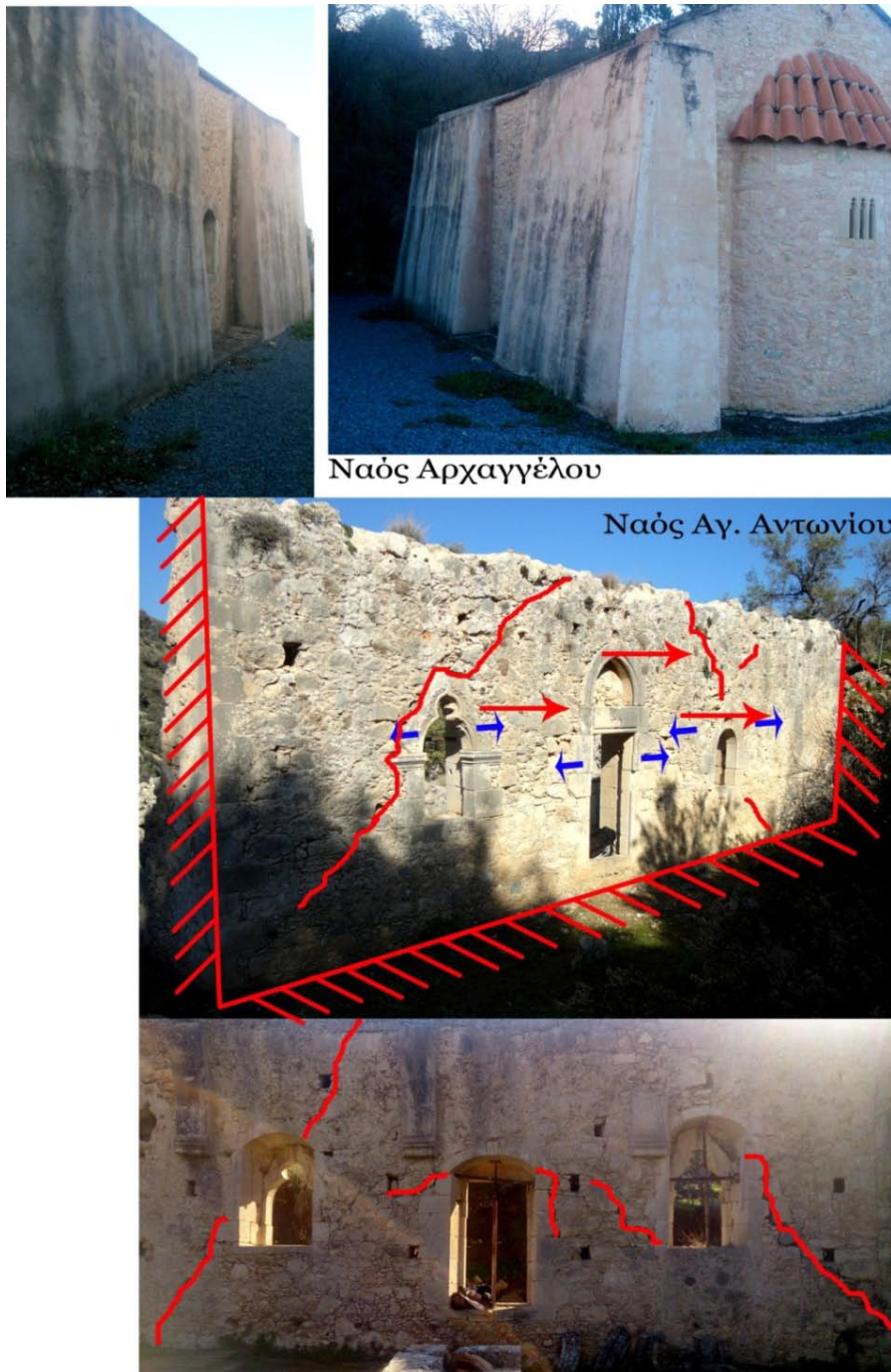
Η πλευρά του νότιου τοίχου στις τρεις εκκλησίες διαφέρει κατά το εμβαδόν των ανοιγμάτων. Στον ναό του Αρχαγγέλου φέρει μόνο ένα μικρών διαστάσεων παράθυρο όμοιας γεωμετρίας με την εκκλησία της Κεράς. Η τελευταία φέρει δυο ανοίγματα μικρών διαστάσεων σε χαμηλή στάθμη συγκριτικά με το συνολικό ύψος της όψης. Αντίθετα με τις δυο προηγούμενες ο ναός του Αγ. Αντωνίου φέρει τρία ανοίγματα μεγάλων διαστάσεων που παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

Στον ναό του Μιχαήλ Αρχαγγέλου έχουν γίνει επισκευές εξωτερικά, αρμολόγημα και ανακεράμωση. Η πιο δραστική εξ αυτών των επεμβάσεων είναι η προσθήκη τοιχίων από οπλισμένο σκυρόδεμα υπό μορφή αντηρίδων, περιμετρικά του ναού προκειμένου να εξασφαλισθεί η συνοχή στις γωνίες συναρμογής των τοίχων ώστε να αποφευχθούν περεταίρω παραμορφώσεις των δομικών στοιχείων που θα μπορούσαν να είναι καταστροφικές για το σύνολο του ναού. Στον εσωτερικό χώρο του ναού παρατηρούνται μεγάλες κατά μήκος ρωγμές και στους δυο θόλους με τάση για αποδιοργάνωση της θολοδομίας τους στην κορυφή. Κάτι τέτοιο μπορεί να σχετίζεται άμεσα με αποκλίσεις από την κατακόρυφο των φερόντων τοίχων (βόρειος και νότιος) και συνεπώς να δικαιολογεί την ανάγκη για ενίσχυση στις τέσσερις γωνίες του κτίσματος. Με τον τρόπο κατά τον οποίο έχουν τοποθετηθεί οι αντηρίδες καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος των περιμετρικών όψεων, ενώ ειδικότερα στον νότιο τοίχο, το σύνολό του σχεδόν πλην ενός μέτρου περίπου όπου υφίσταται μικρό οξυκόρυφο παράθυρο(εικ. 103). Στον εσωτερικό χώρο του ναού, ο οποίος δεν έχει επισκευασθεί, στον νότιο τοίχο, δεν παρατηρούνται ρωγμές τόσο επικίνδυνες που να υπαγορεύουν ενίσχυση σε τέτοια έκταση. Πέραν του αισθητικού αποτελέσματος όπως αναφέρθηκε, η προσθήκη σκυροδέματος καθ' όλο το ύψος του ναού σε αυτήν την έκταση, χρήζει διερεύνησης μέσω στατικών υπολογισμών πώς η νεότερη προσθήκη ενός άκαμπτου υλικού συνεργάζεται με την υφιστάμενη λιθοδομή. Εάν επαρκεί για να παραλάβει ασφαλώς μια νέα δυναμική φόρτιση, εάν θα μπορούσε να έχει μικρότερη έκταση ή και αν ελλοχεύει ο κίνδυνος να «χτυπήσει» την κατασκευή στα σημεία που δεν έχουν ενισχυθεί και θα λειτουργήσουν ανεξάρτητα, δημιουργώντας νέες αστοχίες του συνολικού μεικτού φορέα πλέον.

Στον νότιο τοίχο του ναού της Κεράς (εικ. 98) παρατηρούνται ρωγμές μικρού εύρους αλλά μεγάλου μήκους, οι περισσότερες εκ των οποίων ξεκινούν απ τον θόλο. Πάνω από την στάθμη γενέσεως του θόλου και χαμηλότερα από το ανώτατο όριο του νότιου τοίχου παρατηρούνται οριζόντιες ρωγμές οι οποίες συνδυάζονται με πολύ έντονα φαινόμενα κατερχόμενης υγρασίας και τοπική ανάπτυξη βλάστησης. Στο κατώτερο τμήμα του τοίχου χαμηλότερα απ την ποδιά του παραθύρου δίπλα στο ιερό έχει αναπτυχθεί κορμός φυτού δημιουργώντας βλάβες στην λιθοδομή και τα επιχρίσματα. Στην ΝΔ γωνία παρατηρούνται κάποιες λοξές ρωγμές που μπορεί να οφείλονται είτε σε σεισμική δράση είτε και σε τοπική καθίζηση της γωνίας αυτής.

Ο νότιος τοίχος του ναού του Αγ. Αντωνίου σώζεται σήμερα στο ακέραιο και σε καλή κατάσταση σε σχέση με τους υπόλοιπους τρεις περιμετρικούς τοίχους. Παρόλα' αυτά φέρει αρκετές βλάβες στην λιθοδομή του, τόσο σε επίπεδο ρηγματώσεων, όσο και σε επίπεδο υγρασίας, βλάστησης, αποσάθρωσης του συνδετικού κονιάματος, κακή

κατάσταση των επιχρισμάτων του κλπ. Ο νότιος τοίχος του ναού φέρει λοξές ρωγμές στο μεσαίο τμήμα, πιθανόν οφειλόμενες σε διαφορετικές καθιζήσεις λόγω ανομοιομορφίας του εδάφους θεμελίωσης ή εντός επιπέδου σεισμική φόρτιση ενώ δεν αποκλείεται και ο συνδυασμός τους. Ύστερα από προσεκτική επιτόπια παρατήρηση του ναού αυτού, μέσω των μετατοπίσεων των λαξευτών λίθων διαμόρφωσης των ανοιγμάτων και την τοπική αποκόλληση τμήματος αυτών (μεσαίο άνοιγμα), διακρίνουμε δυναμική φόρτιση εντός και εκτός επιπέδου όπου καθώς διατηρήθηκαν ανέπαφες οι ΝΔ και ΝΑ γωνία, εκτιμάται ότι οι ωθήσεις μεταφέρθηκαν στο κεντρικό τμήμα του τοίχου(εικ. 103).



ΕΙΚΟΝΑ 103. Εξωτερική άποψη του νότιου τοίχου στον ναό του Μιχαήλ Αρχαγγέλου (πάνω) και του Αγ. Αντωνίου (κάτω) Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται οι κυριότερες ρηγματώσεις και με κόκκινα βέλη οι εκτός επιπέδου φόρτιση ενώ με μπλέ βέλη οι εντός επιπέδου φορτίσεις για τον ναό του Αγ Αντωνίου.

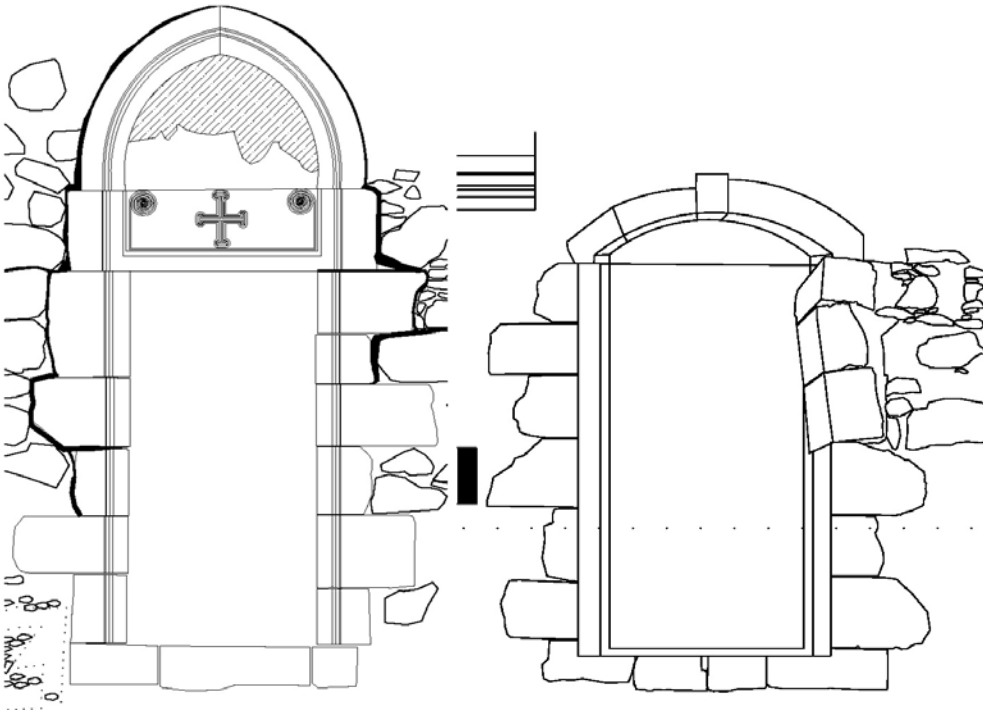
Κατά μήκος του νότιου τοίχου του Αγ. Αντωνίου υπάρχουν συμμετρικά τοποθετημένα τρία ανοίγματα: δυο περίτεχνα διακοσμημένα παράθυρα και ένα μεγαλύτερο άνοιγμα στην μέση, το οποίο πιθανόν να αποτελούσε λόγω των διαστάσεων του και της απόστασής του από το υφιστάμενο δάπεδο, την πλαϊνή θύρα του ναού (εικ. 104-106). Η νότια είσοδος σε σχέση με το υφιστάμενο δάπεδο εσωτερικά του ναού, ήταν υπερυψωμένη τουλάχιστον κατά 0,50μ. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε ν' αποτελεί ένδειξη ύπαρξης ξύλινων βαθμίδων. Στην εσωτερική πλευρά της πλαϊνής εισόδου διακρίνονται αρκετές μικρές τετράγωνες οπές καθ' ύψος οι οποίες πιθανόν χρησίμευαν στον ξυλότυπο που χρησιμοποιήθηκε κατά την φάση της κατασκευής. Τα ανοίγματα αυτά των δοκών στήριξης του ξυλοτύπου των παραθύρων είναι 7*7εκ. Τα ανοίγματα που υπάρχουν στον νότιο τοίχο μετρήθηκαν, αποτυπώθηκαν και σχεδιάστηκαν με βάση την υφιστάμενη κατάσταση τους(εικ. 104-105).



ΕΙΚΟΝΑ 104. Εξωτερική και εσωτερική άποψη του μεσαίου ανοίγματος στον νότιο τοίχο του Αγ. Αντωνίου

Η πλαϊνή θύρα του ναού που βρίσκεται στον νότιο τοίχο του Αγ. Αντωνίου παρουσιάζει σήμερα εμφανή στατικά προβλήματα που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης, καθώς η ενδεχόμενη κατάρρευση της θα είχε ως άμεσο επακόλουθο την πλήρη καταστροφή όλου του μεσαίου τμήματος του νότιου τοίχου που οριοθετείται σήμερα από δυο μεγάλες λοξές διαμπερείς ρωγμές, όπως φαίνεται στα σχέδια της αποτύπωσης της παθολογίας που ακολουθούν. Όπως και στα υπόλοιπα ανοίγματα του νότιου τοίχου, έτσι και στην πλαϊνή είσοδο, έχουν αποκολληθεί από την κυρίως λιθοδομή τρεις λίθοι από αυτούς που διαμορφώνουν το περίγραμμά της εσωτερικά, με τρόπο τέτοιο ώστε να

μαρτυρούν ότι καταπονήθηκαν με μια οριζόντια δύναμη με κατεύθυνση προς τα ανατολικά (εικ. 105-106). Τέτοια δύναμη μπορεί να προκλήθηκε μόνο από κάποια σεισμική φόρτιση, που είναι ένα ιδιαίτερα συχνό φαινόμενο στην περιοχή.



ΕΙΚΟΝΑ 105. Εξωτερική και εσωτερική όψη του μεσαίου ανοίγματος στον νότιο τοίχο του Αγ Αντωνίου



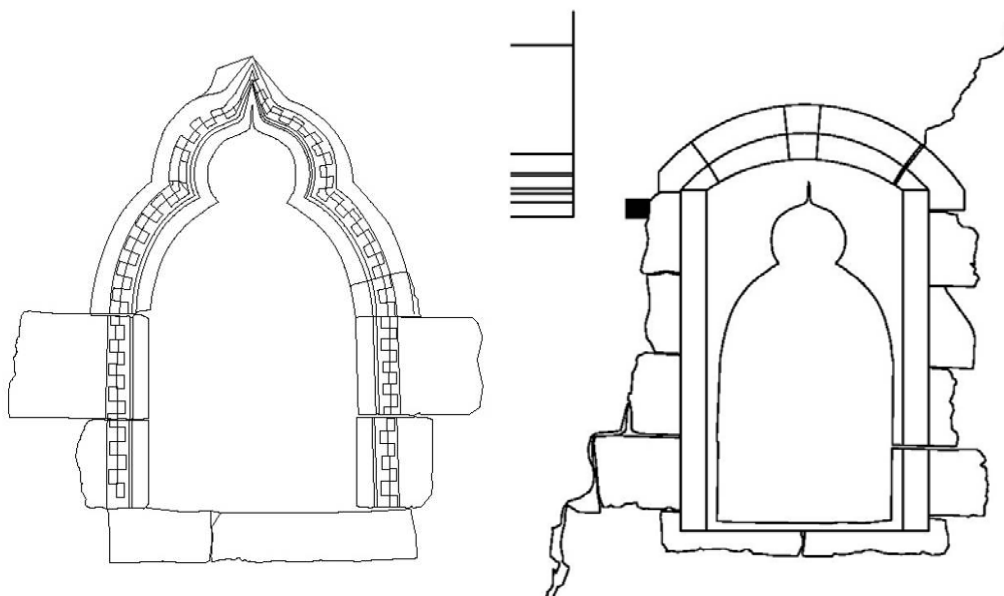
ΕΙΚΟΝΑ 106. Εξωτερική και εσωτερική άποψη του μεσαίου ανοίγματος στον νότιο τοίχο του Αγ Αντωνίου όπου σημειώνονται με κόκκινα βέλη οι κύριες ωθήσεις που οδήγησαν σε τοπικές αποδιοργανώσεις μεταξύ των λίθων που το διαμορφώνουν, βασιζόμενες σε δυνάμεις τριβής και ολίσθησης.

ΠΑΡΑΘΥΡΑ

Το πρώτο παράθυρο του νότιου τοίχου βρίσκεται σήμερα σε καλή κατάσταση (εικ. 107). Στην εσωτερική πλευρά του ναού βλέπουμε μια διαγώνια ρωγμή μεγάλου εύρους να το διαπερνά όμως παρά το γεγονός αυτό διατηρεί την συνοχή της λιθοδομής του (εικ. 107-108). Στην εσωτερική πλευρά του διαπιστώνουμε τάση αποκόλλησης τριών λίθων προς ανατολάς η οποία θα πρέπει να προκλήθηκε από σεισμική φόρτιση. Παρακάτω ακολουθούν φωτογραφίες από την εσωτερική και την εξωτερική άποψη του, λεπτομέρειες της λίθινης διακόσμησης του με πλαίσιο οδοντωτής ταινίας καθώς και σχέδια από την κάτοψη και την εσωτερική και εξωτερική άποψη (εικ. 107-108). Σύμφωνα με την ιστορική αναδρομή του προηγούμενου κεφαλαίου η τυπολογία του ανοίγματος αυτού με βάση την καταγραφή του Ruskin ανήκει στην κατηγορία 4d (εικ. 77).



ΕΙΚΟΝΑ 107. Εξωτερική και εσωτερική άποψη και κάτοψη του ανατολικού ανοίγματος στον νότιο τοίχο του Αγ Αντωνίου

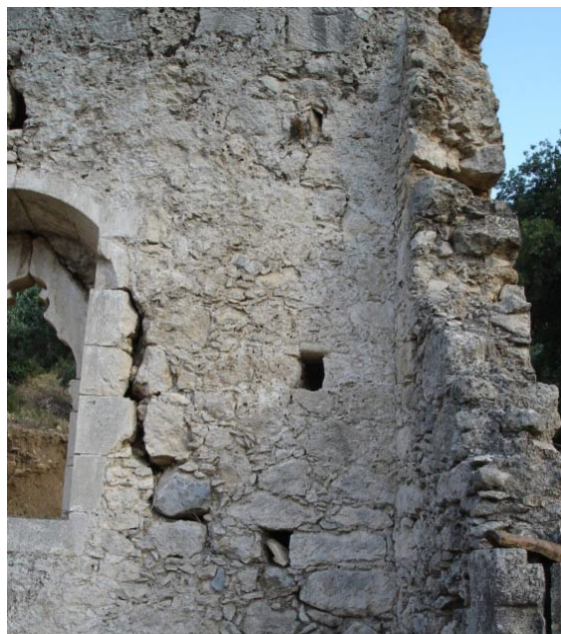


ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25

ΕΙΚΟΝΑ 108. Εξωτερική και εσωτερική όψη του ανατολικού ανοίγματος στον νότιο τοίχο του Αγ Αντωνίου

Το δεύτερο παράθυρο του ίδιου τοίχου (εικ. 111), όπως και το πρώτο (εικ.107), σώζεται σήμερα σε καλή κατάσταση. Οι λαξευμένοι λίθοι που το συνθέτουν παραμένουν όλοι στην αρχική τους θέση και δεν παρουσιάζουν χαλάρωση των συνδέσμων μεταξύ τους, πλην ενός στην βάση του. Εσωτερικά του ναού το διατρέχει μια διαγώνια ρωγμή μεγάλου εύρους, αντίθετης φοράς από εκείνη του πρώτου παραθύρου η οποία δεν επηρεάζει την ίδια την δομή του παραθύρου αλλά την σύνδεσή του με την υπόλοιπη λιθοδομή του νότιου τοίχου. Συνεπώς το παράθυρο αυτό διατηρεί πλήρως την αρχική δομή του χωρίς καταστροφές, και παραμορφώσεις. Εξαιτίας όμως της μεγάλης διαγώνιας διαμπερούς ρωγμής του νότιου τοίχου που σε κάποιο σημείο φτάνει και τα 10εκ και 12εκ στο ύψος του παραθύρου, παρουσιάζει τοπικά αποκόλληση από την υπόλοιπη λιθοδομή και ελαφριά μετατόπισή του προς τα έξω (προς νότο)(εικ.110).

Όσον αφορά στην γλυπτική διακόσμηση του παραθύρου είναι και αυτή ιδιαίτερα περίτεχνη όπως και του ανατολικού παραθύρου, μόνο που εδώ είναι ελαφρώς πιο περίπλοκη [σελ. 60 μορφολογία τόξων]. Σύμφωνα με την ιστορική αναδρομή του προηγούμενου κεφαλαίου η τυπολογία του ανοίγματος αυτού με βάση την καταγραφή του Ruskin ανήκει στην κατηγορία 5 (εικ. 77). Στο δεύτερο παράθυρο παρατηρούμε την χαρακτηριστική οξυκόρυφη καμπύλη διακοσμημένη με την περιμετρική οδοντωτή ταινία που παρατηρείται σε πολλούς, ναούς της ίδιας εποχής σε ολόκληρη την Κρήτη και επιπλέον εσωτερική γλυπτική διαμόρφωση



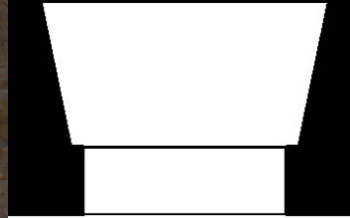
ΕΙΚΟΝΑ 109. Εσωτερική άποψη του δυτικού ανοίγματος στον νότιο τοίχο του Αγ Αντωνίου όπου φαίνεται η κυριότερη λοξή διαμπερής ρωγμή στο άκρο του παραθύρου.

στο εσωρράχιο με φυτικά και γεωμετρικά μοτίβα. Επιπλέον σε αντίθεση με το πρώτο παράθυρο, εδώ υπάρχει μια ιδιαίτερα διακοσμημένη βάση πάνω στην οποία στηρίζονται οι δυο λίθοι που διαμορφώνουν το ανώφλι του παραθύρου και κάτω από την βάση αυτή σταματάει η γλυπτική καμπύλη διακόσμηση των λίθων οι οποίοι πλέον είναι λαξευμένοι σε απλούς γωνιόλιθους (εικ. 110-111).

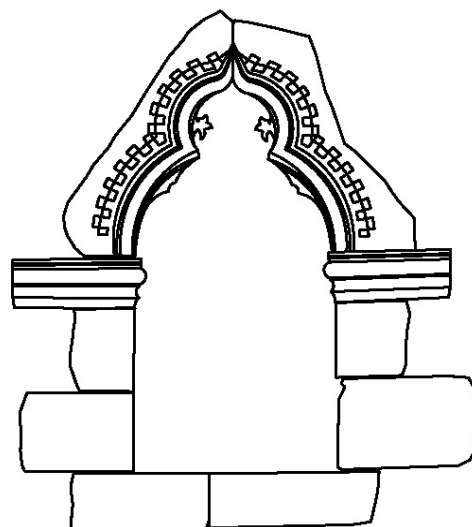
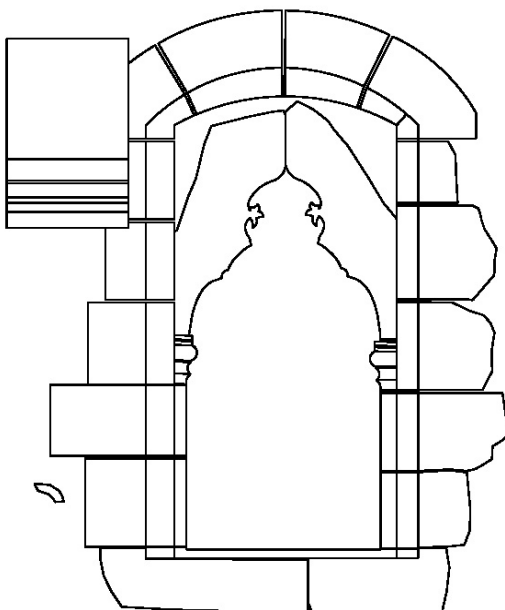
Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι και τα τρία ανοίγματα του νότιου τοίχου που περιγράφηκαν παρουσιάζουν μια κλίση προς τ' ανατολικά όσον αφορά την αποκόλλησή τους από την κυρίως λιθοδομή του τοίχου, σαν να έχουν δεχτεί μια ώθηση προς την κατεύθυνση αυτή και έχουν όλα παρόμοιες ρωγμές με αυτή την διεύθυνση που κατά πάσα πιθανότητα προέρχονται από σεισμική δόνηση. Είναι σημαντικό ακόμη να αναφερθεί πως και στα τρία ανοίγματα του νότιου τοίχου η στέγη τους είναι σε ύψος τέτοιο, ώστε να παραλαμβάνει ήδη μια μικρή κλίση [καμπυλότητα] της στέγης εφόσον βρίσκονται πάνω από την βάση έδρασης του σφενδονίου η οποία ταυτίζεται με την αρχή καμπυλότητας της στέγης. Η καμπυλότητα αυτή υπό κανονικές συνθήκες διαμορφώνεται από το πάχος της λιθοδομής που συνθέτει τον θόλο, όμως στις θέσεις των ανοιγμάτων η λαξευτή λιθοδομή παραλαμβάνει και την καμπυλότητα του θόλου, τροποποιώντας ελαφρώς την γεωμετρία των λίθων τοπικά κατά το ανάλογο ύψος.



ΕΙΚΟΝΑ 110. Εξωτερική άποψη του δυτικού ανοίγματος στον νότιο τοίχο του Αγ Αντωνίου όπου σημειώνεται με κόκκινο βέλος η κύρια διαμπερης ρωγμή και η τοπική αποκόλληση του ενός λίθου που αποτελεί το ανώφλι εξωτερικά του ανοίγματος αυτού από την κυρίως αργολιθοδομή.



ΚΑΙΜΑΚΑ 1:25



ΚΑΙΜΑΚΑ 1:25

ΕΙΚΟΝΑ 111. Εξωτερική και εξωτερική άποψη και κάτοψη του δυτικού ανοίγματος στον νότιο τοίχο του Αγ Αντωνίου

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας δεν εξετάζεται αναλυτικά η παθολογία του βόρειου και του ανατολικού τοίχου για τους τρεις ναούς καθώς για τον ναό του Αγ. Αντωνίου δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τις ωθήσεις που οδήγησαν στην κατάρρευση του, από την στιγμή που δεν διατηρείται η τοιχοποιία στο μεγαλύτερο μέρος της. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό θα πρέπει να δοθεί μέσα από δοκιμές στα υπολογιστικά μοντέλα, εφόσον μέσα από τα αποτελέσματα που προκύπτουν καταστεί εφικτό να ταυτιστούν πλήρως με την καταγραφόμενη παθολογία, ώστε να μπορέσουν να προσδιοριστούν και να αιτιολογηθούν με αριθμητικά πλέον δεδομένα τα πλέον ευπαθή σημεία της κατασκευής και οι αναμενόμενες περιοχές αστοχίας.



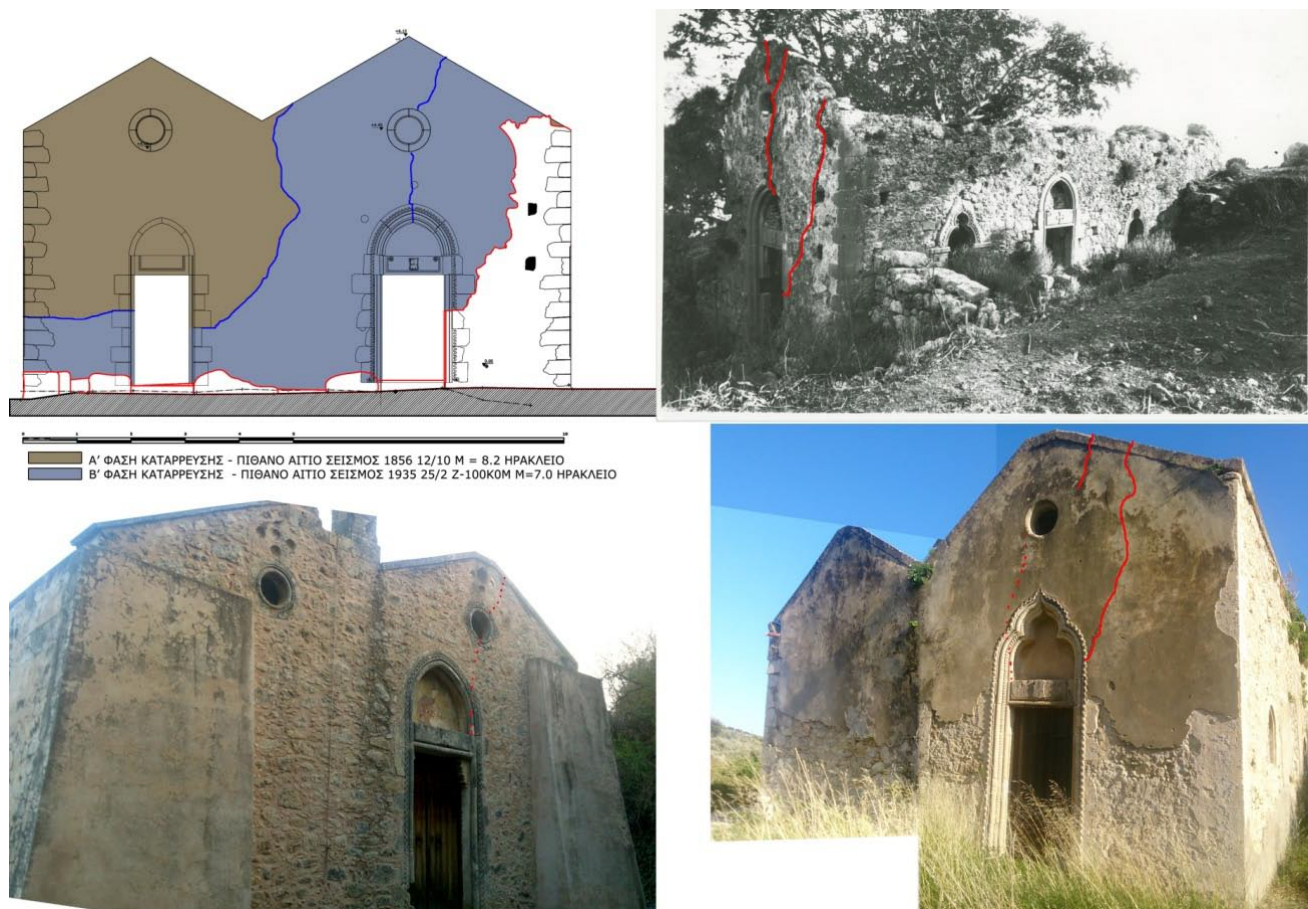
ΕΙΚΟΝΑ 112 . Εσωτερική άποψη του ναού του Αγ. Αντωνίου. Αριστερά λεπτομέρεια από τον μεσαίο πεσσό και δεξιά το διατηρούμενο τμήμα του ανατολικού τοίχου στο νότιο κλίτος.



ΕΙΚΟΝΑ 113. Εσωτερική άποψη από βορρά του νότιου τοίχου του Αγ Αντωνίου και των δυο πεσσών

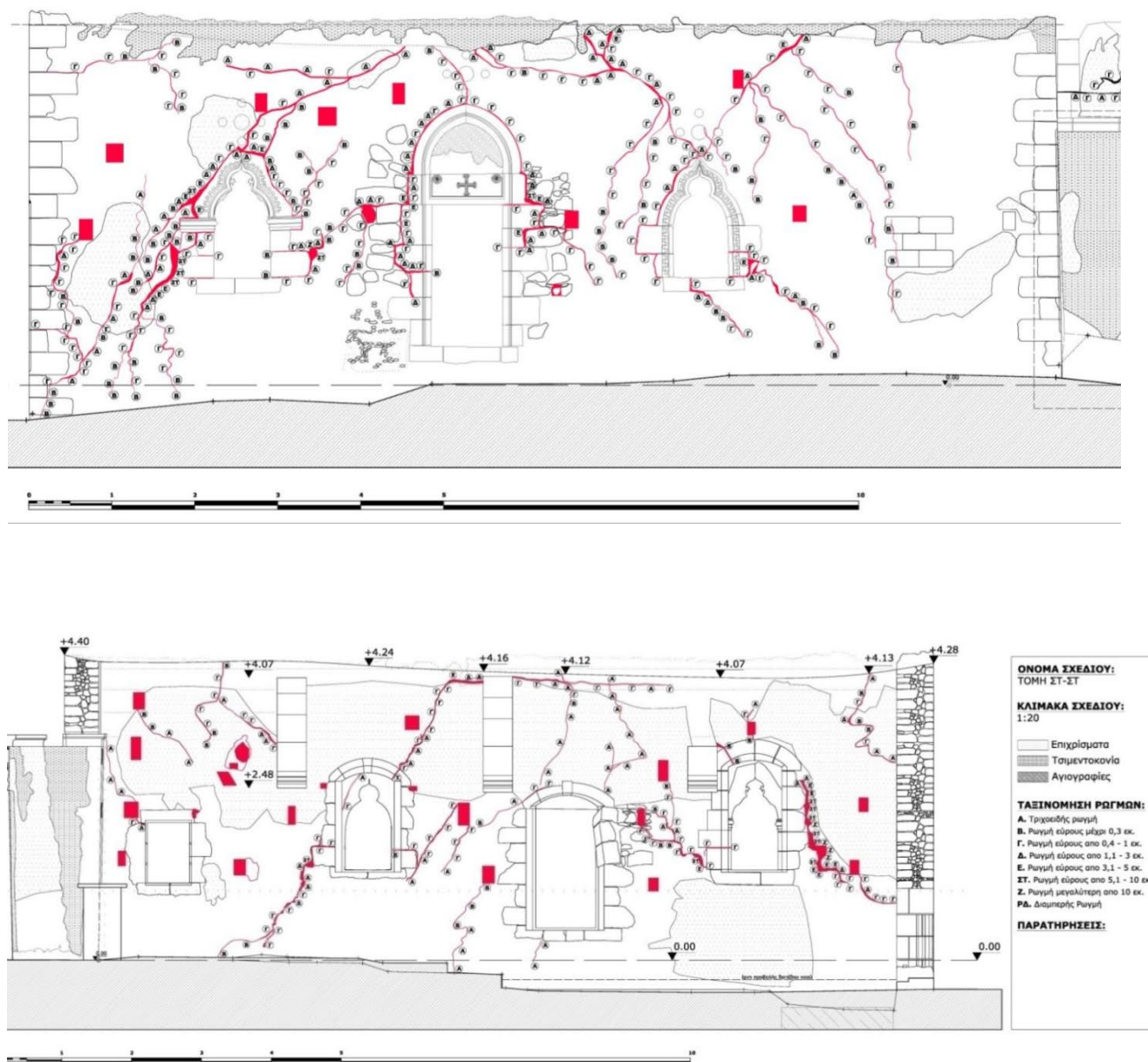
Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, οι σοβαρότερες βλάβες που παρατηρήθηκαν στους τρεις υπό μελέτη ναούς, οφείλονται σε αλληπάλληλες σεισμικές δράσεις με ωθήσεις εντός και εκτός επιπέδου για τους φέροντες τοίχους κάθε ναού, οι οποίοι παρουσιάζουν μεγαλύτερες

βλάβες στα πλαίσια των ανοιγμάτων και τις περσοστοιχίες. Τα τμήματα αυτά είναι διαμορφωμένα από λαξευτούς λίθους οι οποίοι είναι δομημένοι μεταξύ τους εν ξηρώ και συνεπώς δεν έχουν καμία αντοχή σε ανάληψη εφελκυστικών τάσεων και διάτμησης γι αυτό και παρουσιάζουν τοπικές αποδιοργανώσεις, εξακολουθώντας όμως στην παρούσα κατάσταση, να μεταφέρουν επαρκώς τα φορτία στην υπόλοιπη λιθοδομή. Το πρώτο σημείο που φαίνεται να υποφέρει στις κατασκευές αυτές είναι ο θόλος του ναού που παρατηρείται και στους δυο διατηρούμενους ναούς να χαλαρώνει σταδιακά από την κορυφή του. Οι σεισμικές δονήσεις που παρέλαβαν οι φέροντες τοίχοι εκτός επιπέδου έχουν δημιουργήσει και στους τρεις ναούς αποκλίσεις από την κατακόρυφο, ενώ το ίδιο παρατηρείται σε μικρότερη κλίμακα και στις κόγχες των ιερών. Ένας πρόσθετος επιβαρυντικός παράγοντας για τις εκκλησίες του Αγ. Αντωνίου και της Κεράς ενδέχεται να είναι το μαλακό υπέδαφος λόγω ύπαρξης υπογείων υδάτων, όπου στον πρώτο έχει προκαλέσει ενδεχομένως καθίζηση του μεσαίου τμήματος του νότιου τοίχου, ενώ στην Κερά ρωγμές πιθανής καθίζησης στην ΝΔ γωνία. Φαινόμενα υγρασίας ανερχόμενης και κατερχόμενης παρατηρούνται σε πολλά σημεία των ναών δεν φαίνεται όμως να ευθύνονται για βλάβες στον στατικό φορέα, αποτελώντας περισσότερο αποτέλεσμα και όχι αίτιο ανάλογων φαινομένων. Η παρουσία ρωγμών στους θόλους όμως μέσω της υγρασίας ενδέχεται να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στο μέλλον λόγω αποσάθρωσης των κονιαμάτων, ενώ ήδη αναπτύσσεται βλάστηση στις μεγαλύτερες εξ' αυτών με τους παρελκόμενους κινδύνους.

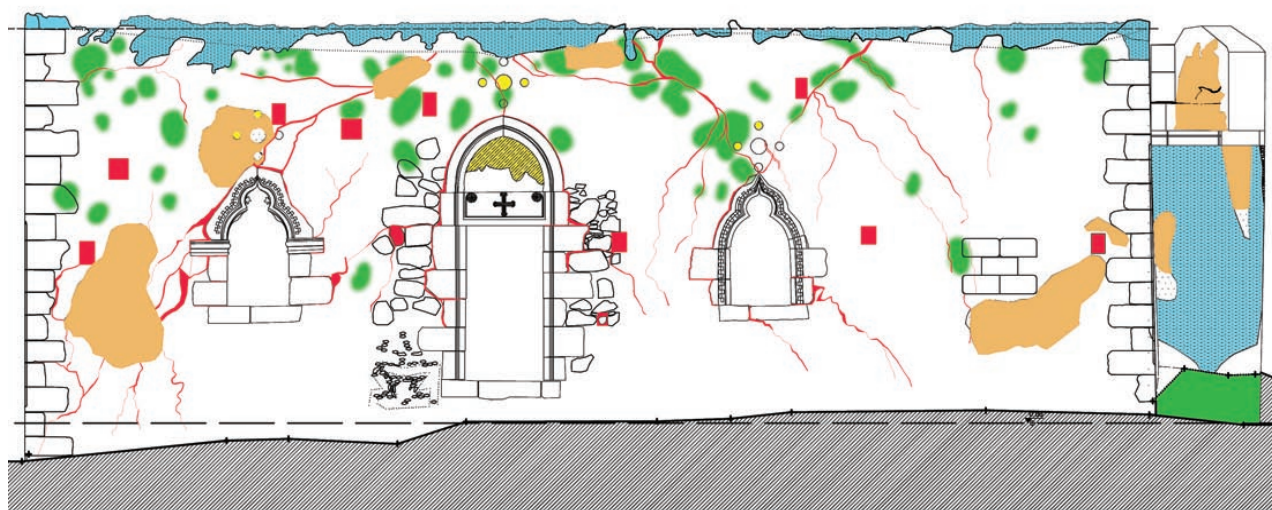


ΕΙΚΟΝΑ 114. Συγκριτική παρατήρηση του δυτικού τοίχου στους τρεις υπό μελέτη ναούς (ναός Αγ. Αντωνίου πάνω, ναός Αρχαγγέλου κάτω αριστερά και ναός της Κεράς στο Σάρχο κάτω δεξιά) όπου σημειώνονται με κόκκινο χρώμα οι κύριες ρηγματώσεις της δυτικής όψης που εκτείνονται κυρίως γύρω από το θύρωμα.

ΣΧΕΔΙΑ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΝΑΟΥ ΑΓ ΑΝΤΩΝΙΟΥ
(Μεσαριτάκη, 1999)



ΕΙΚΟΝΑ 115. Νότια όψη και κατά μήκος τομή του νοτιου κλίτους όπου απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα η κατηγοριοποίηση των ρηγματώσεων που παρουσιάζει ο νότιος τοίχος του Αγ Αντωνίου



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

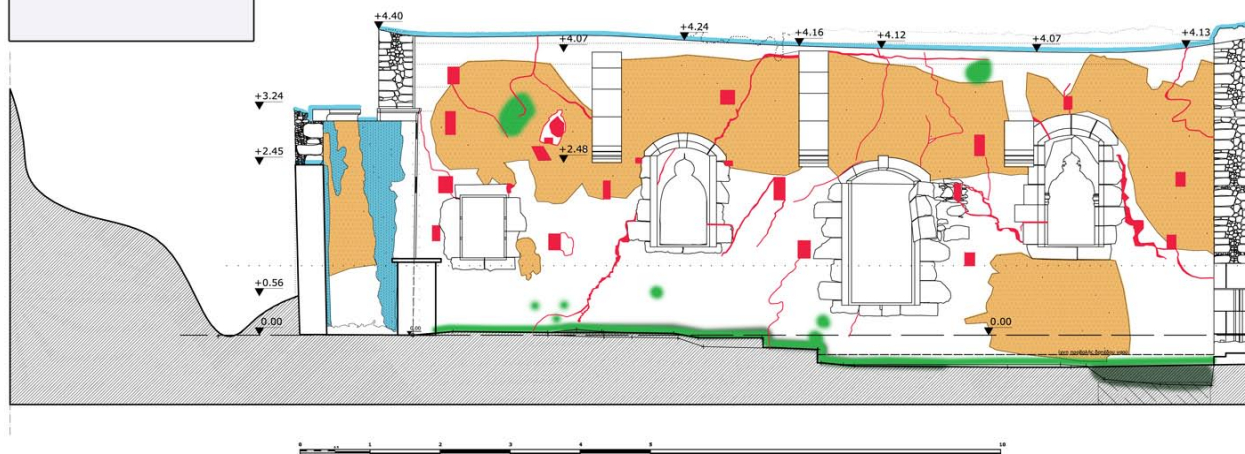
- Επιχρίσματα
- Τσιμεντοκονία
- Αγιογραφίες
- Βλάστηση
- Λεκέδες

ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΔΙΟΥ: 1:50

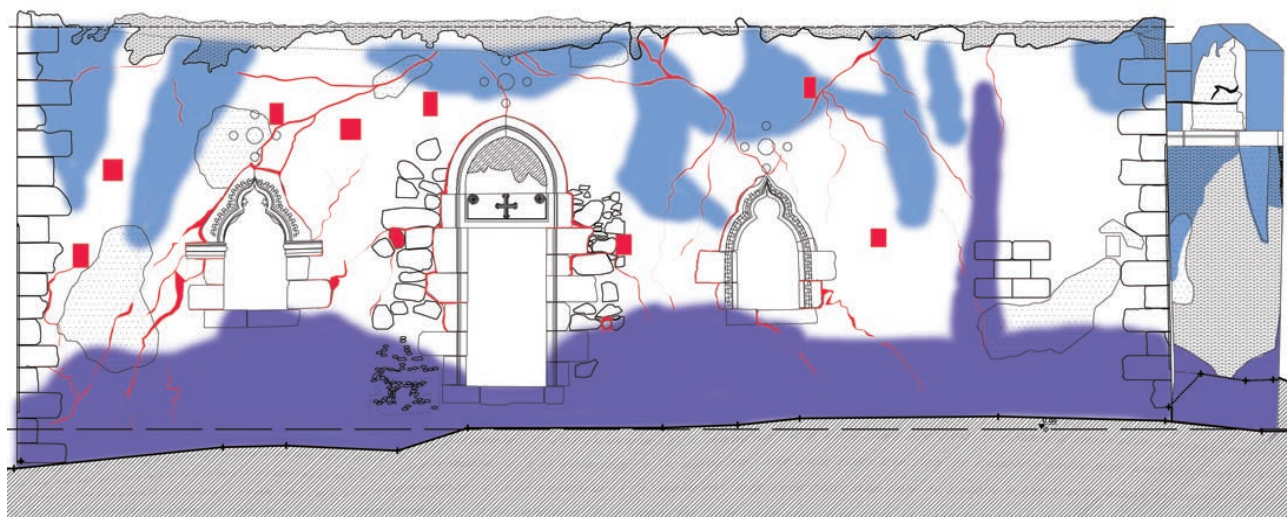
ΟΝΟΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:

Τομή ΣΤ - ΣΤ

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:



ΕΙΚΟΝΑ 116. Νότια όψη και κατά μήκος τομή του νοτιου κλίτους όπου απεικονίζεται με χρώμα η κατάσταση του επιχρίσματος, των επισκευαστικών κονιαμάτων και της βλάστησης που έχει αναπτυχθεί στον νότιο τοίχο του Αγ. Αντωνίου



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

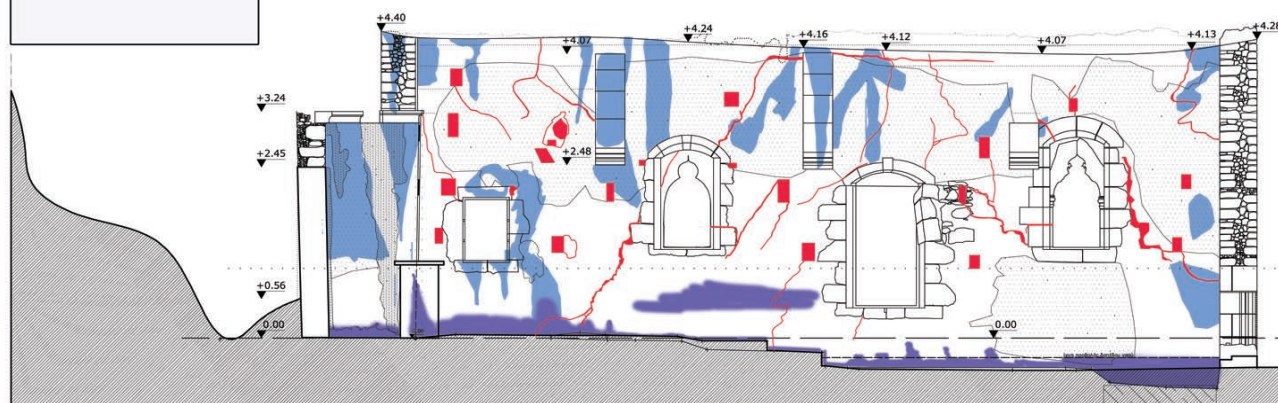
- Επιχρίσματα
- Τσιμεντοκονία
- Αγιογραφίες
- Ανερχόμενη Υγρασία
- Κατερχόμενη Υγρασία

ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΔΙΟΥ: 1:50

ΟΝΟΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:

Τομή ΣΤ - ΣΤ

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:



ΕΙΚΟΝΑ 117. Νότια όψη και κατά μήκος τομή του νοτιου κλίτους όπου απεικονίζεται με μπλέ χρώμα η ανερχόμενη και η κατερχόμενη υγρασία που παρουσιάζει ο νότιος τοίχος του Αγ. Αντωνίου. Ενδεικτικό είναι το κατακόρυφο ίχνος υγρασίας που καταγράφεται στην νότια όψη στο μέσον περίπου της απόστασης μεταξύ του ανατολικού παραθύρου και της ΝΑ γωνίας του τοίχου, στο σημείο που φαίνεται να προϋπήρχε η ενισχυτική αντιρρίδα κατά την εποχή όπου φωτογράφησε ο Gerola τον ναό (βλ. εικ. 56).



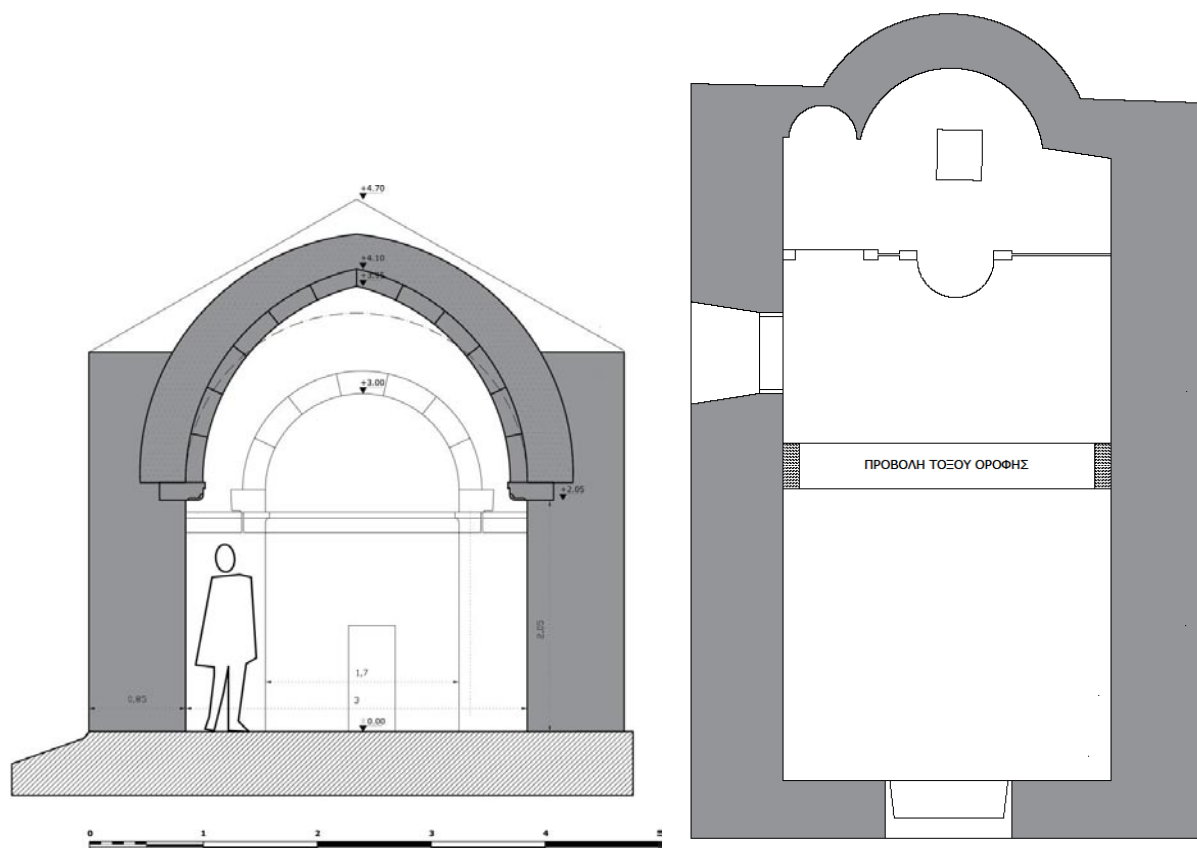
ΕΙΚΟΝΑ 118. Νότια όψη και κατά μήκος τομή του νοτιου κλίτους όπου απεικονίζεται με διαφορετικές χρωματικές διαβαθμίσεις η κατάσταση διατήρησης της λιθοδομής και των κονιαμάτων που παρουσιάζει ο νότιος τοίχος του Αγ Αντωνίου.

5. ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

1. ΜΟΝΟΧΩΡΟΣ ΝΑΟΣ

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο σχετικά με τα πολυάριθμα παραδείγματα μονόχωρων ναών στην κρητική ύπαιθρο, σχεδιάστηκε προς μελέτη, ως τυπικό δείγμα, ένας μονόχωρος δρομικός ναός στεγαζόμενος με οξυκόρυφο θόλο, ενισχυμένος με σφενδόνια στηριζόμενα σε δυο φουρούσια. Οι ακριβείς διαστάσεις του ναού, η διαμόρφωση της κόγχης και η γεωμετρία των ανοιγμάτων σχεδιάστηκαν σύμφωνα με την αποτύπωση του αρχικού κλίτους της εκκλησίας του Αγ. Αντωνίου στην τοποθεσία Πετάλι. [κάτοψη σελ.48] Οι εσωτερικές διαστάσεις του ναού είναι της αναλογίας 1:2 με την μικρότερη διάσταση ίση με 3μ. Το πάχος της φέρουσας λιθοδομής ορίζεται σε 0,85μ. ενώ των μετωπικών τοίχων 0,53μ. Το ύψος της φέρουσας τοιχοποιίας είναι 3,35μ. ενώ το συνολικό του κτίσματος ανέρχεται στο +4,70μ. Ο ναός φέρει δυο ανοίγματα που διαμορφώνονται από λαξευτή τοιχοποιία στην δυτική και βόρεια πλευρά του κτίσματος (εικ. 125-126).

Η κάτοψη και η κατά πλάτος τομή του κτίσματος είναι της μορφής:

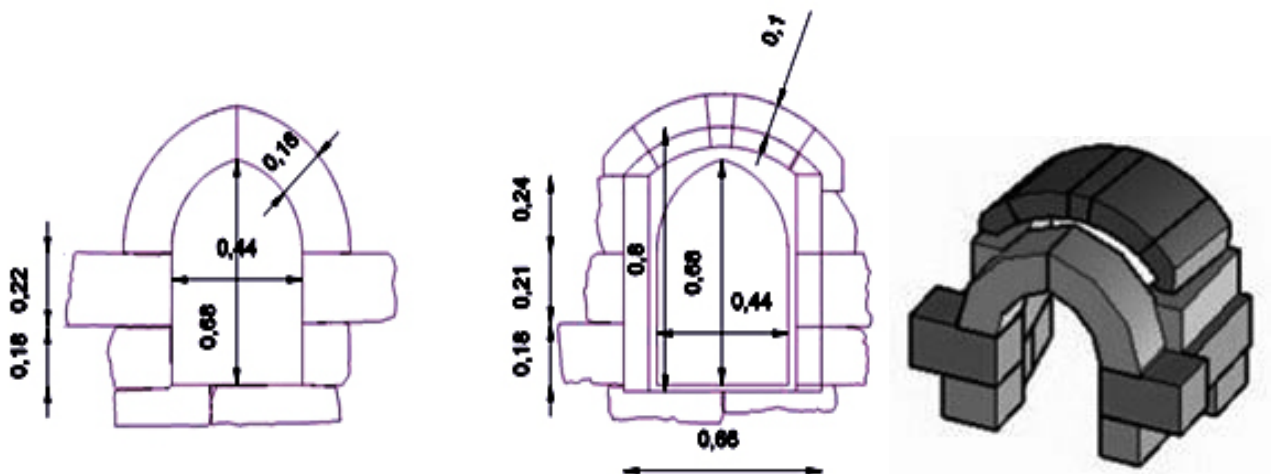


Τα ανοίγματα του ναού σχεδιάζονται κατ' αντιστοιχία, μετά από συγκριτική μελέτη ανάλογων ναών κατά την πιο απλή εκδοχή που συναντάται για λόγους απλοποίησης του στατικού μοντέλου (εικ. 119-120). Το παράθυρο της βόρειας πλευράς του ναού βασίζεται σε αποτύπωση του συγκριμένου παραδείγματος που φαίνεται στην ακόλουθη φωτογραφία. Πρόκειται για οξυκόρυφα ανοίγματα από λαξευτή λιθοδομή, μεταβλητού ύψους και πλάτους. Οι

διαστάσεις των λαξευτών λίθων που χρησιμοποιήθηκαν έγινε κατ' αναλογία των πραγματικών και το πλάτος τους αντίστοιχα ώστε να εξασφαλίζεται η αλληλοεμπλοκή τους όπως συμβαίνει και στην πραγματική κατασκευή.



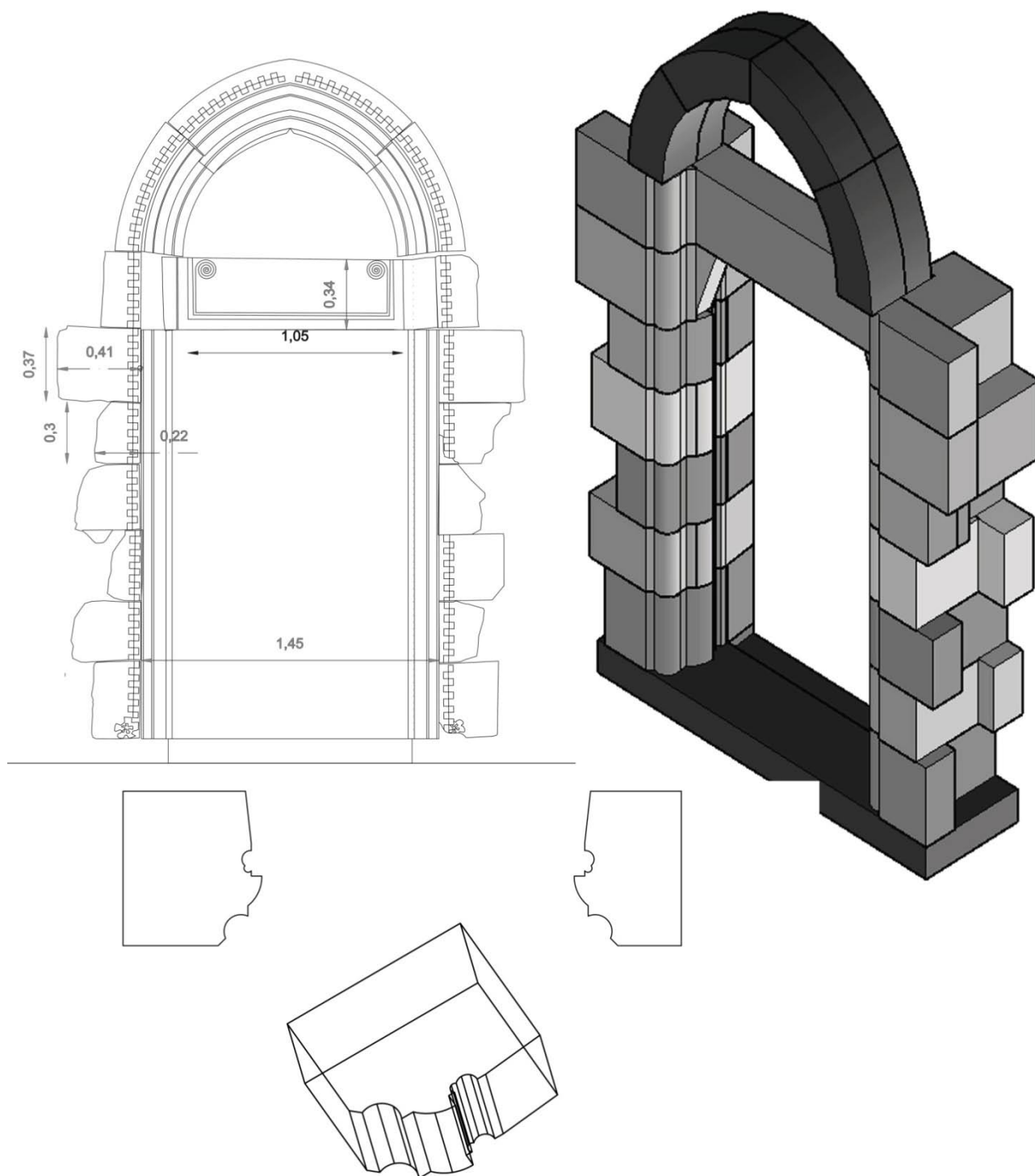
ΕΙΚΟΝΑ 119. Φωτογραφίες ανοιγμάτων που σχεδιάστηκαν στο τρισδιάστατο μοντέλο κατ' αντιστοιχία των πραγματικών. (Για το θύρωμα δεξιά βλ. Εικ. 57)



ΕΙΚΟΝΑ 120. Εσωτερική και εξωτερική όψη και αξονομετρικό της τρισδιάστατης απεικόνισης του παραθύρου του μονόχωρου ναού.

Μέσα από την ακριβέστερη προσέγγιση της γεωμετρίας των πλέον ευπαθών σημείων της κατασκευής, επιχειρείται η καλύτερη κατανόηση της δομής και του μηχανισμού αστοχίας τους σε δυναμική φόρτιση (εικ.121).

Στην πραγματική κατασκευή τα λιθοσώματα που διαμορφώνουν τα ανοίγματα και την θολοδομία συνδέονται με απλή επαφή μέσω των δυνάμεων τριβής δια του ιδίου βάρους της κατασκευής, χωρίς την ύπαρξη συνδετικού κονιάματος.



ΕΙΚΟΝΑ 121. Εξωτερική όψη και αξονομετρικό της τρισδιάστατης απεικόνισης της θύρας του μονόχωρου ναού. Κάτοψη και προοπτική απεικόνιση ενός μεμονωμένου λίθου από αυτούς που συνθέτουν την συνολική τρισδιάστατη δομή του θυρώματος.

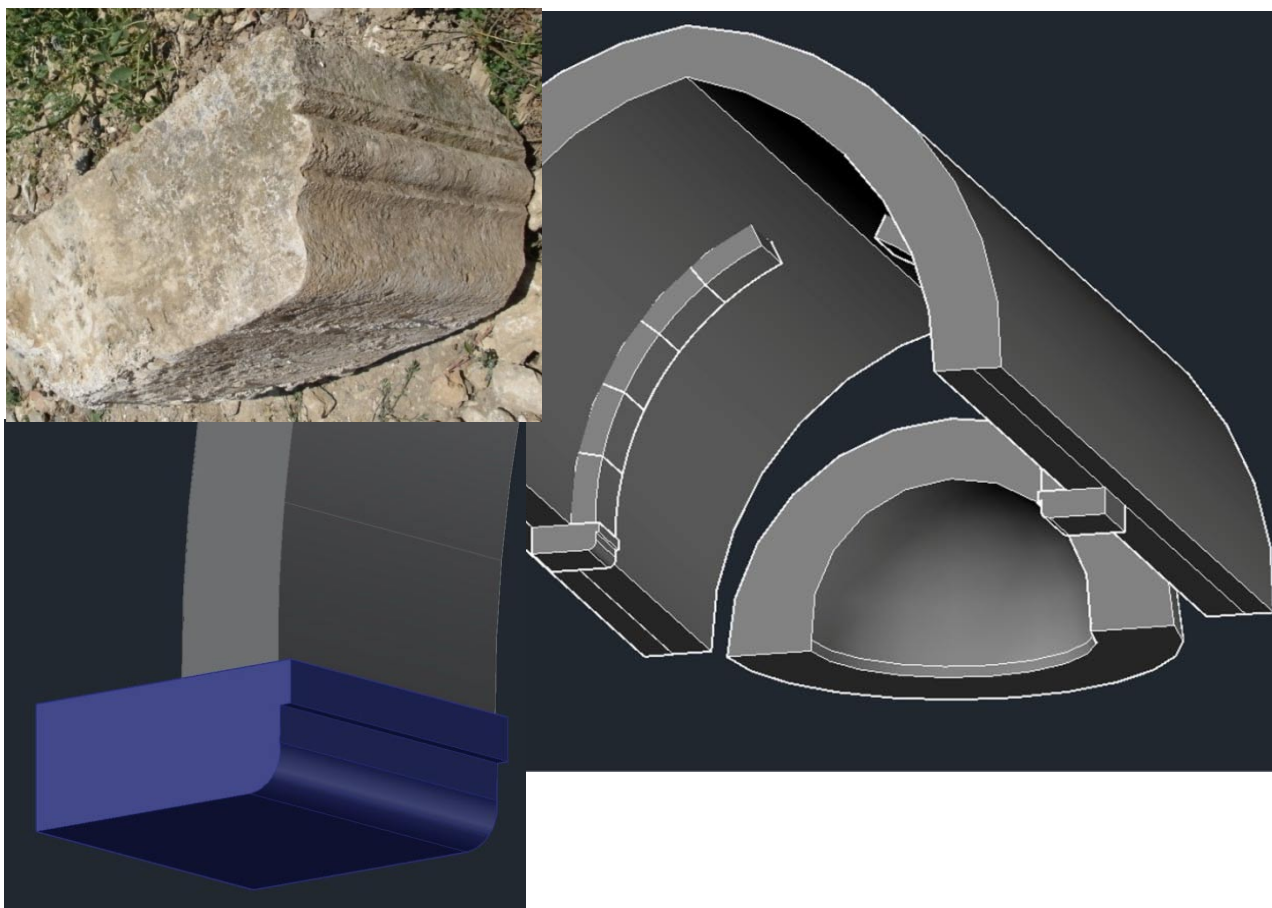


ΕΙΚΟΝΑ 122. Εσωτερική άποψη της κόγχης του ιερού όπου ξεχωρίζουν οι καμπύλοι δόμοι που διαμορφώνουν την καμπυλότητα του τόξου. Στην αριστερή εικόνα είναι η κόγχη του ιερού του ναού του Μιχαήλ Αρχαγγέλου στην Αξό Μυλοποτάμου, η οποία διατηρείται ακέραια στο σύνολό της. Στην δεξιά εικόνα παρουσιάζονται κατ'αντιστοιχία οι καμπύλοι δόμοι της εκκλησίας του Αγ. Αντωνίου στο Πετάλι Μαλεβιζίου, στο ύψος που διατηρούνται μόνο οι τρεις πρώτοι λίθοι διαμόρφωσης της κόγχης.

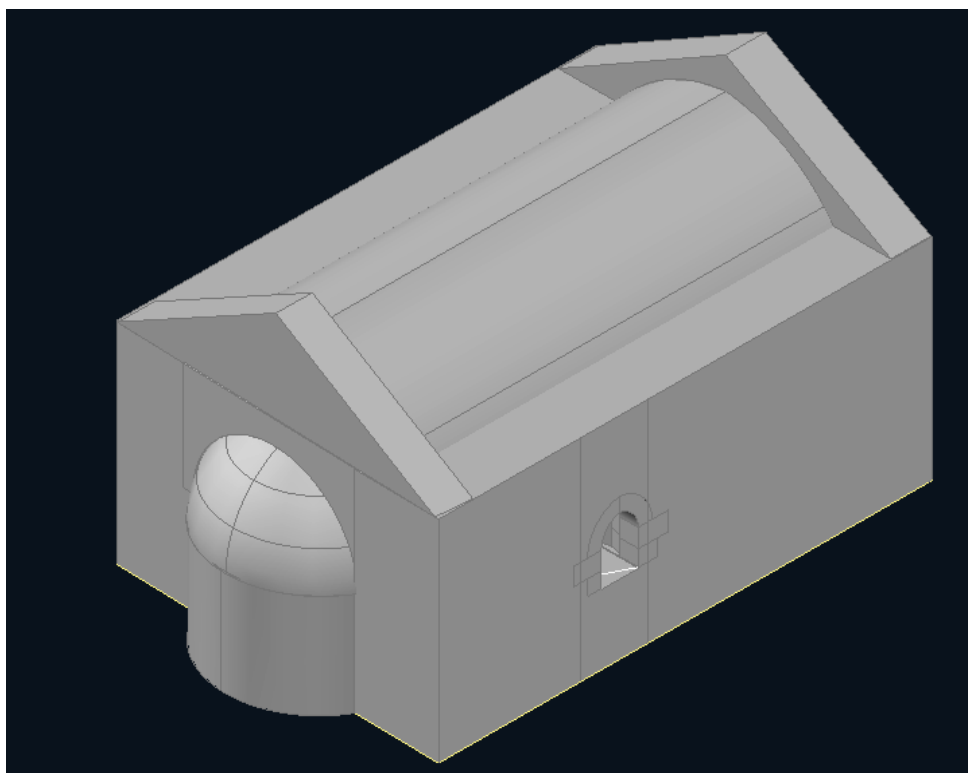


ΕΙΚΟΝΑ 123. Εσωτερική άποψη του άνω τμήματος του νότιου τοίχου του ναού του Αγ. Αντωνίου (λήψη από την στάθμη του άνω τμήματος της διατηρούμενης λιθοδομής του ανατολικού τοίχου στο σημείο ένωσης των δυο κλιτών).

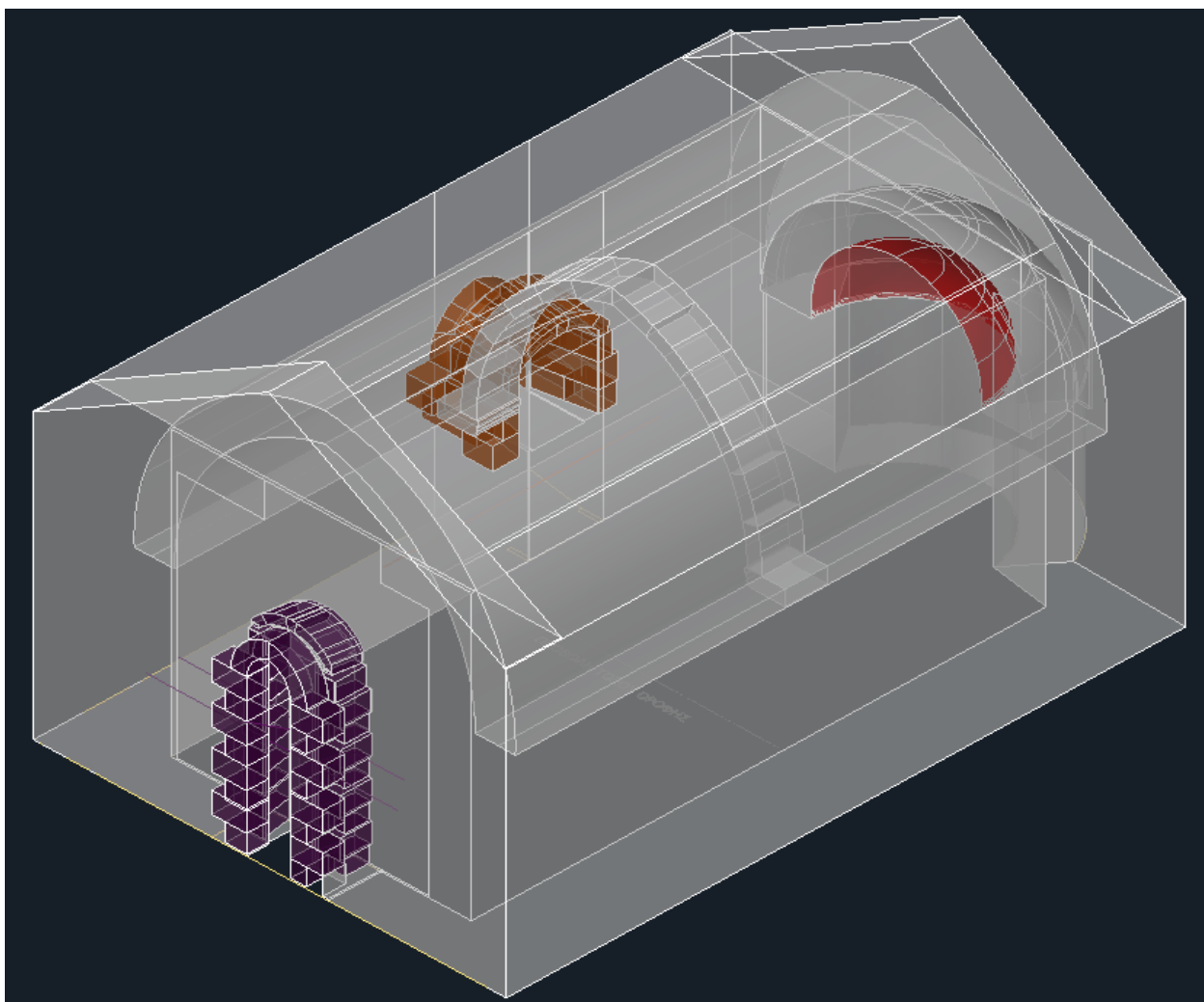
Οι θολόλιθοι καθώς και οι καμπύλοι λίθοι διαμόρφωσης της κόγχης του ιερού σχεδιάστηκαν σαν ενιαίο σύνολο με βάση την γεωμετρία του συνολικού επιμέρους τμήματος (κόγχη, θόλος) αφενός για λόγους απλοποίησης του μοντέλου των πεπερασμένων στοιχείων και αφετέρου γιατί οι θολωτές κατασκευές λειτουργούν εξ'ορισμού ως ενιαίο αδιαίρετο σύνολο χωρίς την δυνατότητα τριβής μεταξύ των λίθων, η οποία όταν αναπτυχθεί συνεπάγεται και την τοπική ή ολική αστοχία του φορέα. Στην φωτογραφία (εικ. 123) φαίνεται ότι οι θολόλιθοι είναι ορθογώνιας διατομής σε αδρή λάξευση, με παρεμφερείς διαστάσεις τοποθετημένοι σε σειρές. Αντίθετα οι λίθοι των σφενδονίων ενίσχυσης της ακαμψίας του θόλου σχεδιάστηκαν και διακριτοποιήθηκαν ως μεμονωμένα στοιχεία καθώς στηρίζονται μόνο μέσω του ίδιου βάρους και των δυνάμεων της μεταξύ τους τριβής χωρίς την σύνδεση τους με την κυρίως λιθοδομή [φωτογραφία 123 πρώτο τόξο] εκτός από τα δυο φουρούσια στα οποία εδράζονται, τα οποία έχουν μεγαλύτερο πλάτος και εντοιχίζονται στην κυρίως λιθοδομή [εικ. 123-124].



ΕΙΚΟΝΑ 124. Αριστερά πάνω παρουσιάζεται η τρισδιάστατη απεικόνιση του λίθου έδρασης του σφενδονίου και κάτω αριστερά η πραγματική εικόνα του λίθου ο οποίος αποτυπώθηκε και σχεδιάστηκε τρισδιάστατα. Δεξιά παρουσιάζεται η συνολική τρισδιάστατη μορφή της θολοδομίας του μονόχωρου ναού με ξεχωριστά στοιχεία για τον θόλο, την κόγχη, κάθε λίθο του σφενδονίου και τα δυο φουρούσια.



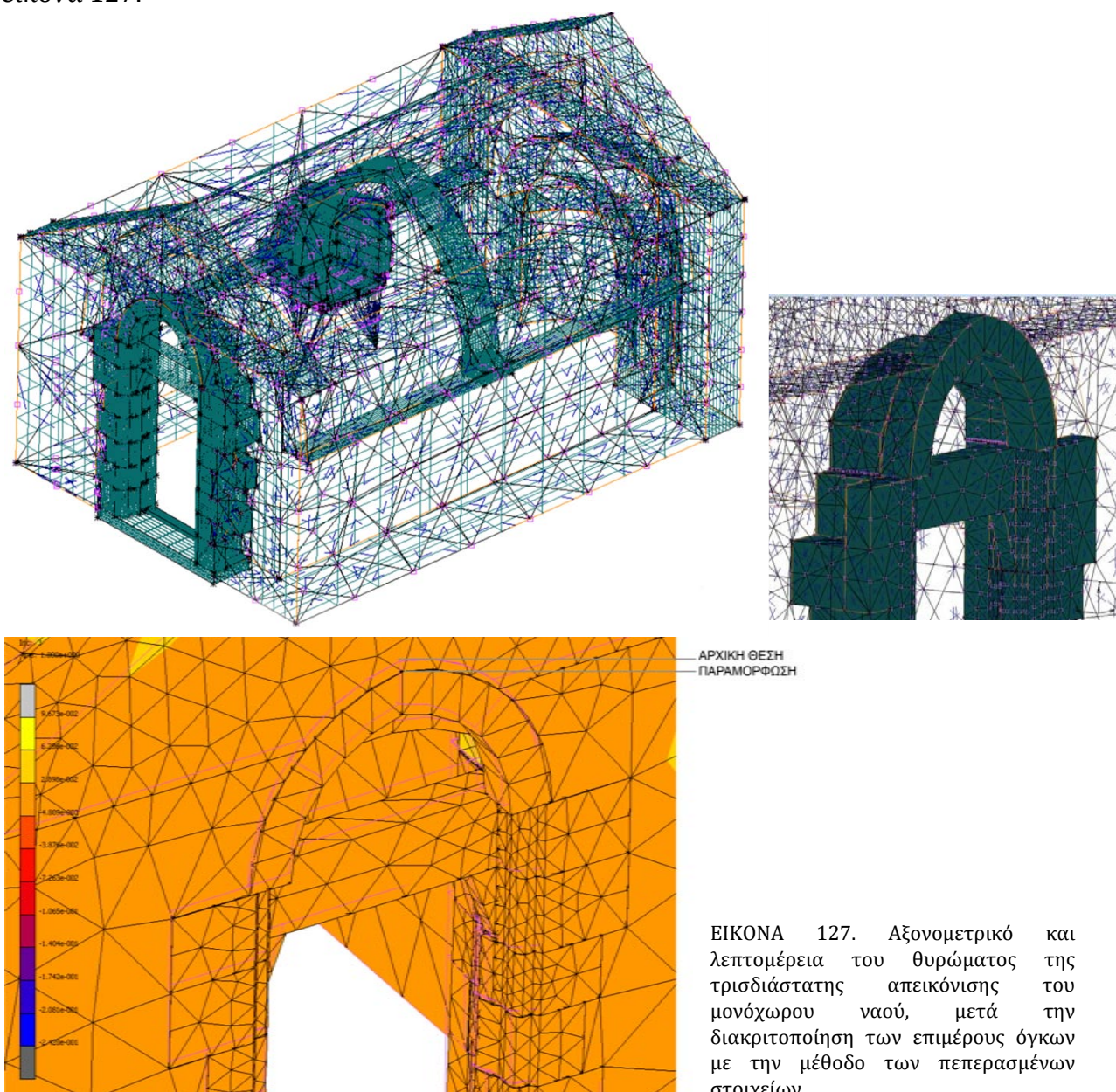
ΕΙΚΟΝΑ 125. Συνολική τρισδιάστατη εικόνα του μονόχωρου ναού



ΕΙΚΟΝΑ 126. Αξονομετρικό της τρισδιάστατης απεικόνισης του μονόχωρου ναού, όπου παρουσιάζονται με ξεχωριστά χρώματα οι επιμέρους μεμονωμένοι λίθοι του θυρώματος, του παραθύρου του βόρειου τοίχου και η κόγχη του ιερού.

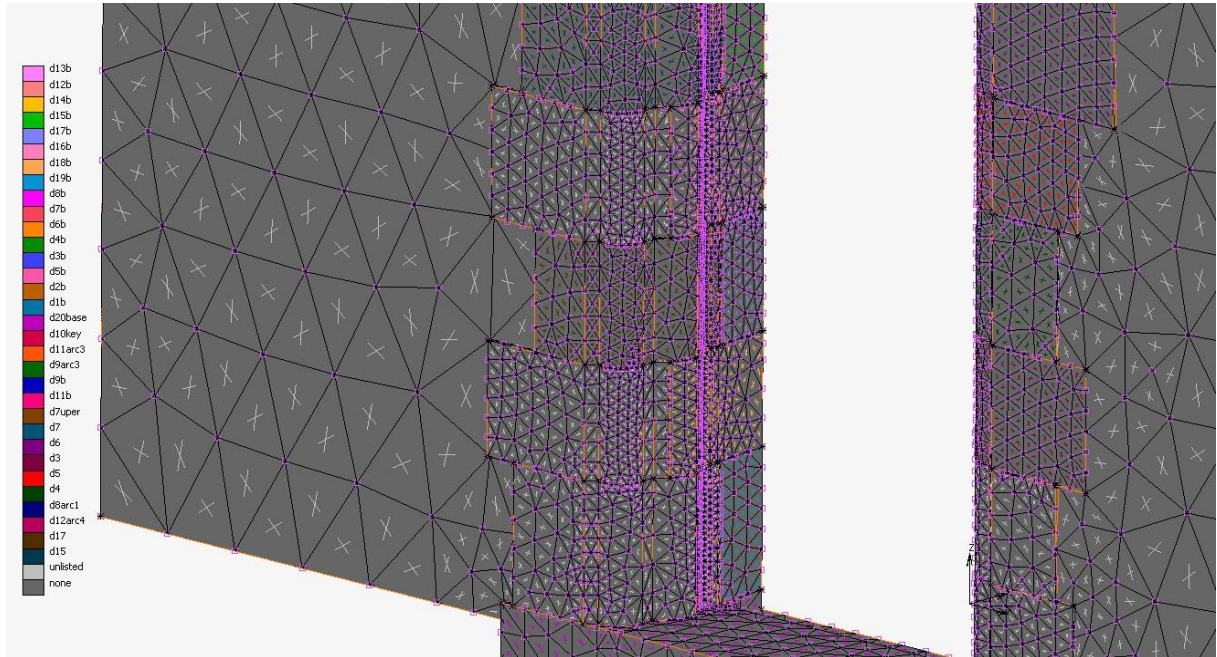
5. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων η οποία μας δίνει την δυνατότητα να προσομοιάσουμε με αρκετή ακρίβεια κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία, όπως και η μνημειακού τύπου κατασκευές που εξετάζονται στην παρούσα εργασία και να αναλύσουμε την στατική και δυναμική τους συμπεριφορά (Stavroulaki et al. 2011, Conde et al. 2016, Stavroulaki et al. 2018, Stavroulaki, Anousakis, Mesaritaki 2018). Η διακριτοποίηση σε πεπερασμένα στοιχεία έγινε με βάση τους διακριτούς όγκους με τους οποίους περιγράφεται η γεωμετρία. Κάθε όγκος θεωρήθηκε ένα ξεχωριστό σώμα το οποίο έχει την δυνατότητα να βρίσκεται σε επαφή (ανάπτυξη τριβής ή και αποκόλληση –επιλογή *tough* του λογισμικού) ή να είναι πλήρως συνδεδεμένο (επιλογή *glue* του λογισμικού) με τα γειτονικά του όπως φαίνεται στην εικόνα 127.



ΕΙΚΟΝΑ 127. Αξονομετρικό και λεπτομέρεια του θωράματος της τρισδιάστατης απεικόνισης του μονόχωρου ναού, μετά την διακριτοποίηση των επιμέρους όγκων με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

Για την ανάλυση του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων στο λογισμικό ανάλυσης MarcMentat (student version). Η γεωμετρία του μονόχωρου ναού διακριτοποιήθηκε ως μεμονωμένα στοιχεία μεγαλύτερων διαστάσεων με πιο αραή διακριτοποίηση για τους 4 περιμετρικούς τοίχους, τις δυο τριγωνικές μετώπες στην ανατολική και την δυτική πλευρά, την κόγχη του ιερού και την ημικυλινδρική αψίδα στην οποία εδράζεται. Αντίθετα για τους επιμέρους λίθους του θυρώματος, του παραθύρου και του σφενδονίου η διακριτοποίηση ήταν αρκετά πυκνή και διαφοροποιείται σύμφωνα με τις διαστάσεις κάθε λίθου ξεχωριστά (εικ. 128).

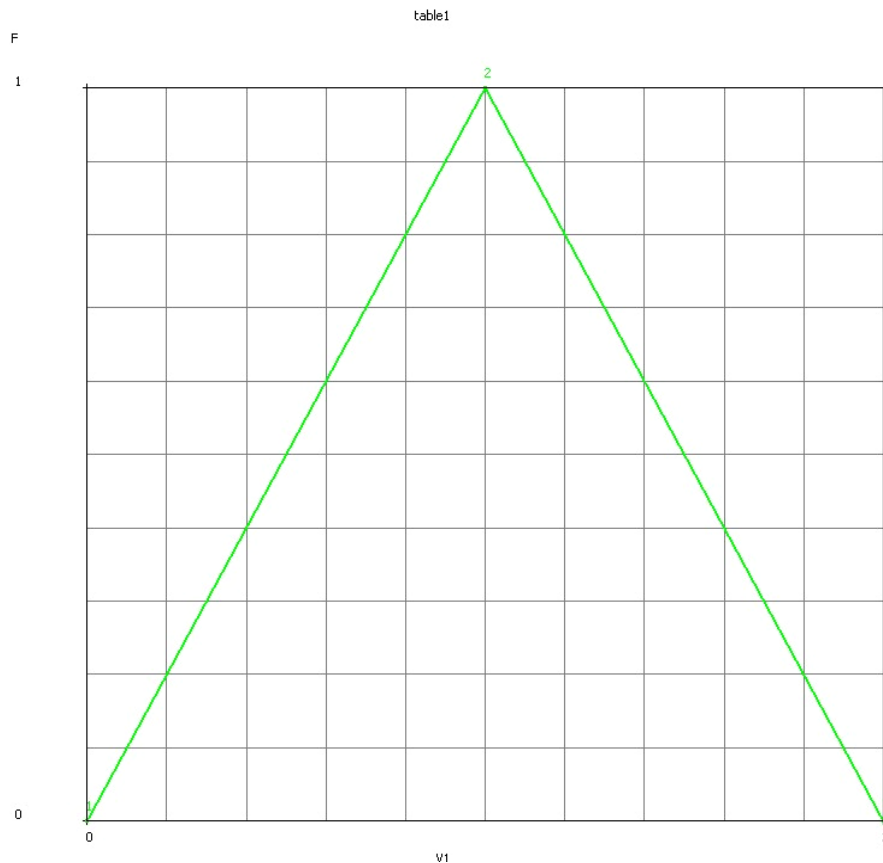


ΕΙΚΟΝΑ 128. Αξονομετρική λεπτομέρεια του θυρώματος της τρισδιάστατης απεικόνισης του μονόχωρου ναού, μετά την διακριτοποίηση των επιμέρους όγκων με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Η διαφοροποίηση του μεγέθους των επιμέρους τριγωνικών στοιχείων (mesh) που περιγράφουν τις καμπύλες και ευθύγραμμες επιφάνειες είναι ανάλογη του μεγέθους του κάθε μεμονωμένου όγκου (solid). Η χρωματική κλίμακα αριστερά αφορά κάθε λίθο της θύρας ο οποίος έχει σχεδιαστεί σαν ξεχωριστός όγκος κι έχει διακριτοποιηθεί ομοίως, διαμορφώνοντας ένα σύνολο 39 στοιχείων (contact bodies).

Για την μελέτη της συμπεριφοράς του κτίσματος χρησιμοποιήθηκε για όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν ένα ενιαίο υλικό τοιχοποιίας με ιδιότητες:

Πυκνότητα:	1700kg/m ³
Youngs Modulus	3 Gpa
Poissons' ratio	0.2
Εφελκυστική αντοχή	1MPa
Συντελεστής τριβής	0,7
Τάση αποκόλλησης	1000
Πίνακας μετατόπισης	5cm

Η δυναμική φόρτιση μελετήθηκε με επιβεβλημένη μετατόπιση σύμφωνα με την εικ. 129 για απόσταση 5εκ. σε δυο χρόνους. Το μοντέλο εξετάστηκε αρχικά σε στατική φόρτιση λαμβάνοντας υπόψιν μόνο το ίδιο βάρος της κατασκευής και την πάκτωση της θεμελίωσης και στην συνέχεια σε δυναμική φόρτιση μετακίνησης της βάσης σε δυο χρόνους καθώς και σε ιδιομορφική ανάλυση.

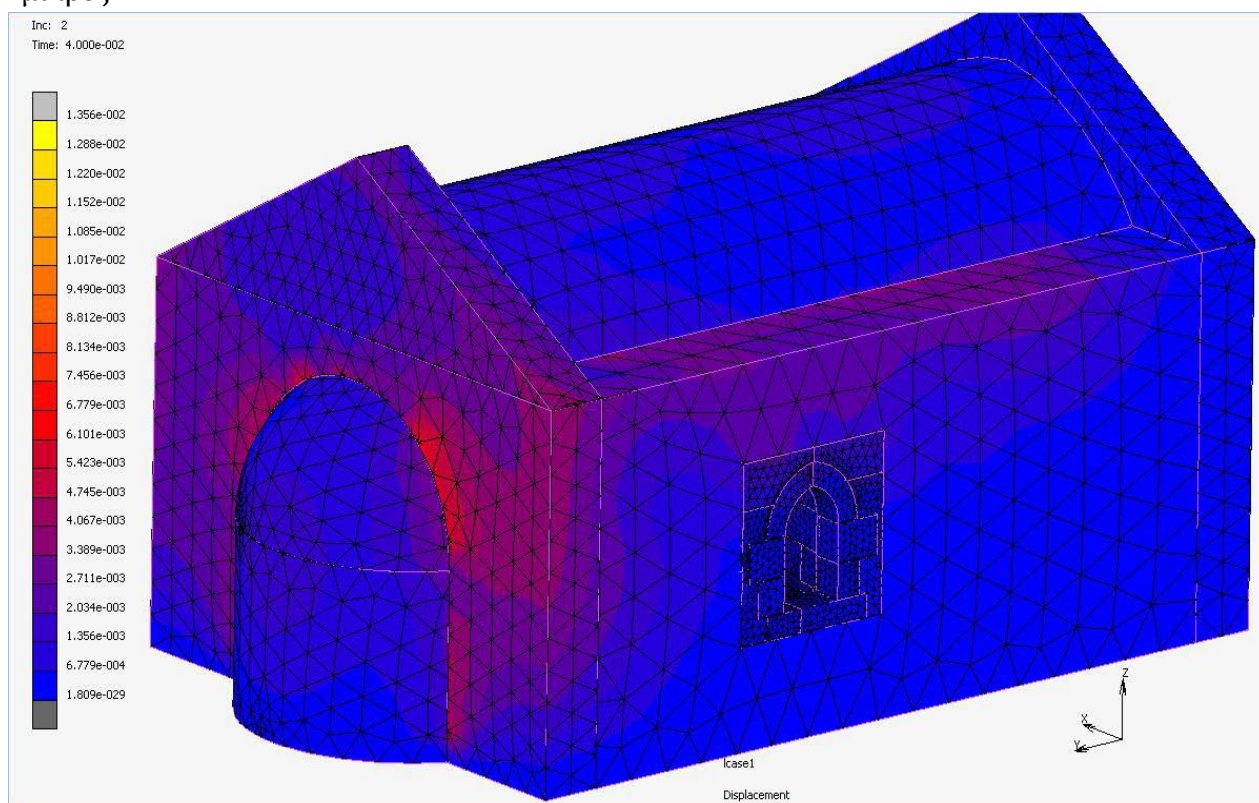


ΕΙΚΟΝΑ 129. Επιβεβλημένη μετατόπιση πέντε εκατοστών σε συνάρτηση με τον χρόνο, σε δυο βήματα ($T=1$ και $T=2$).

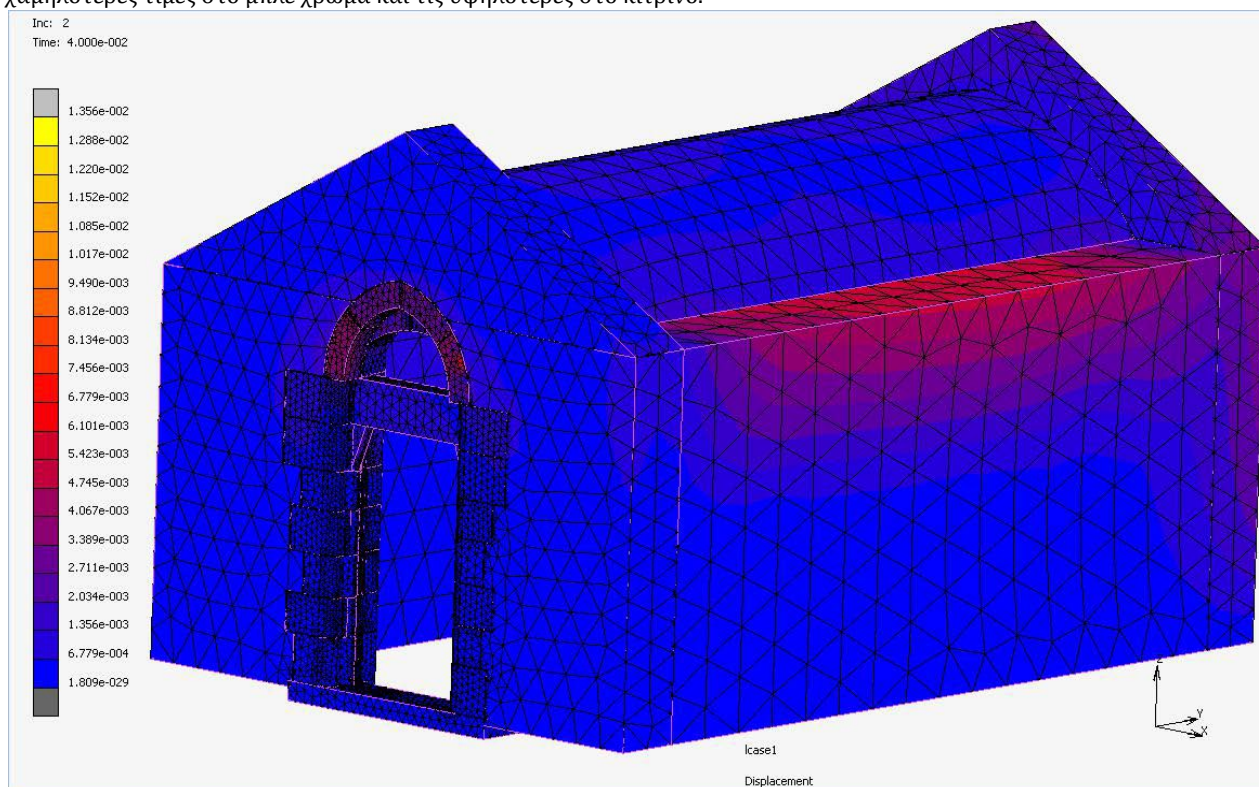
ΣΤΑΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

Στις τρεις εικόνες που ακολουθούν (εικ. 130-132) φαίνονται οι μέγιστες καταπονήσεις του ναού σε στατική φόρτιση, λαμβάνοντας υπόψιν μόνο το ίδιο βάρος και την θεμελίωση. Τα σημεία που φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο είναι ο ανατολικός τοίχος γύρω από την κόγχη του ιερού στα σημεία της μεταξύ τους σύνδεσης, η άνω πλευρά του βόρειου και νότιου τοίχου κυρίως στο μέσον του δεύτερου και το τμήμα άνωθεν του παραθύρου για τον πρώτο σε μικρότερη ένταση. Μετατοπίσεις σημειώνονται ακόμη στους λίθους του σφενδονίου και στην εσωτερική πλευρά του ανωφλίου του παραθύρου. Μικρότερη καταπόνηση παρουσιάζει το ανακουφιστικό τόξο

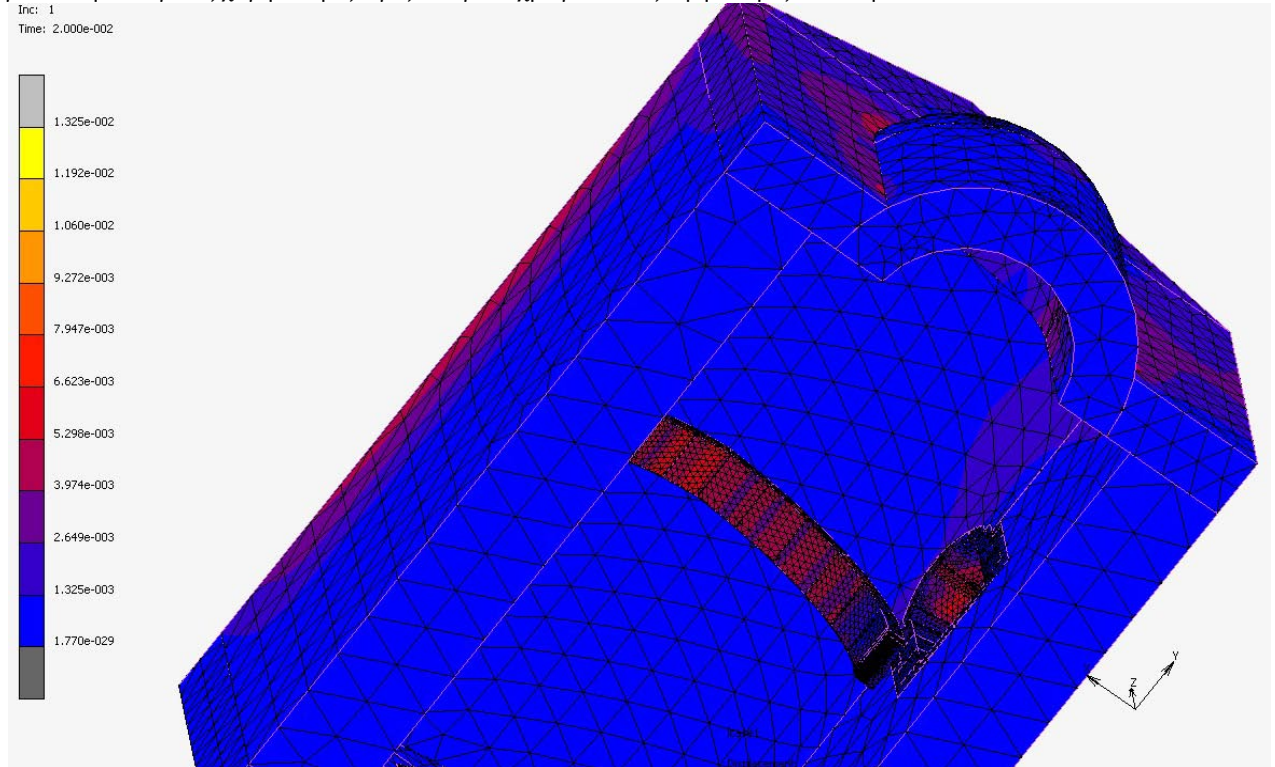
πάνω από το θύρωμα της δυτικής πλευράς. Όπως αναμενόταν οι μετακινήσεις είναι μικρές.



ΕΙΚΟΝΑ 130. Αξονομετρικό του μονόχωρου ναού, μετά την διακριτοποίηση των επιμέρους όγκων με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς του ίδιου βάρους της λίθινης κατασκευής και τις αντιδράσεις της θεμελίωσης. Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των καταπονήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο.



ΕΙΚΟΝΑ 131. Αξονομετρικό του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς του ιδίου βάρους της λίθινης κατασκευής και τις αντιδράσεις της θεμελίωσης. Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο.



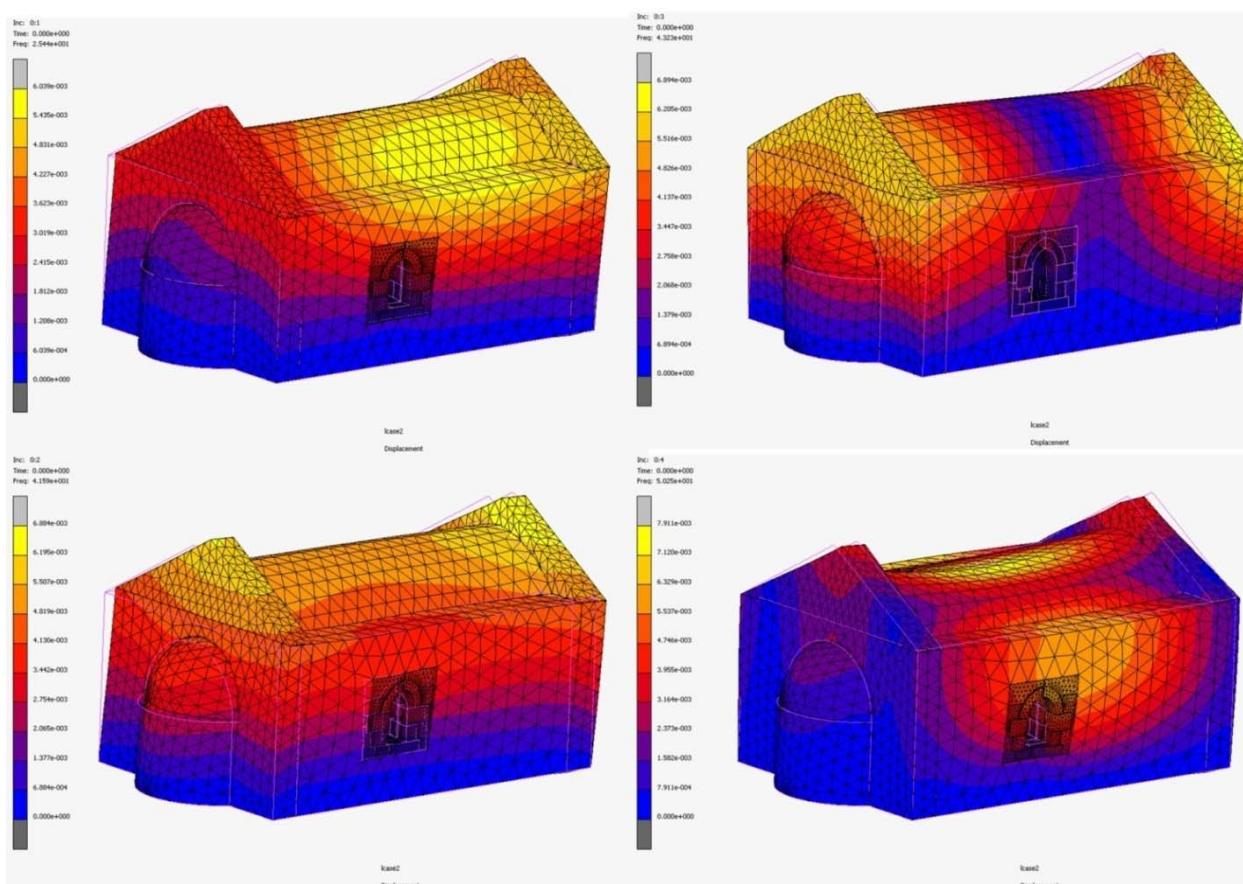
ΕΙΚΟΝΑ 132. Αξονομετρικό του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς του ιδίου βάρους της λίθινης κατασκευής και τις αντιδράσεις της θεμελίωσης. Σύμφωνα με την χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει μεγαλύτερες μετακινήσεις στο σφενδόνιο ενίσχυσης του θόλου και στους λίθους που αποτελούν το ανώφλι του παραθύρου στον βόρειο τοίχο..

5.1. ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

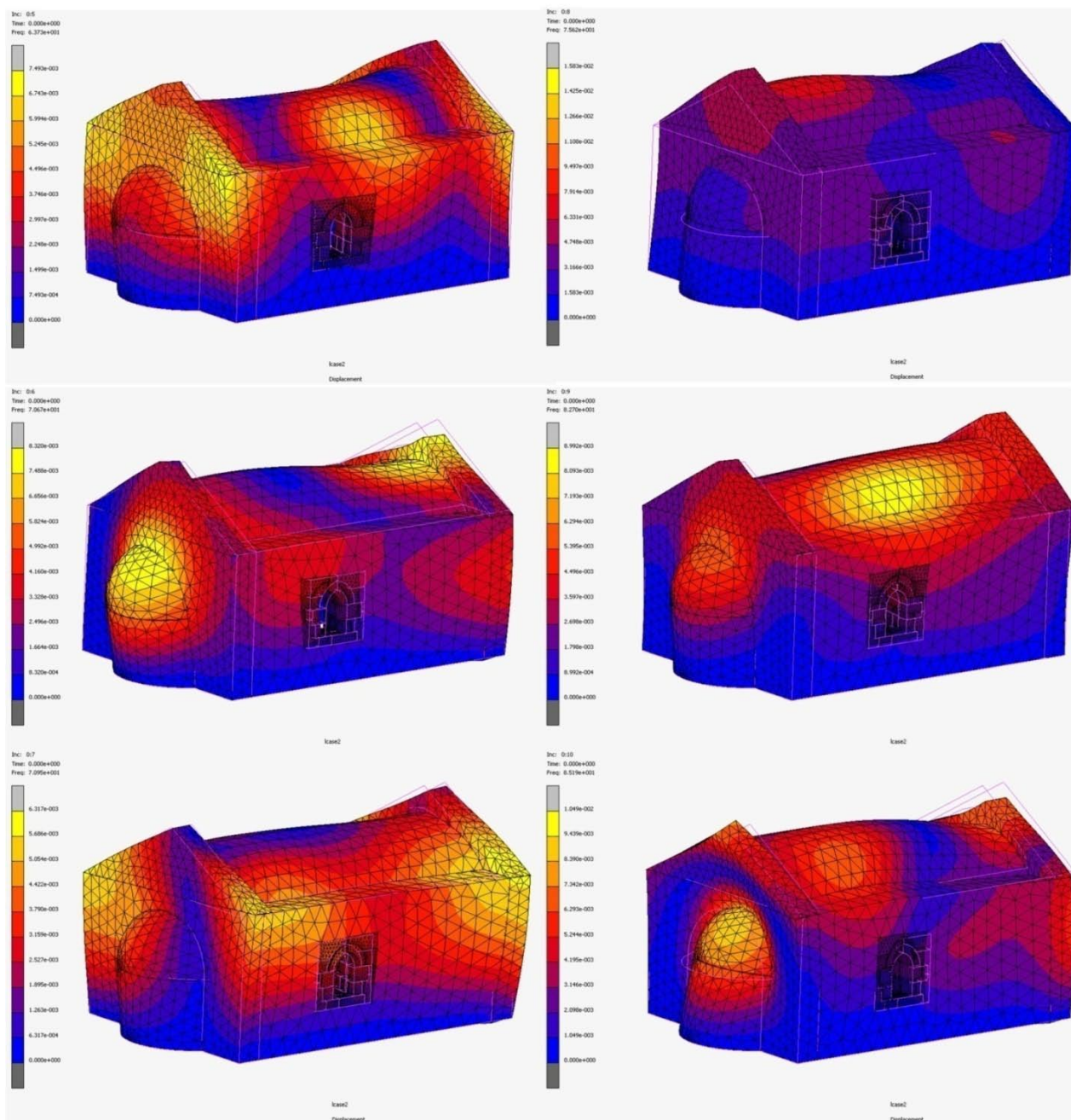
Η ιδιομορφική ανάλυση είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί στην διερεύνηση της απόκρισης ενός συστήματος σε δυναμική φόρτιση καθώς μπορεί να προσφέρει ποιοτικά αλλά και ποσοτικά χαρακτηριστικά για τις επιβαλλόμενες μετακινήσεις και παραμορφώσεις που θα προκύψουν στον φορέα και ως εκ τούτου τις δυνάμεις και τις τάσεις που θα αναπτυχθούν. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια καλή προσέγγιση των εντατικών μεγεθών που αναπτύσσονται σε περιπτώσεις μη περιοδικών μεταβλητών φορτίσεων όπως είναι ο σεισμός και κατ' επέκταση τον προσδιορισμό των πλέον ευπαθών σημείων της κατασκευής.

Από την ανάλυση ιδιομορφών για τον μονόχωρο ναό υπολογίστηκαν οι δέκα πρώτες ιδιομορφές όπως δίνονται στις εικόνες (εικ. 133-142), που ακολουθούν. Το παράθυρο του βόρειου τοίχου και η πόρτα του δυτικού παρουσιάζονται στην συνέχεια και ως ξεχωριστές εικόνες προκειμένου να φανούν πιο αναλυτικά οι τοπικές καταπονήσεις (εικ. 137-140). Η πρώτη σειρά μοντέλων που ακολουθεί είναι υπολογισμένη με περιορισμένη την δυνατότητα τριβής μεταξύ των μεμονωμένων στοιχείων (συνθήκες επαφής glue από

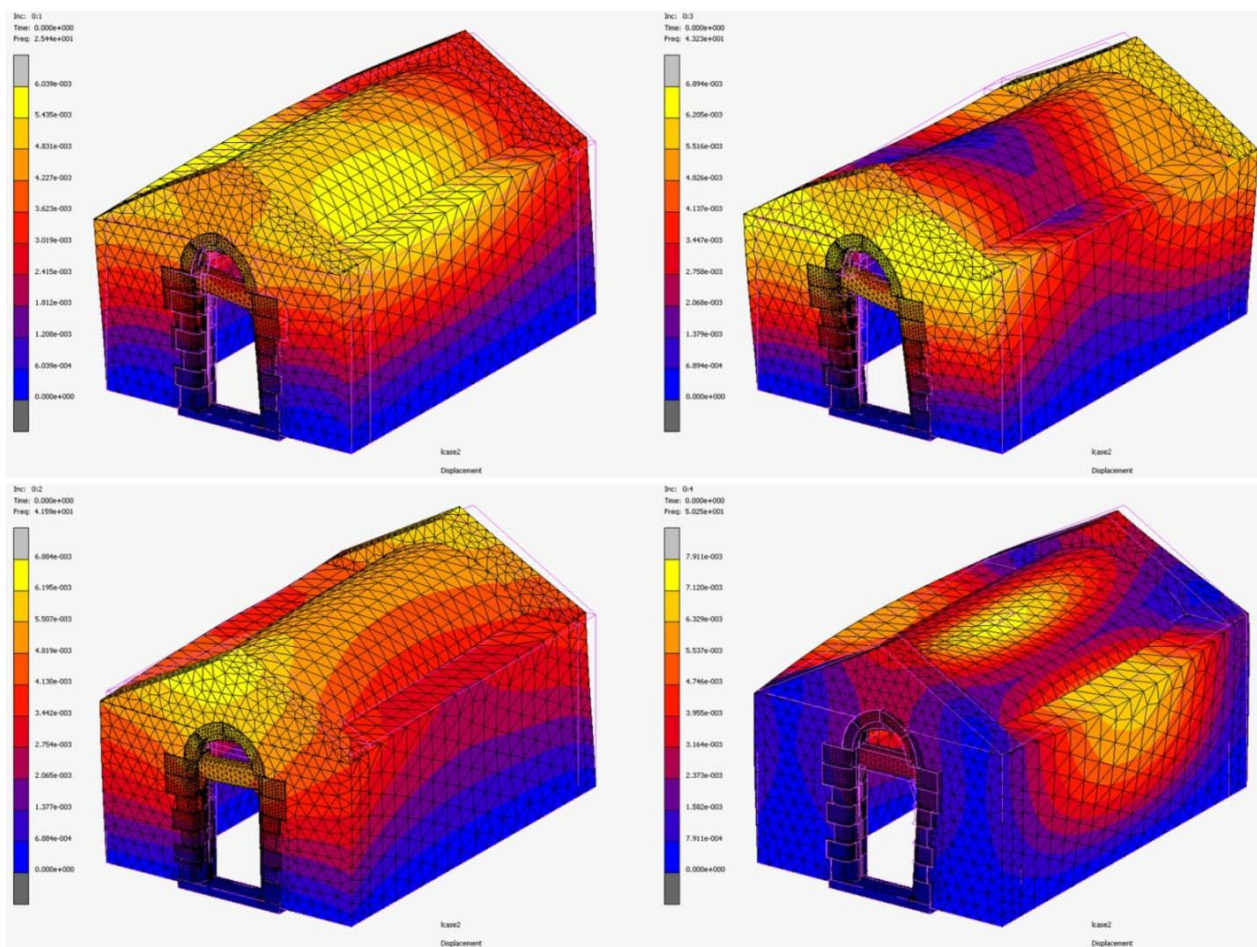
τις ρυθμίσεις στο λογισμικό υπολογισμών). Οι εικόνες παρατίθενται με την σειρά των ιδιομορφών που υπολογίστηκαν απο την 1^η έως την 10^η για κάθε άποψη του ναού.



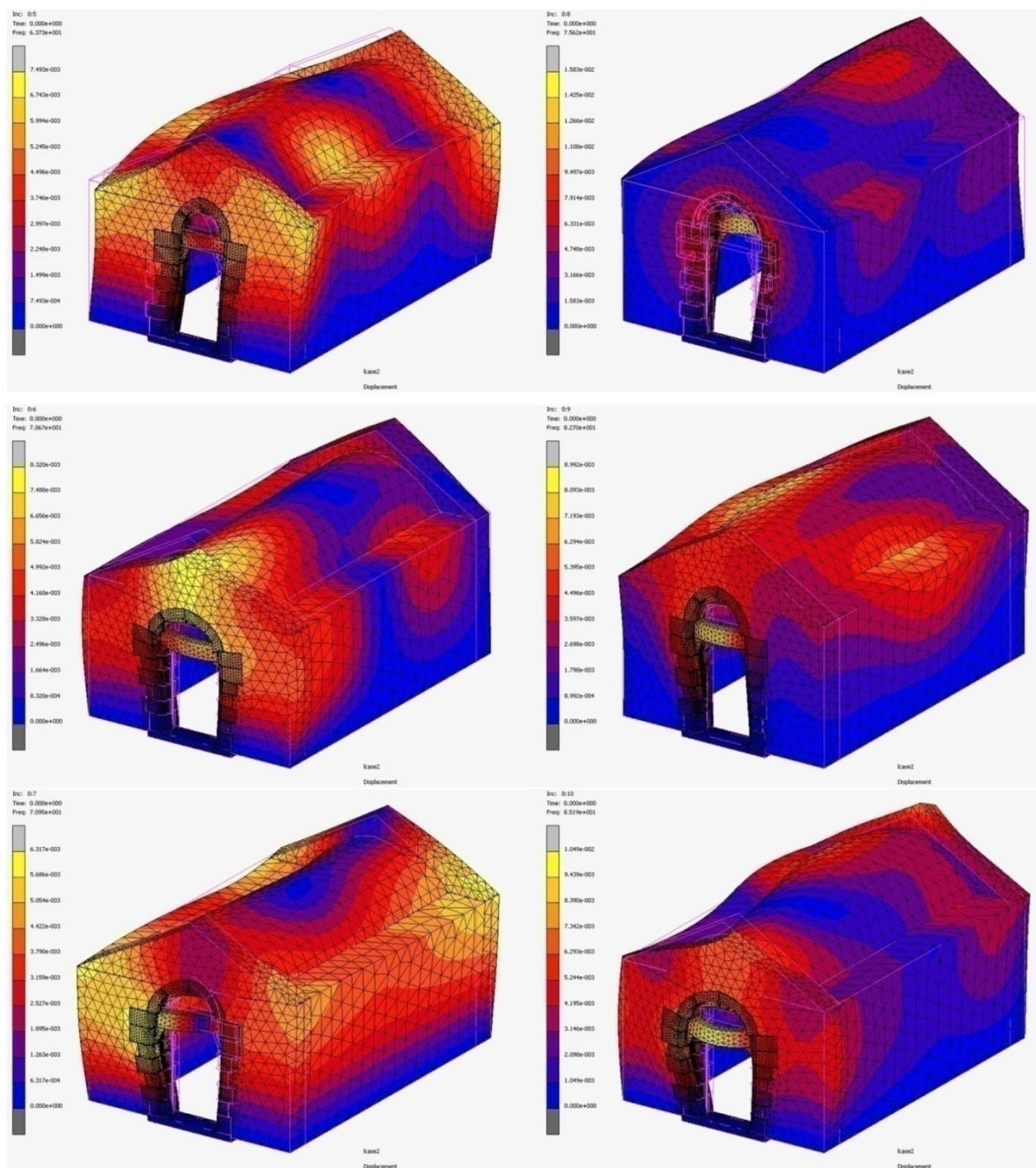
ΕΙΚΟΝΑ 133. Αξονομετρικό του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν την ΒΑ άποψη του ναού για τις πρώτες τέσσερις ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η 1η, η κάτω αριστερά η 2η, η πάνω δεξιά η 3η και η κάτω δεξιά η 4η.



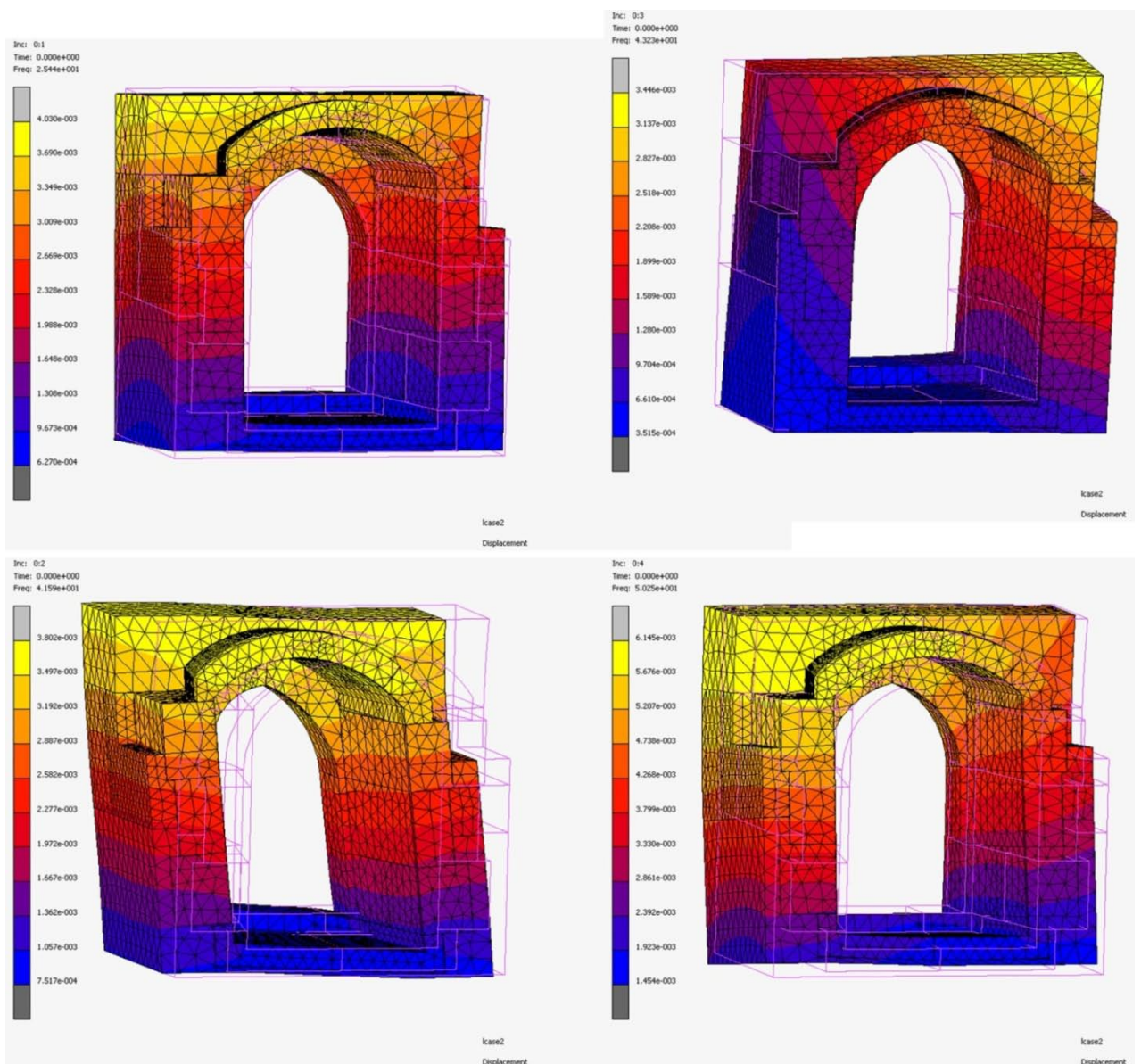
ΕΙΚΟΝΑ 134. Αξονομετρικό του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν την ΒΑ άποψη του ναού υπό για τις επόμενες 6 ιδιομορφές, όπου η πάνω αριστερά είναι η 5η, η κάτω αριστερά η 7η, η πάνω δεξιά η 8η και η κάτω δεξιά η 10η.



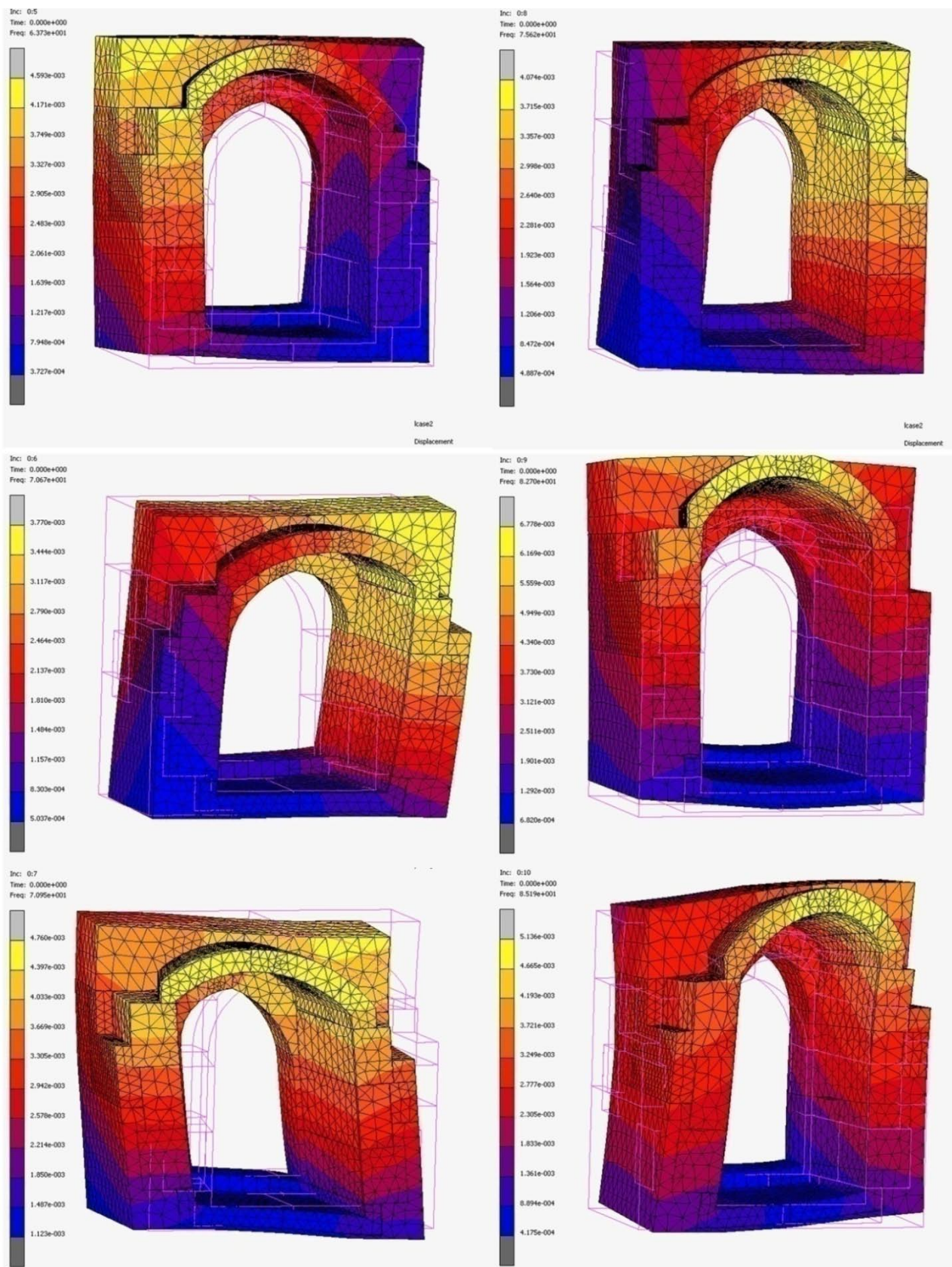
ΕΙΚΟΝΑ 135. Αξονομετρικό του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν την ΝΔ άποψη του ναού για τις πρώτες τέσσερις ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η 1η, η κάτω αριστερά η 2η, η πάνω δεξιά η 3η και η κάτω δεξιά η 4η.



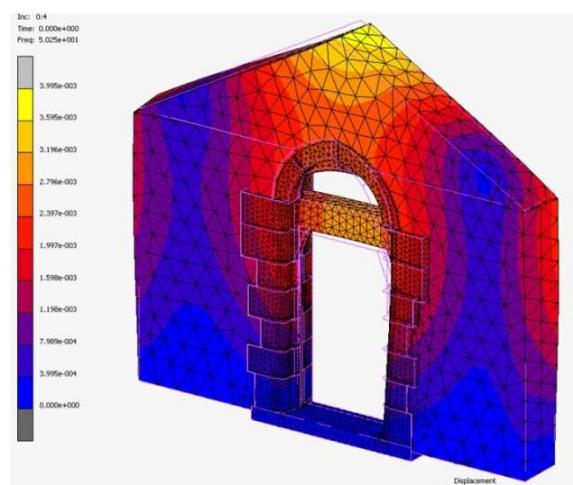
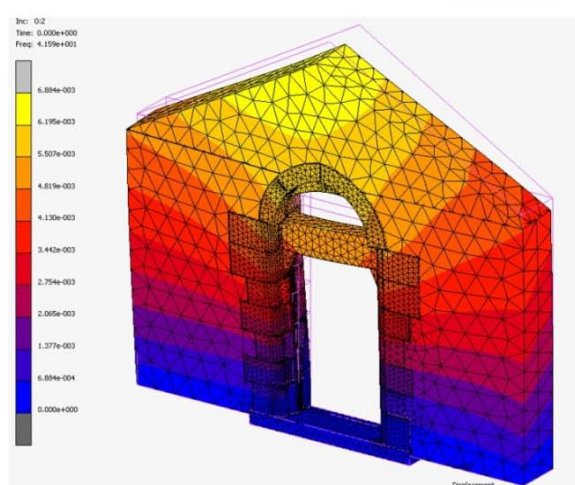
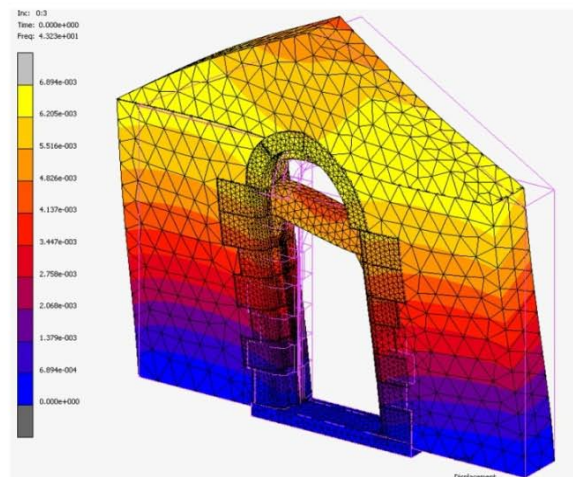
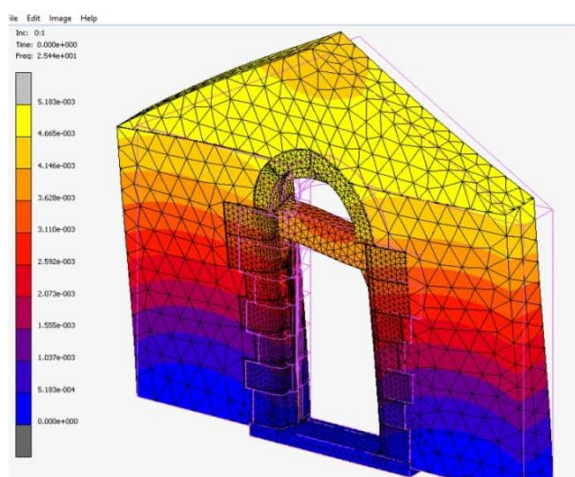
ΕΙΚΟΝΑ 136. Αξονομετρικό του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν την ΒΔ άποψη του ναού για τα επόμενα 6 χρονικά βήματα της ανάλυσης ιδιομορφών όπου η πάνω αριστερά είναι το βήμα 5, η κάτω αριστερά το βήμα 7, η πάνω δεξιά το βήμα 8 και η κάτω δεξιά το βήμα 10.



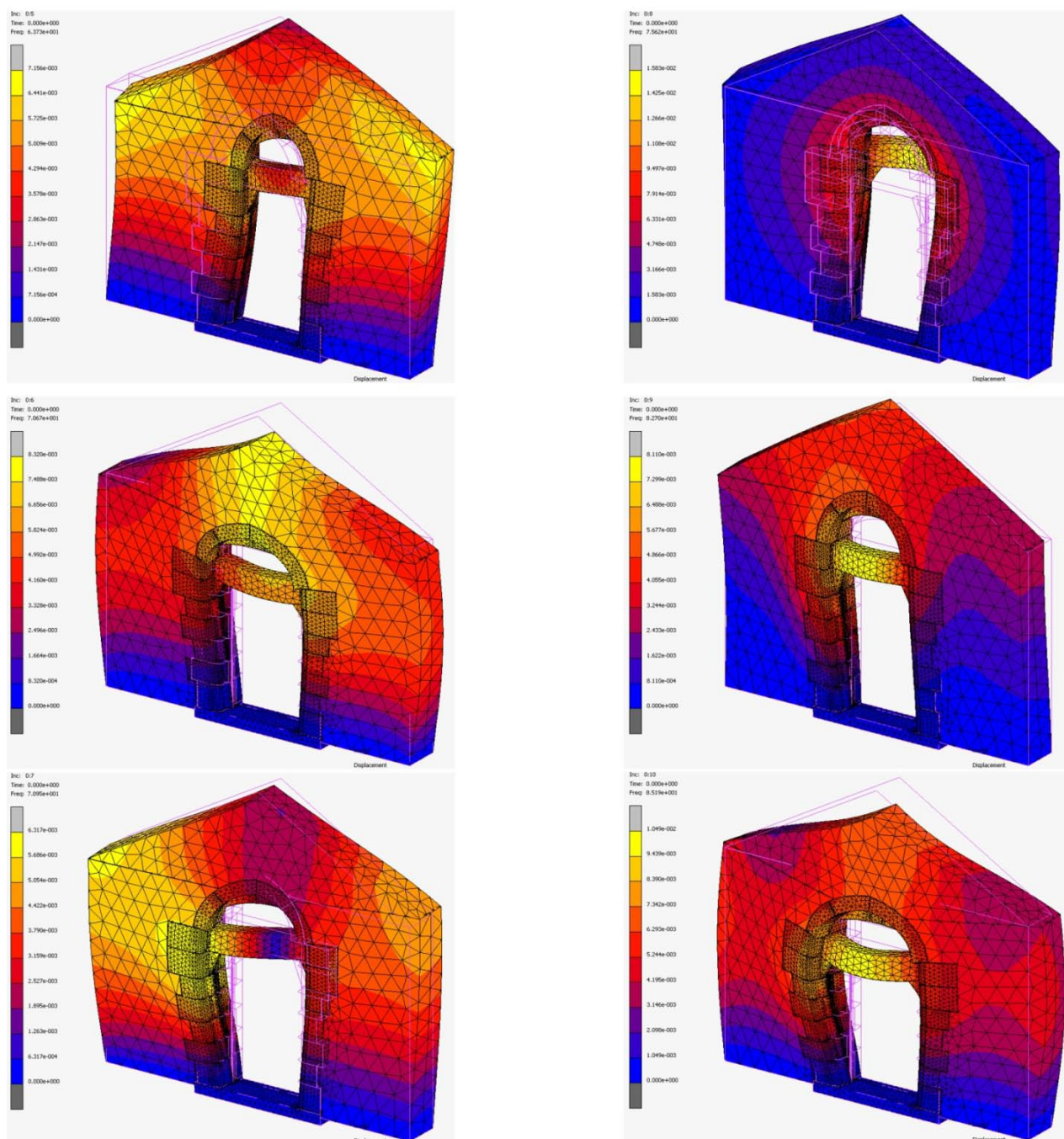
ΕΙΚΟΝΑ 137. Άποψη του παραθύρου του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν την εσωτερική άποψη του παραθύρου για τις πρώτες τέσσερις ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η 1η, η κάτω αριστερά η 2η, η πάνω δεξιά η 3η και η κάτω δεξιά η 4η.



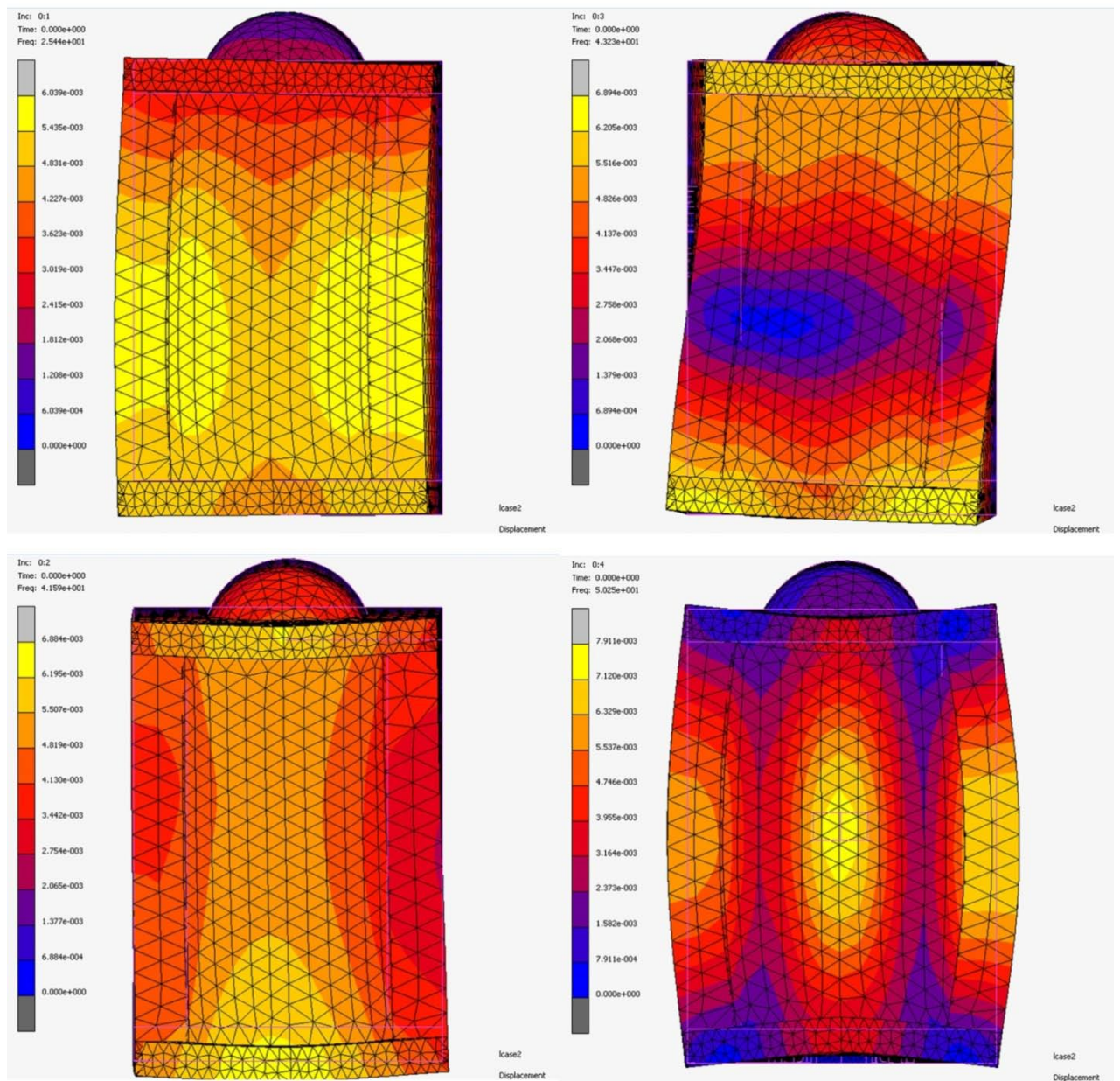
ΕΙΚΟΝΑ 138. Άποψη του παραθύρου, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν την εσωτερική άποψη του παραθύρου υπό για τις επόμενες 6 ιδιομορφές, όπου η πάνω αριστερά είναι η 5η, η κάτω αριστερά η 7η, η πάνω δεξιά η 8η και η κάτω δεξιά η 10η.



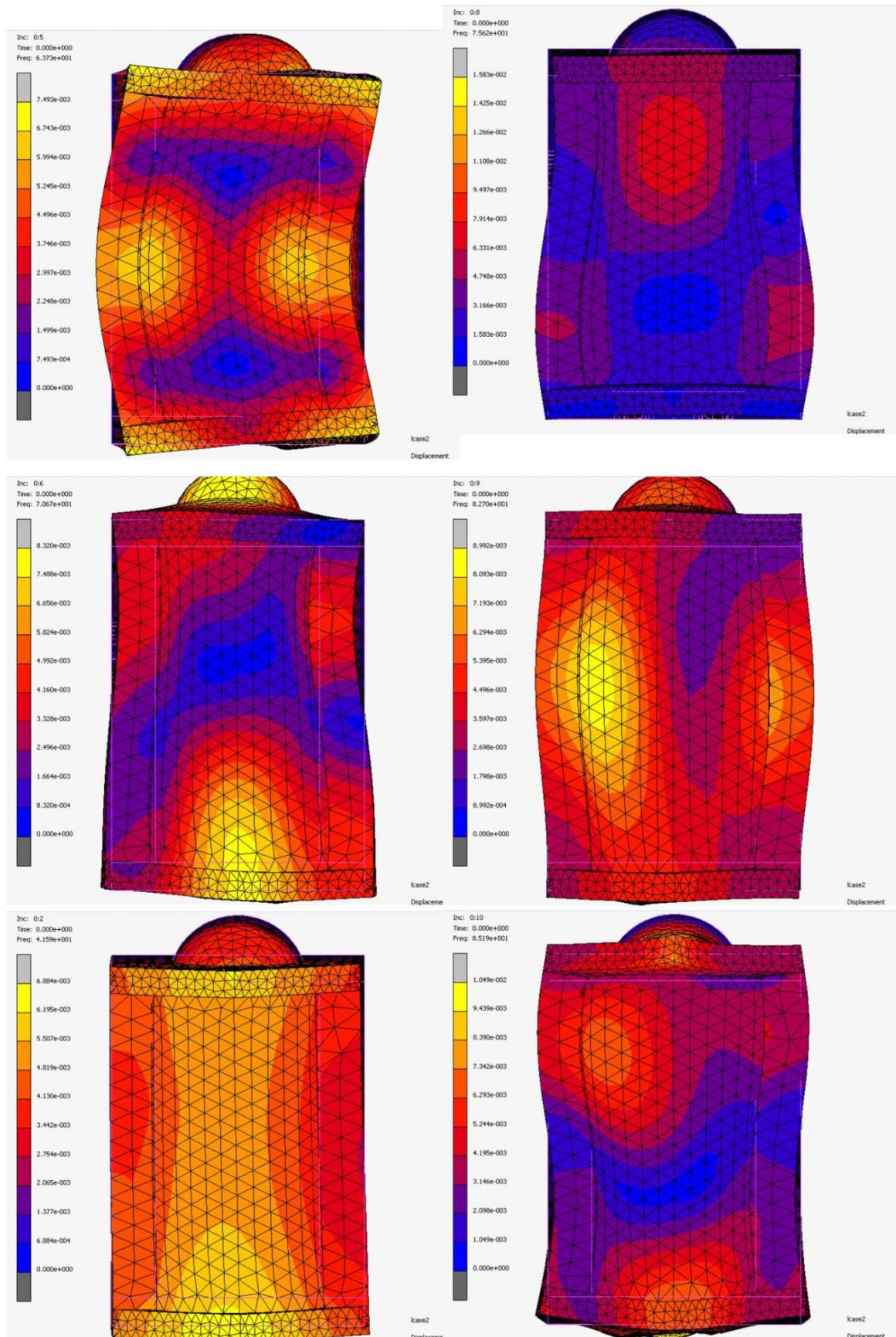
ΕΙΚΟΝΑ 139. Άποψη του δυτικού τοίχου του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν στις πρώτες τέσσερις ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η 1η, η κάτω αριστερά η 2η, η πάνω δεξιά η 3η και η κάτω δεξιά η 4η.



ΕΙΚΟΝΑ 140. Άποψη του δυτικού τοίχου του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις επόμενες 6 ιδιομορφές, όπου η πάνω αριστερά είναι η 5η, η κάτω αριστερά η 7η, η πάνω δεξιά η 8η και η κάτω δεξιά η 10η.



EIKONA 141. Κάτοψη του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις πρώτες τέσσερις ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η 1η, η κάτω αριστερά η 2η, η πάνω δεξιά η 3η και η κάτω δεξιά η 4η.

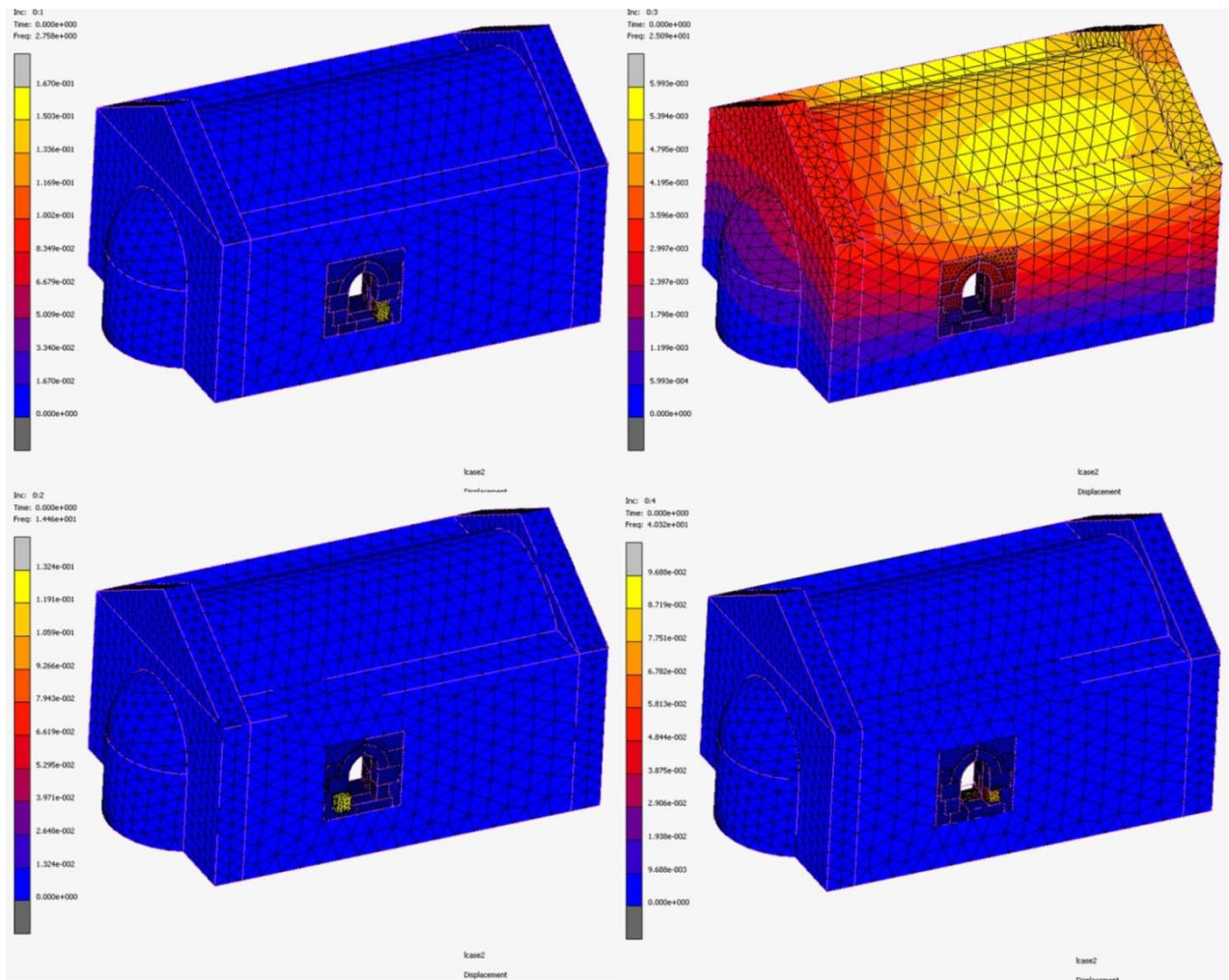


ΕΙΚΟΝΑ 142. Κάτοψη του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την

διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις επόμενες 6 ιδιομορφές, όπου η πάνω αριστερά είναι η 5η, η κάτω αριστερά η 7η, η πάνω δεξιά η 8η και η κάτω δεξιά η 10η..

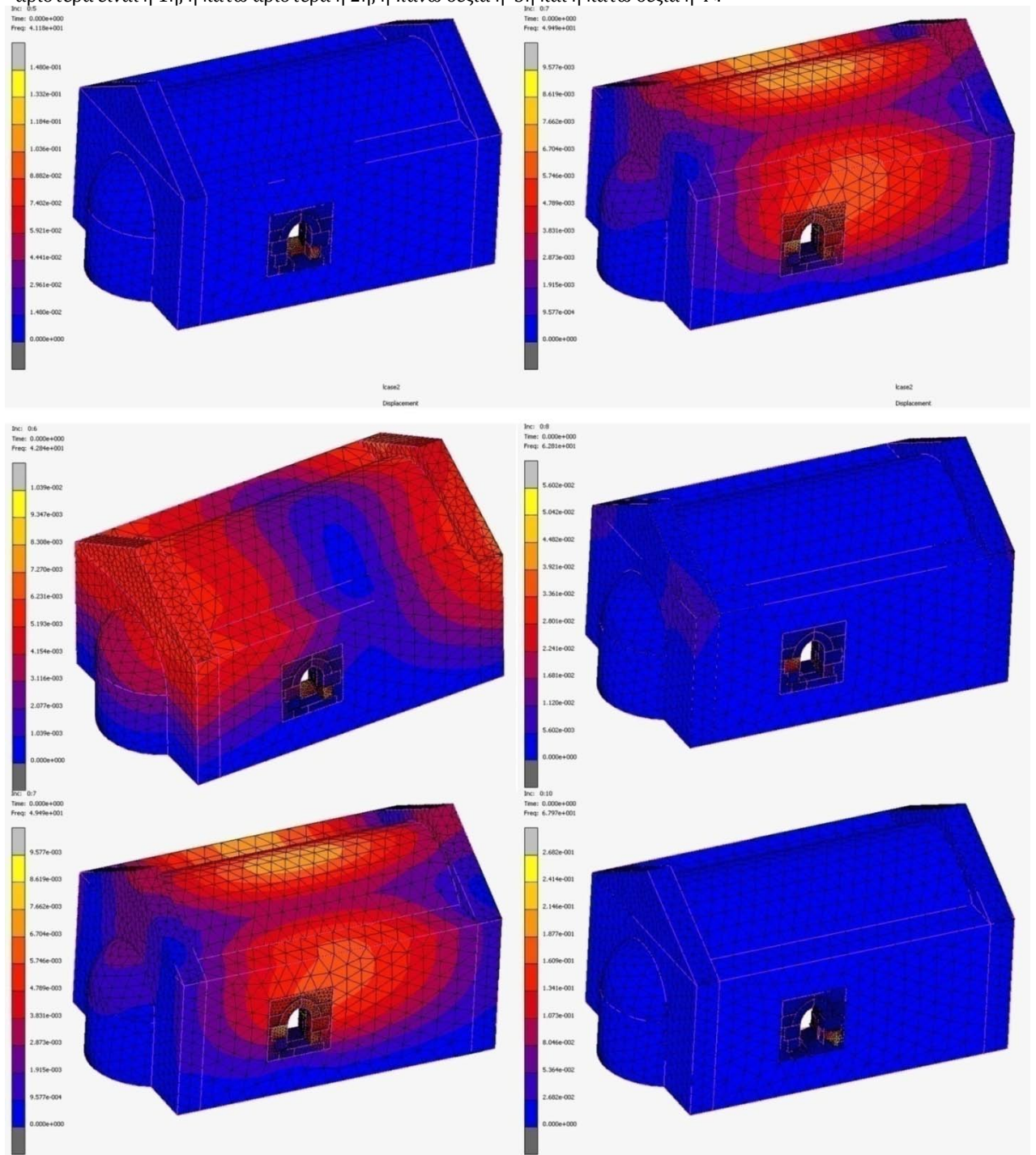
Οι εικόνες που ακολουθούν (εικ. 143-144-145) παρουσιάζουν την ανάλυση ιδιομορφών για τον μονόχωρο ναό σε συνθήκες όπου επιτρέπεται η σχετική μετακίνηση μεταξύ των στοιχείων με την ενεργοποίηση του μηχανισμού τριβής καθώς και η δυνατότητα αποκόλλησης (συνθήκες επαφής **touch** από τις ρυθμίσεις στο λογισμικό υπολογισμών). (Stavroulaki et al. 2002, Stavroulaki 2006, Stavroulaki et al. 2011) Συγκεκριμένα θεωρήθηκε συντελεστής τριβής ίσος με 0,7 και οριακή τάση αποκόλλησης ίση με 1000.

Από τις παρακάτω εικόνες στην αξονομετρική άποψη του ναού, παρατηρούμε την δημιουργία τοπικών μετακινήσεων στους λίθους του παραθύρου. Οι μορφές παραμόρφωσης αυτές διαφοροποιούνται από τις αντίστοιχες στις εικ. 133 – 134 καθώς και 141 – 142 για την κάτοψη, όπου δεν επιτρέπεται η μετακίνηση μεταξύ των επιμέρους λίθων.

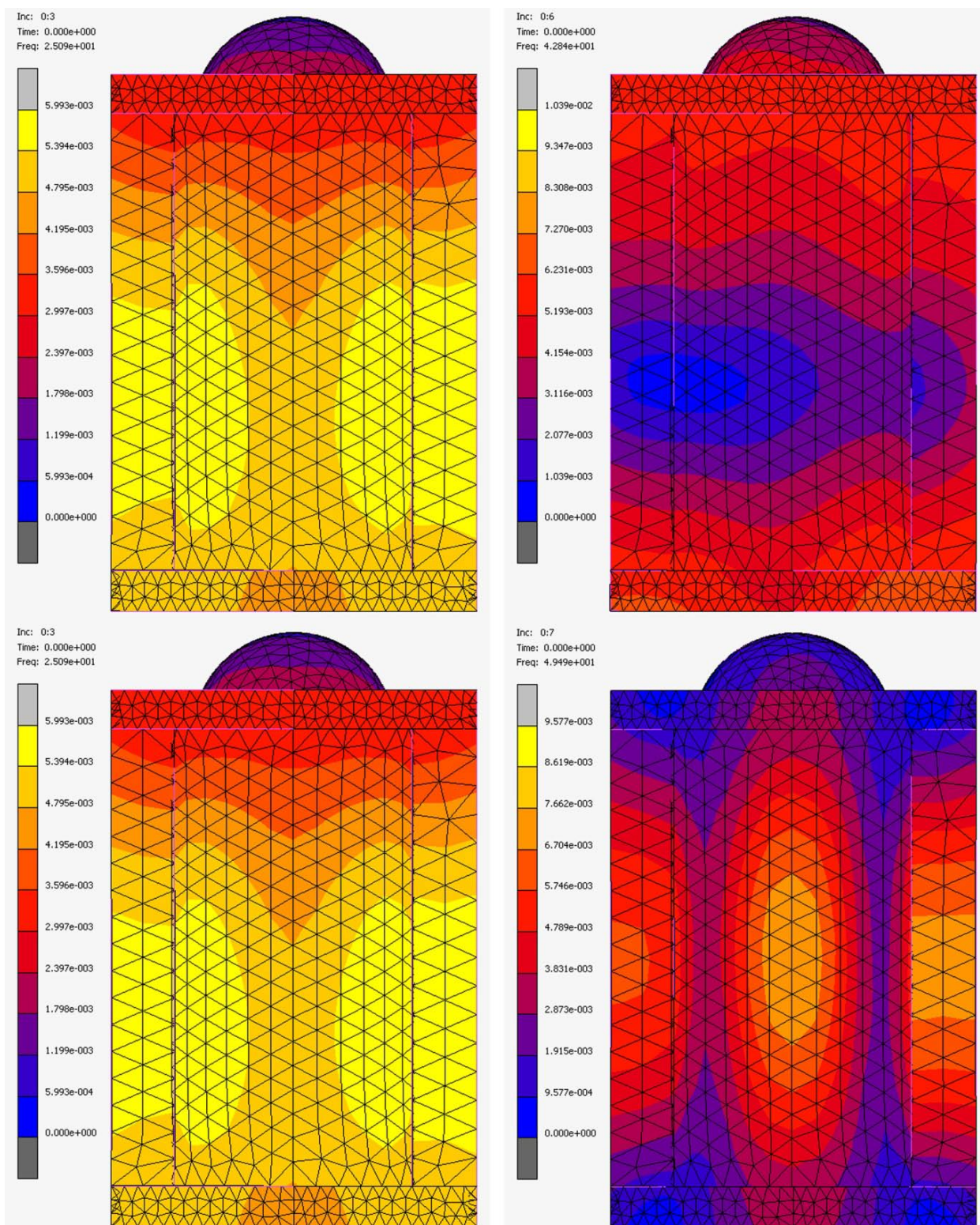


ΕΙΚΟΝΑ 143. Άποψη της ΒΑ γωνίας του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες απλής επαφής μεταξύ των επιμέρους στοιχείων και δυνατότητα ολίσθισης μεταξύ τους μέσω δυνάμεων τριβής (touch). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ

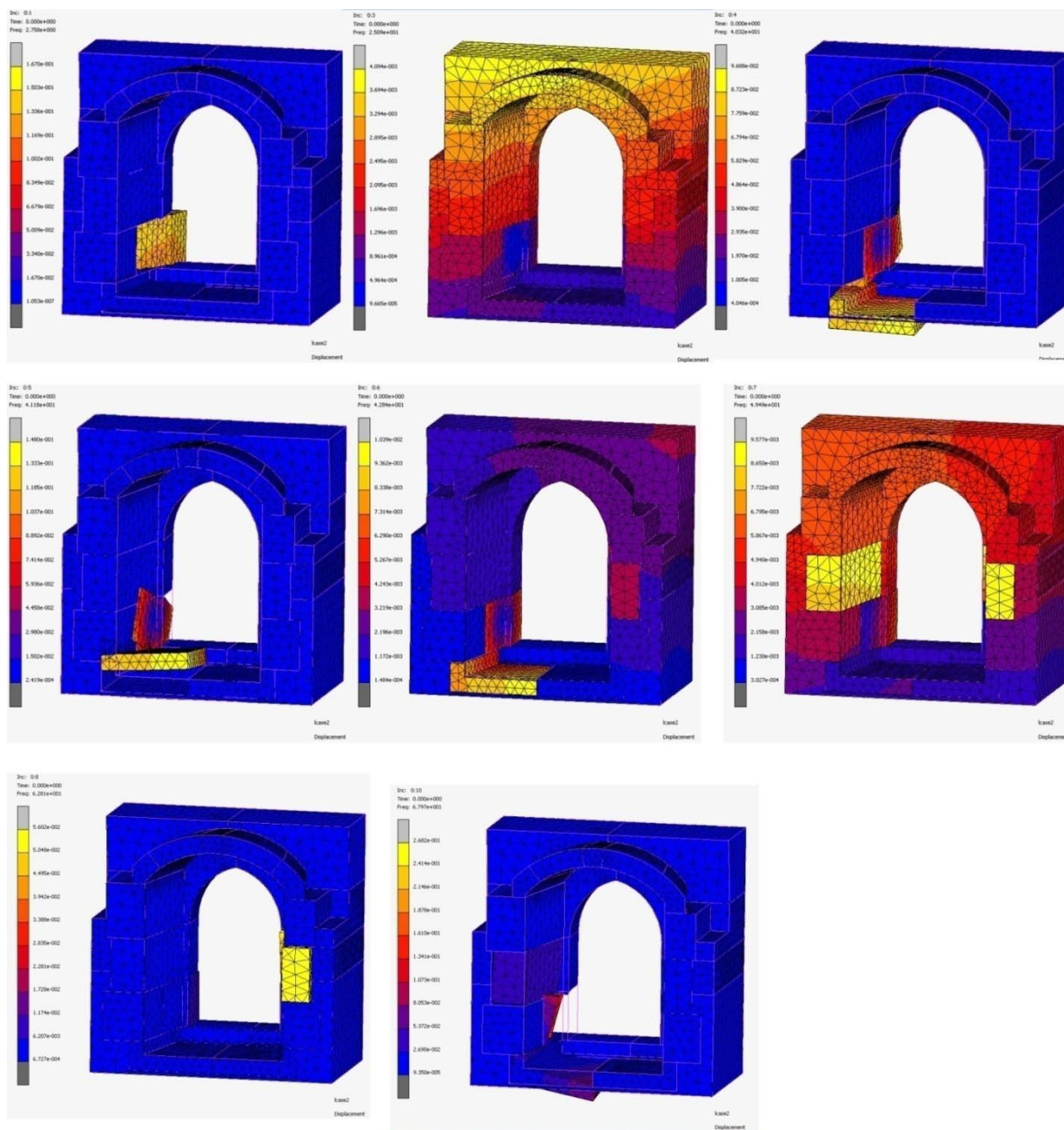
χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις πρώτες τέσσερις ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η 1η, η κάτω αριστερά η 2η, η πάνω δεξιά η 3η και η κάτω δεξιά η 4η.



ΕΙΚΟΝΑ 144. Άποψη της ΒΑ γωνίας του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες απλής επαφής μεταξύ των επιμέρους στοιχείων και δυνατότητα ολίσθισης μεταξύ τους μέσω δυνάμεων τριβής (touch). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις επόμενες 6 ιδιομορφές, όπου η πάνω αριστερά είναι η 5η, η κάτω αριστερά η 7η, η πάνω δεξιά η 8η και η κάτω δεξιά η 10η.



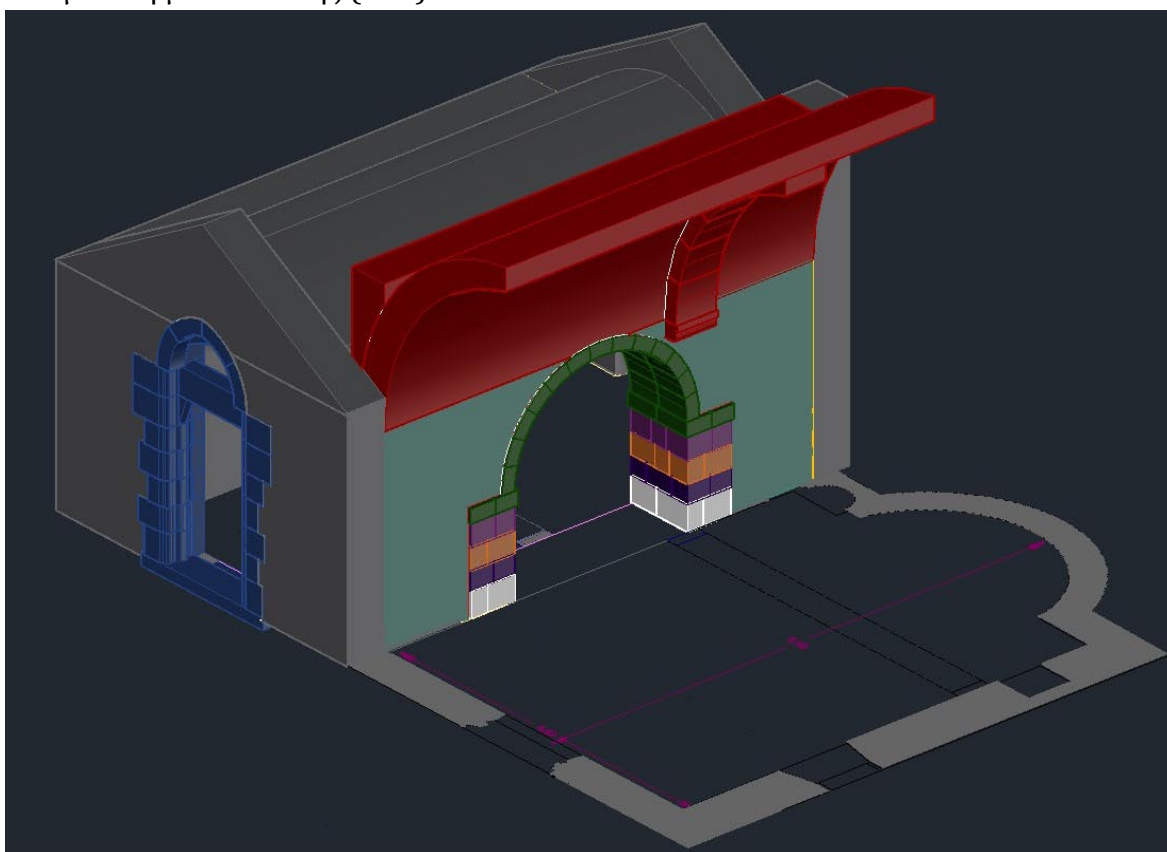
ΕΙΚΟΝΑ 145. Κάτοψη του μονόχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες απλής επαφής μεταξύ των επιμέρους στοιχείων και δυνατότητα ολίσθισης μεταξύ τους μέσω δυνάμεων τριβής (touch). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις πρώτες 4 ιδιομορφές, όπου η πάνω αριστερά είναι η 1η, η κάτω αριστερά η 2η, η πάνω δεξιά η 3η και η κάτω δεξιά η 4η.



ΕΙΚΟΝΑ 146. Λεπτομέρεια του παραθύρου εσωτερικά, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες απλής επαφής μεταξύ των επιμέρους στοιχείων και δυνατότητα ολίσθισης μεταξύ τους μέσω δυνάμεων τριβής (touch). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν 9 ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η πρώτη, και η κάτω δεξιά η 9η. Οι τοπικές μετακινήσεις που διαπιστώνονται εδώ δίνουν μια αρκετά διαφορετική εικόνα από την ομοιόμορφη κατανομή που παρουσιάζουν οι εικ. 137-138 για το ίδιο παράθυρο χωρίς την ύπαρξη δυνάμεων τριβής μεταξύ των λίθων.

2. ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΚΛΙΤΟΥΣ

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, στόχος της παρούσας έρευνας είναι η κατανόηση της συμπεριφοράς ενός μονόχωρου ναού μετά την προσθήκη της δεύτερης οικοδομικής φάσης. Στην αρχική λοιπόν κάτοψη όπου το καθαρό πλάτος είναι 3μ εσωτερικά, προστίθεται ένα δεύτερο παράλληλο κλίτος πλάτους 4,7μ εσωτερικά και ίδιου μήκους με το αρχικό (εικ. 147). Τόσο το πλάτος όσο και το μεγαλύτερο ύψος της προσθήκης σχεδιάστηκαν με βάση τις διαστάσεις του νεότερου κλίτους του Αγ. Αντωνίου στην τοποθεσία Πετάλι, όπως και ο αρχικός ναός. Στην εκκλησία αυτή, ο ναός επεκτάθηκε και κατ'έκταση προς τα δυτικά και στα δυο κλίτη δημιουργώντας μεγαλύτερο μήκος στην πραγματικότητα από αυτό που αποτυπώνεται σχεδιαστικά παρακάτω (εικ. 147). Η επέκταση αυτή αποφεύχθηκε στο υπό μελέτη μοντέλο για λόγους απλοποίησης της μορφολογίας του κτίσματος, καθώς ήδη στην παρούσα μορφή του προέκυψαν αρκετές δυσκολίες στους υπολογισμούς, λόγω του πολύ μεγάλου αριθμού κόμβων (55.708 κόμβοι και 222.648 elements για τον μονόχωρο ναό και 198.221 κόμβοι και 802.919 elements για τον δίχωρο αντίστοιχα) και κατ'έκταση του δύσκολα διαχειρίσιμου μεγέθους των αρχείων και κυρίως του αυξημένου χρόνου των υπολογισμών που σε κάποια σενάρια φόρτισης έφτανε και τις 30 ώρες για το ήμισυ της υπό μελέτη μετατόπισης ($T=1$).

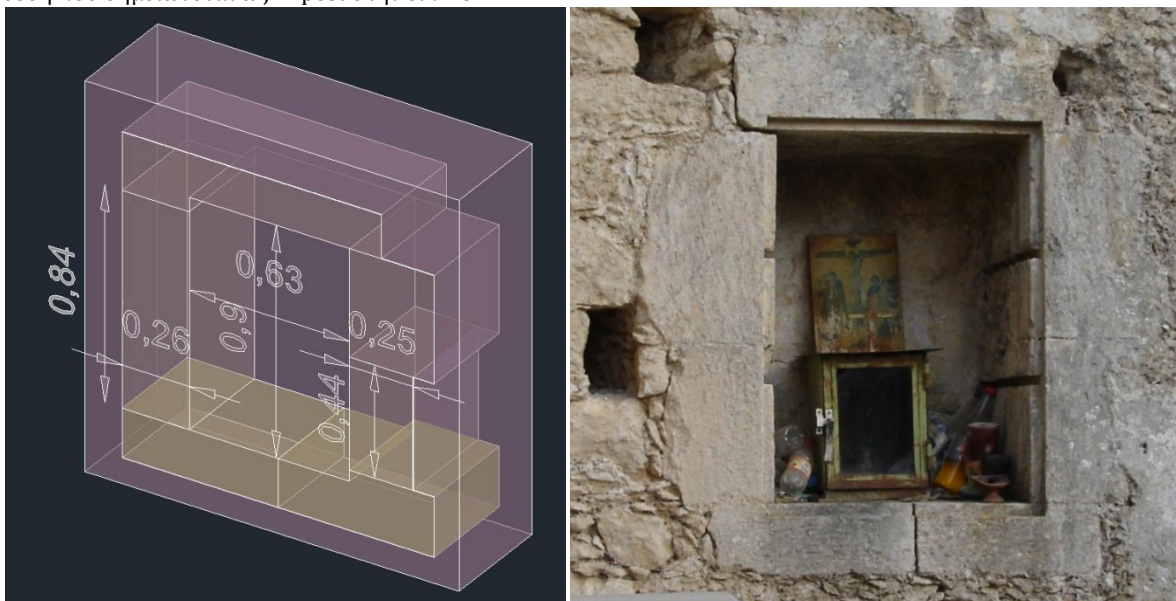


ΕΙΚΟΝΑ 147. Αποψη της ΝΔ πλευράς του δίκλιτου ναού, όπως προκύπτει μετά την προσθήκη του νεότερου παράλληλου κλίτους. Με διαφορετικό χρώμα σημειώνονται οι λίθοι της πόρτας, του τόξου, των πεσσών και των σφενδονίων που σχεδιάστηκαν ως μεμονωμένα στοιχεία, ενώ με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται η προσθήκη καθ' ύψος στην παλαιότερη νότια τοιχοποιία, το ήμισυ του νεότερου θόλου και του σφενδονίου ως τα πρόσθετα φορτία που επιβάρυναν το μεσαίο θεμέλιο, μετά την αφαίρεση του τμήματος της νότιας λιθοδομής κατά την προσθήκη της ημικυκλικής καμάρας για την ένωση των δυο κλιτών.

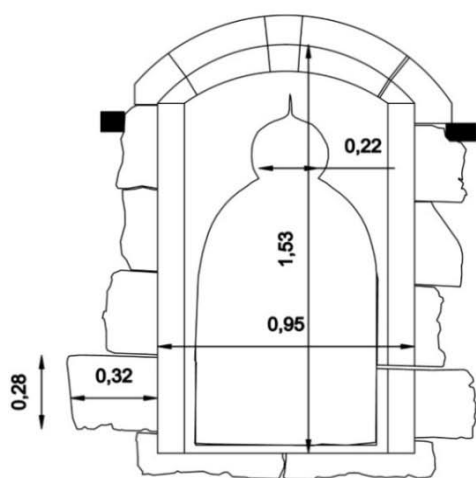
Η σύνδεση των δυο κλιτών πραγματοποιείται μέσω ημικυκλικής καμάρας εδραζόμενης σε δυο πεσσούς. Τόσο οι λίθοι της καμάρας όσο και οι λίθοι των πεσσών σχεδιάστηκαν ως μεμονωμένα στοιχεία, με βάση τις πραγματικές διαστάσεις τους όπως προέκυψαν από την αποτύπωση των πραγματικών στον ναό του Αγ. Αντωνίου (εικ. 148). Το νεότερο κλίτος της προσθήκης έχει ένα παράθυρο με βάση ομοίως την αποτύπωση του πραγματικού (εικ. 150), ένα θύρωμα ίδιων διαστάσεων και γεωμετρίας με εκείνο του αρχικού κλίτους που περιγράφηκε παραπάνω, ένα σφενδόνιο ενίσχυσης του θόλου και μια θυρίδα στον νότιο τοίχο στον χώρο του Ιερού διαμορφωμένη με λίθινο λαξευτό ορθογώνιο πλαίσιο (εικ. 149-150).



ΕΙΚΟΝΑ 148. Λεπτομέρεια της λαξευτής λιθοδομής για την διαμόρφωση του ημικυκλικού ανοίγματος στην ένωση των δυο κλιτών. Οι δυο εικόνες προέρχονται από τον ναό του Αγ. Αντωνίου στο Πετάλι και μετά την αποτύπωση τους σχεδιάστηκαν για το τρισδιάστατο μοντέλο του δίκλιτου ναού (εικ. 147) που μελετήθηκε στο λογισμικό των πεπερασμένων στοιχείων. Αριστερά είναι ο δυτικός πεσσός που διατηρείται σήμερα στο μεγαλύτερο ύψος και δεξιά ο πρώτος λίθος του μεσαίου πεσσού με καμπυλότητα προς τα δεξιά που εδράζεται επάνω από την στέψη του πεσσού στη θέση που σημειώνεται ως impost στην εικ. 73.



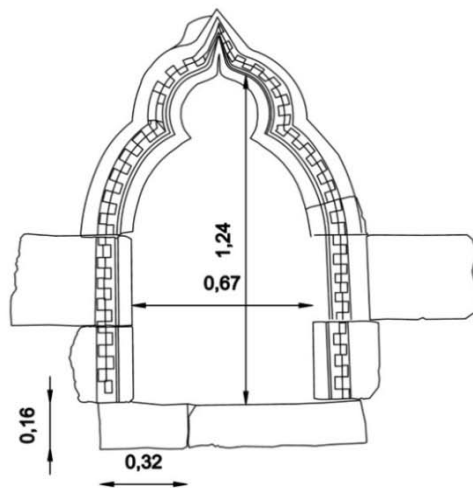
ΕΙΚΟΝΑ 149. Λεπτομέρεια λίθινης εσοχής από λαξευτούς δόμους στην νότια τοιχοποιία του δίκλιτου ναού, όπως αποτυπώθηκε και σχεδιάστηκε τρισδιάστατα (αριστερά) με βάση το υπαρκτό άνοιγμα στον ναό του Αγ. Αντωνίου (δεξιά).



Εσωτερική άποψη

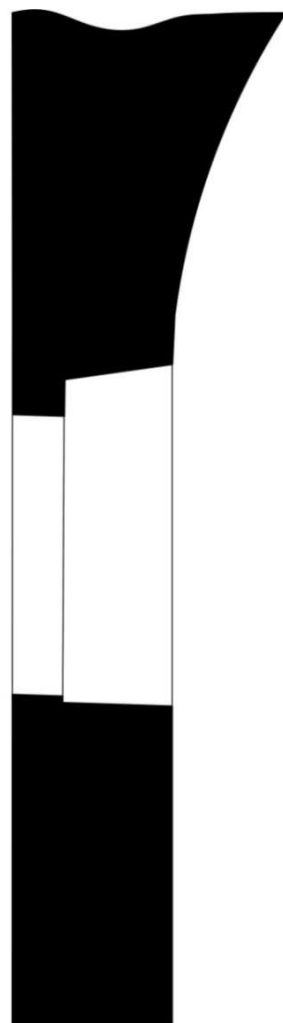


Κάτοψη παραθύρου

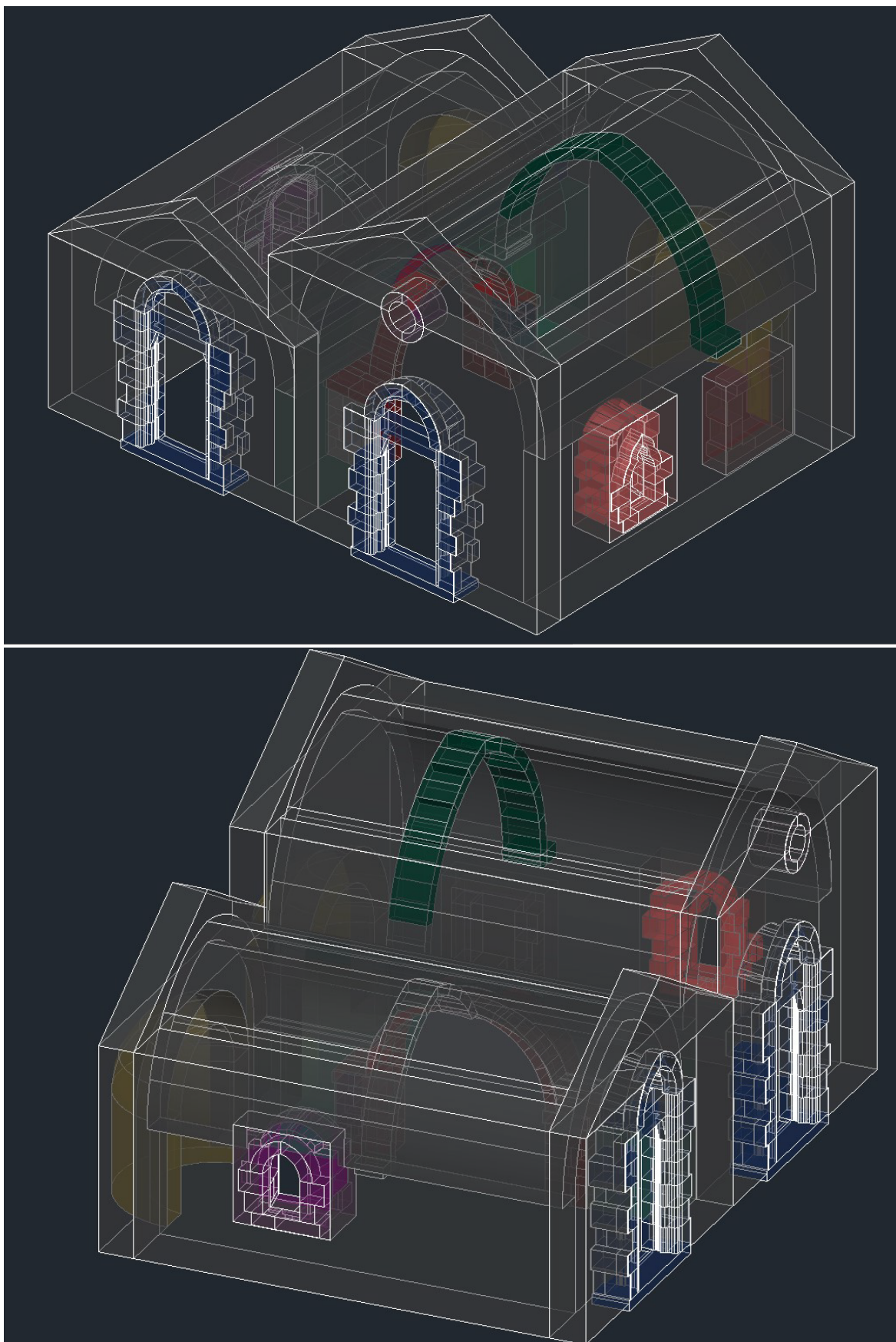


Εξωτερική άποψη

Τομή

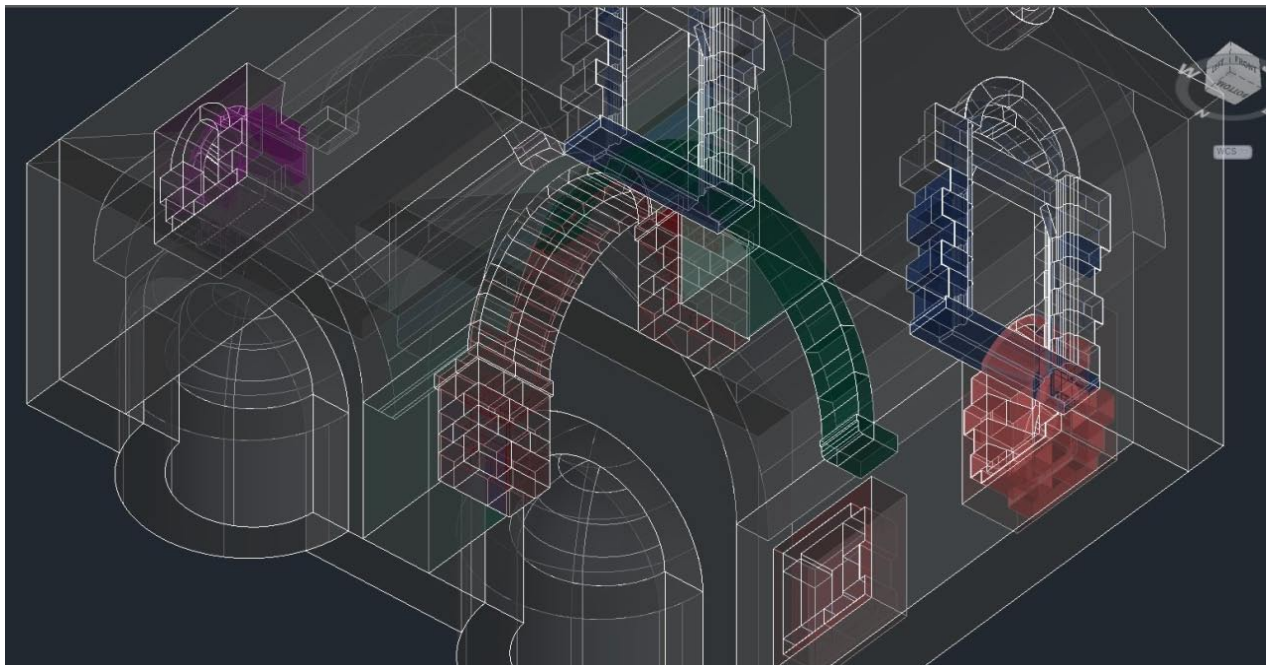


EIKONA 150. (Επάνω) Σχεδιαστική αποτύπωση του ανατολικού ανοίγματος του νότιου τοίχου στον ναό του Αγ. Αντωνίου, όπου σημειώνονται οι κυριότερες διαστάσεις εσωτερικά και εξωτερικά και (αριστερά) η φωτογραφία του ανοίγματος. Η αποτύπωση αυτή χρησιμοποιήθηκε στην συνέχεια στο τρισδιάστατο μοντέλο του δίχωρου ναού που μελετήθηκε στο λογισμικό των πεπερασμένων στοιχείων. (εικ. 151 επάνω, 152, 153 δεξιά και 154)

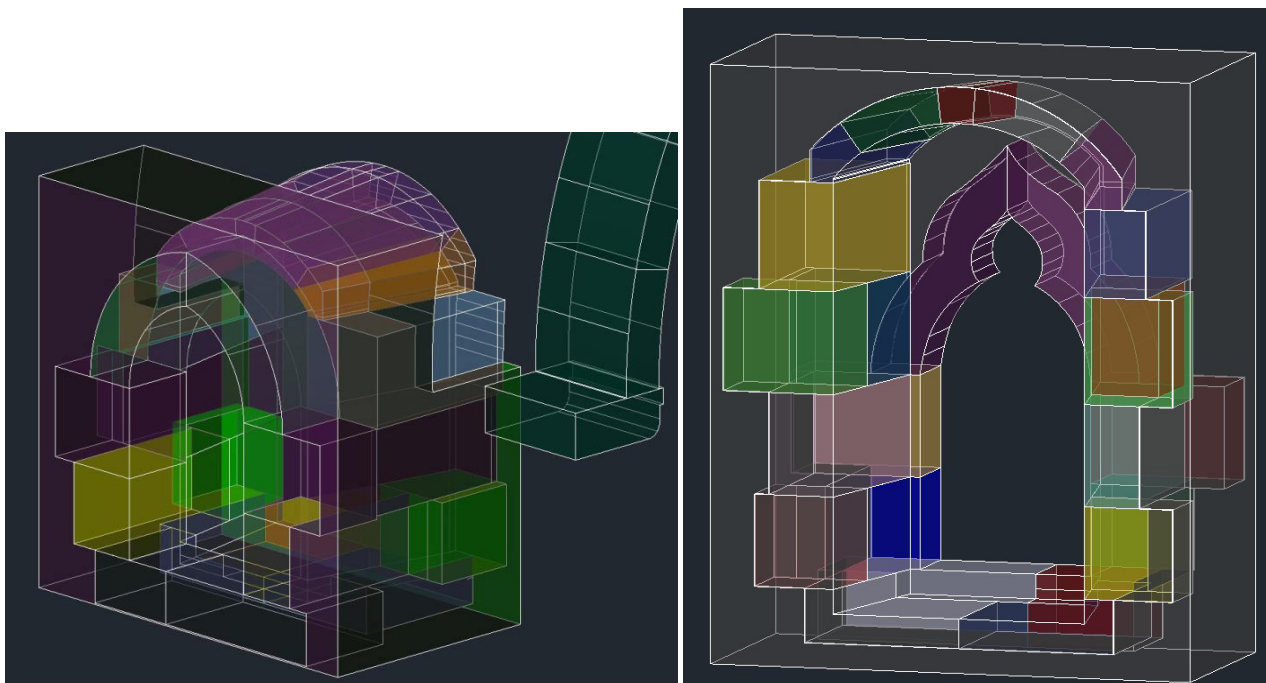


ΕΙΚΟΝΑ 151. Τρισδιάστατη απεικόνιση δώρου ναού. Άποψη της ΝΔ (πάνω) και ΒΔ γωνίας (κάτω) όπου παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα οι επιμέρους ξεχωριστοί όγκοι της τοιχοποιίας, των θόλων, των σφενδονίων, των ανοιγμάτων και των πλαισίων τους, οι κόγχες και οι λίθοι των πεσσών και του τόξου που τους συνδέει.

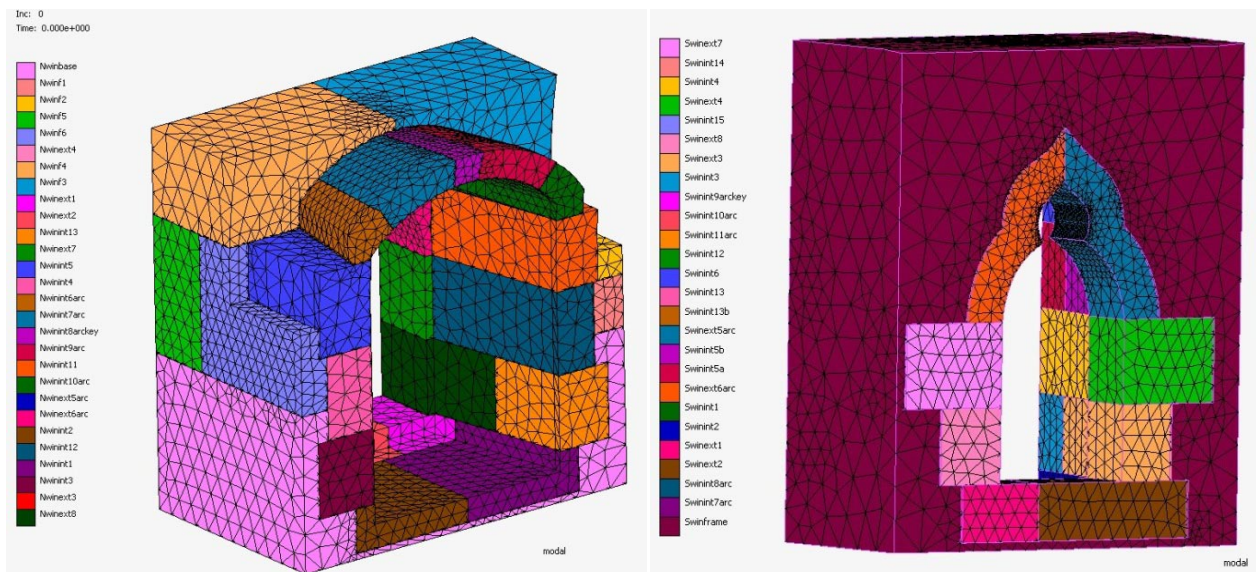
Στις εικόνες 151-153 παρουσιάζονται λεπτομέρειες από τον τρισδιάστατο σχεδιασμό του φορέα ως σύνθεση των επιμέρους όγκων. Η σχεδίαση έγινε με γνώμονα την όσο το δυνατόν πιο ακριβή προσομοίωση των στοιχείων των ανοιγμάτων, των τόξων και των πεσσών των οποίων ο μηχανισμός αστοχίας αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης στην ανάλυση του φορέα με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (εικ. 154-155).



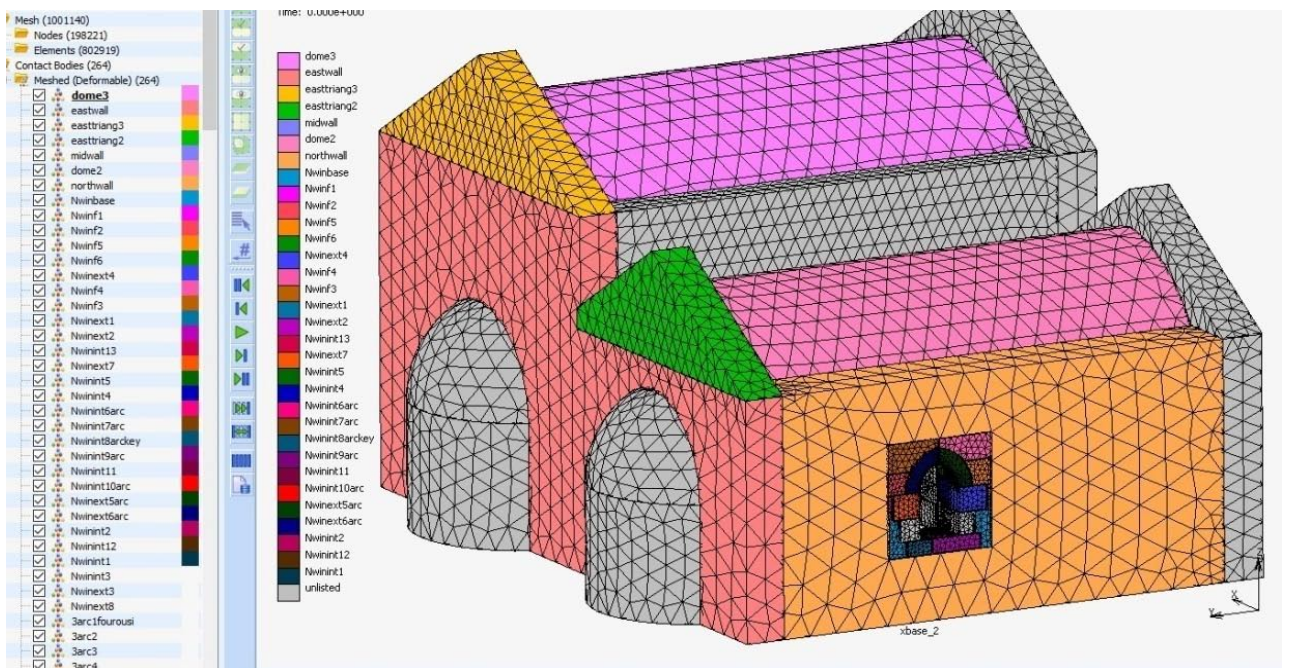
ΕΙΚΟΝΑ 152. Τρισδιάστατη απεικόνιση δίχωρου ναού. Άποψη του εσωτερικού χώρου όπου παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα οι επιμέρους ξεχωριστοί όγκοι της τοιχοποιίας, των θόλων, των σφενδονίων, των ανοιγμάτων και των πλαισίων τους, οι κόγχες και οι λίθοι των πεσσών και του τόξου που τους συνδέει.



ΕΙΚΟΝΑ 153. Διαμόρφωση ανοιγμάτων. Λεπτομέρεια της εξωτερικής πλευράς του ανοίγματος του βόρειου τοίχου (αριστερά) όπως προκύπτει με τον τρισδιάστατο σχεδιασμό του ως σύνθεση των επιμέρους όγκων (βλ. Εικ. 152) και άποψη της εσωτερικής πλευράς του ανοίγματος του νότιου τοίχου ομοίως (δεξιά).



ΕΙΚΟΝΑ 154. Διαμόρφωση ανοιγμάτων. Λεπτομέρεια της εσωτερικής πλευράς του ανοίγματος του βόρειου τοίχου (αριστερά) όπως προκύπτει με τον τρισδιάστατο σχεδιασμό και την διακριτοποίηση του ως 24 μεμονωμένοι όγκοι (contact bodies) και άποψη της εξωτερικής πλευράς του ανοίγματος του νότιου τοίχου ομοίως (δεξιά) ως 26 μεμονωμένοι όγκοι.

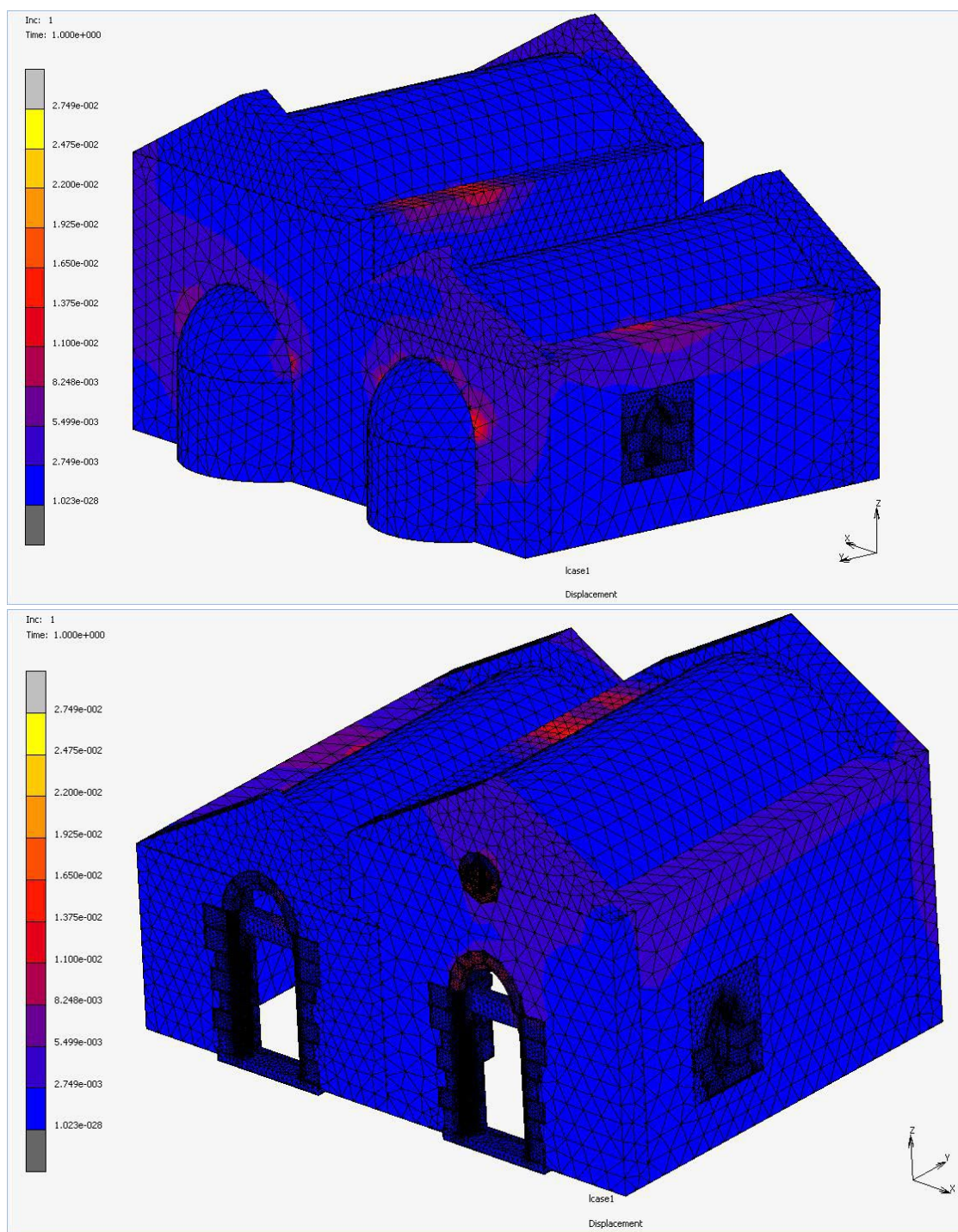


ΕΙΚΟΝΑ 155. Διακριτοποίηση του συνολικού φορέα όπου σημειώνονται με διαφορετικά χρώματα τα ξεχωριστά στοιχεία του κτιρίου σε επαφή (contact bodies) ως ένα σύνολο 264 μεμονωμένων όγκων.

Η διακριτοποίηση σε πεπερασμένα στοιχεία έγινε με βάση τους διακριτούς όγκους με τους οποίους περιγράφεται η γεωμετρία. Κάθε όγκος θεωρήθηκε ένα ξεχωριστό σώμα το οποίο έχει την δυνατότητα να βρίσκεται σε επαφή (ανάπτυξη τριβής ή και αποκόλληση) ή να είναι πλήρως συνδεδεμένο με τα γειτονικά του όπως φαίνεται στην εικόνα 154. Στην εικόνα 154 δίνεται το μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων των ανοιγμάτων όπου φαίνονται οι διαφορετικοί όγκοι, που συμπίπτουν με τους λαξευτούς λίθους της κατασκευής.

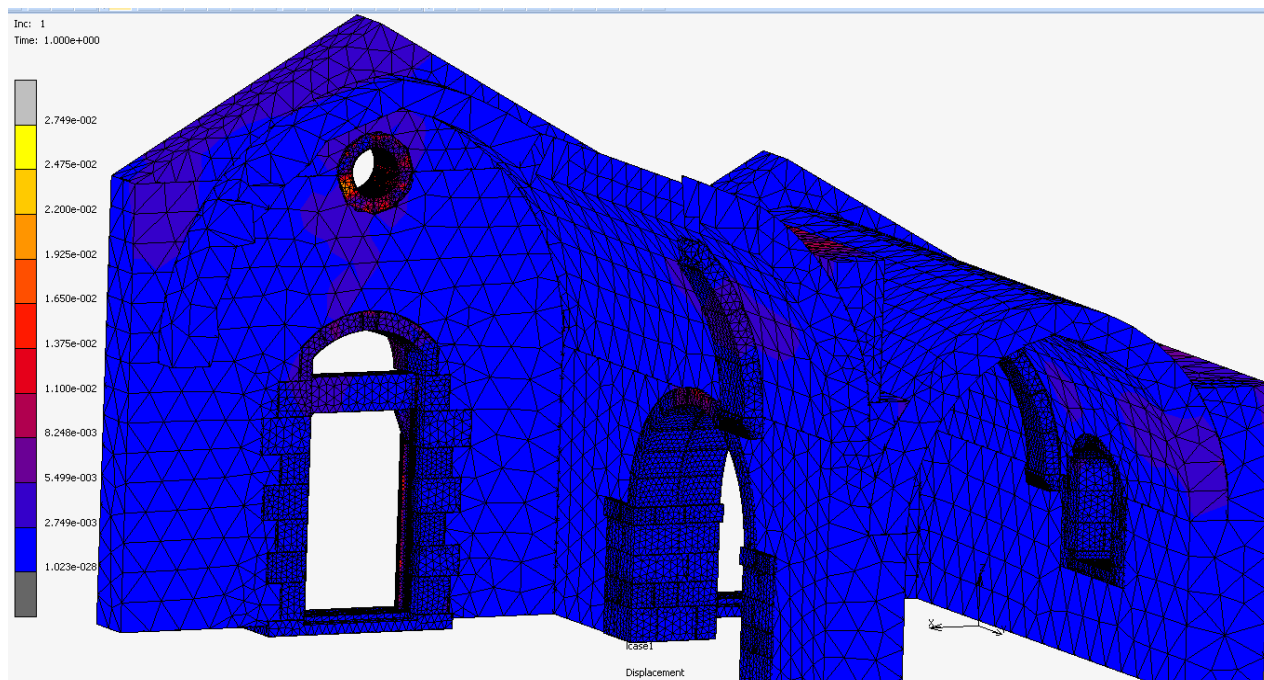
Στατικά φορτία

Στις δυο εικόνες που ακολουθούν (εικ.156) φαίνονται οι μέγιστες μετατοπίσεις του ναού λαμβάνοντας υπόψιν μόνο το ίδιο βάρος και την θεμελίωση. Όπως και στην περίπτωση του μονόχωρου ναού (εικ. 130-132), μεγαλύτερες μετατοπίσεις παρουσιάζονται στον ανατολικό τοίχο στα σημεία επαφής με την κόγχη του ιερού, στο τμήμα του βόρειου τοίχου που βρίσκεται πάνω από το άνοιγμα, στο ανώτερο τμήμα του μεσότοιχου



ΕΙΚΟΝΑ 156. Αξονομετρικό του δίχωρου ναού από την ΒΑ και ΝΔ γωνία, μετά την διακριτοποίηση των επιμέρους όγκων με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς του ιδίου βάρους της λίθινης κατασκευής και τις αντιδράσεις της θεμελίωσης. Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο.

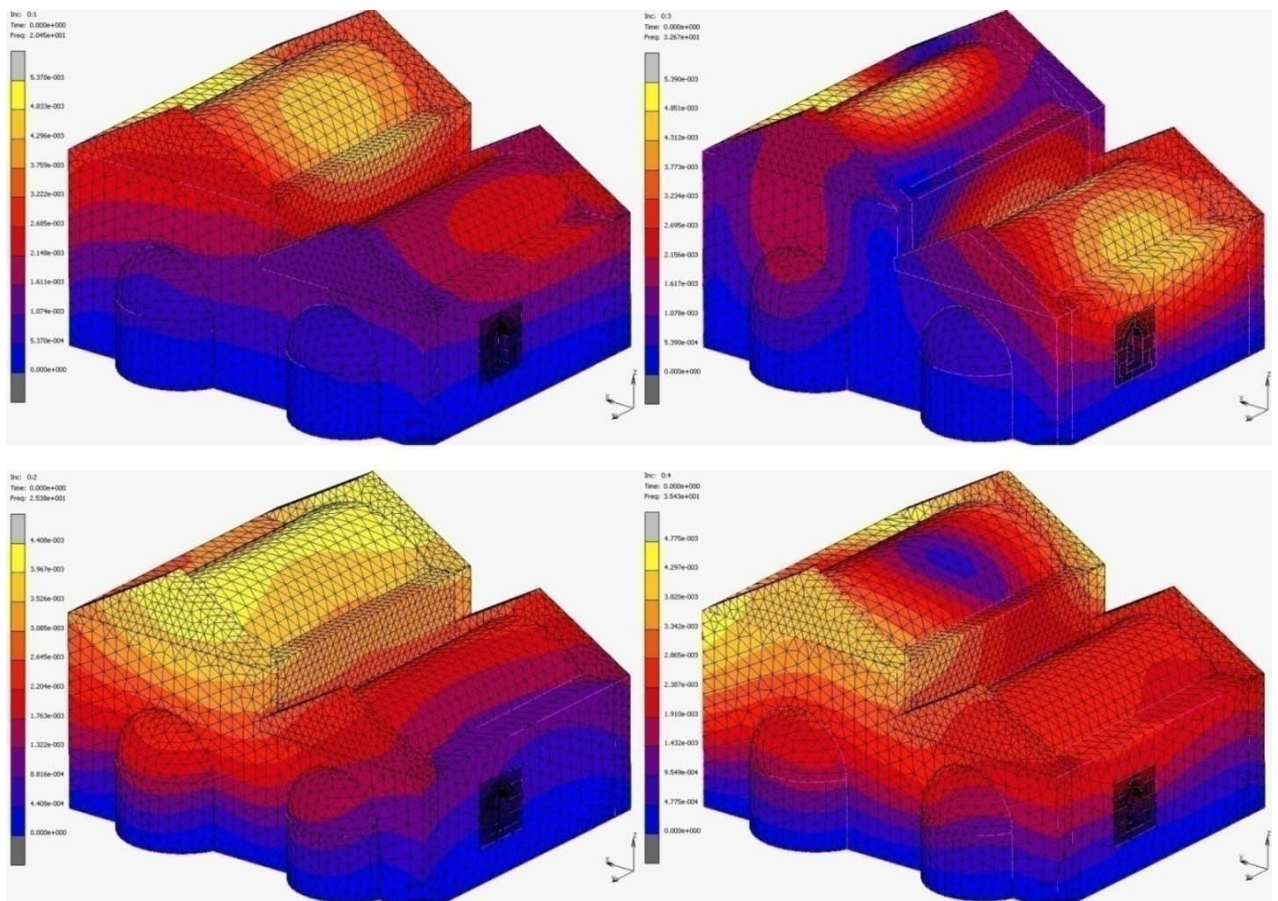
που χωρίζει τα δυο κλίτη, πλησίον του ανατολικού τοίχου, στο ανακουφιστικό τόξο επάνω από το θύρωμα του δυτικού τοίχου περισσότερο του νέου κλίτους και στο κυκλικό παράθυρο άνωθεν αυτού. Στην φωτογραφία που ακολουθεί (εικ. 157) έχει ενδιαφέρον ότι ήδη από την εφαρμογή της απλούστερης φόρτισης του ίδιου βάρους της κατασκευής παρουσιάζεται μια μικρή τάση δημιουργίας ρωγμής που διατρέχει το κυκλικό παράθυρο και κατέρχεται ελαφρώς έκκεντρα στο θύρωμα του δυτικού τοίχου στο μεγάλο κλίτος, όπως ακριβώς συμβαίνει και στις περιπτώσεις των ναών που περιγράφηκαν συγκριτικά ως παθολογία σε προηγούμενο κεφάλαιο [εικ 19 και 114]. Η αντίστοιχη ρωγμή δεν εμφανίζεται το θύρωμα του βόρειου κλίτους, πιθανόν λόγω του χαμηλότερου ύψους.



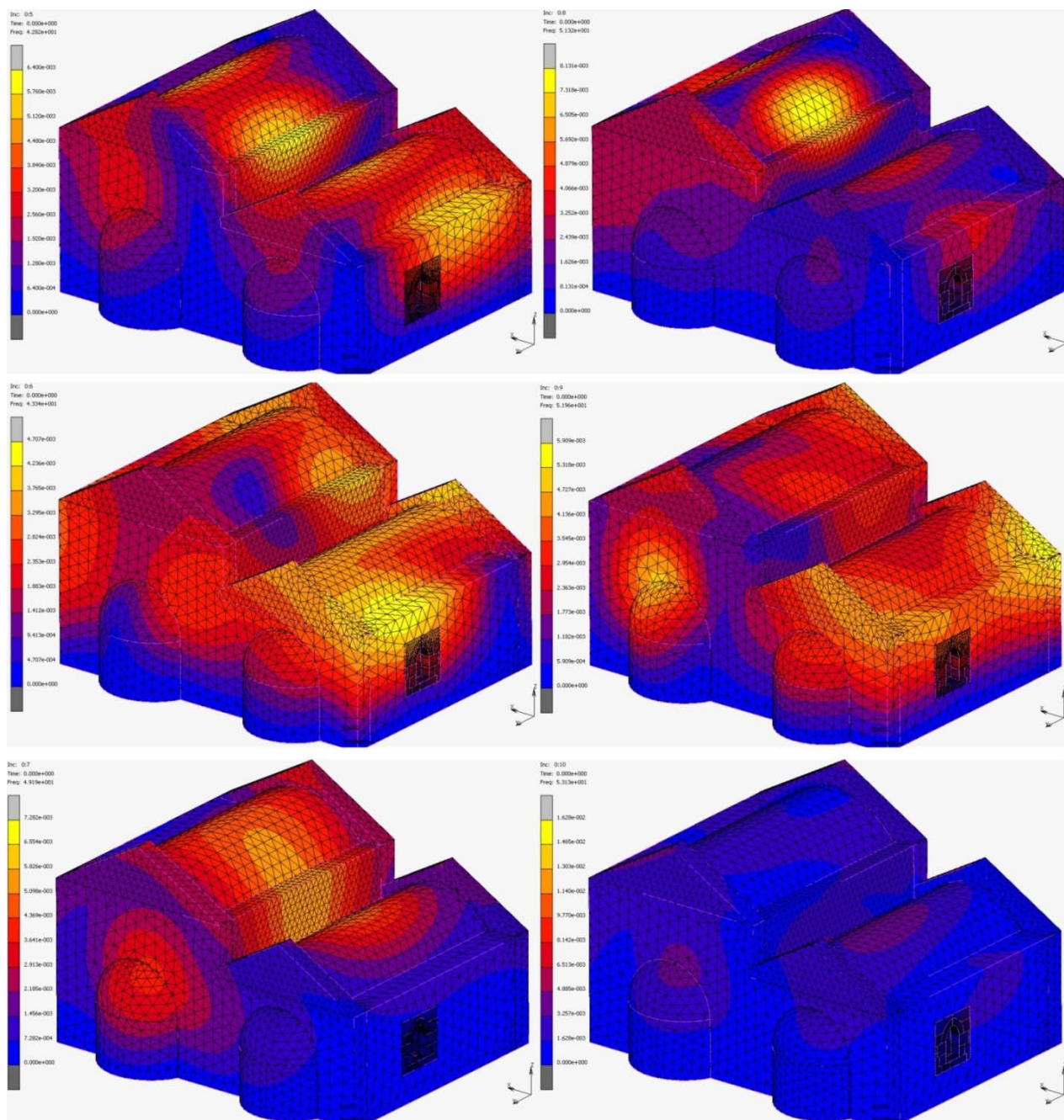
ΕΙΚΟΝΑ 157. Αξονομετρική τομή του δίχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς του ίδιου βάρους της λίθινης κατασκευής και τις αντιδράσεις της θεμελίωσης. Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των καταπονήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο.

ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

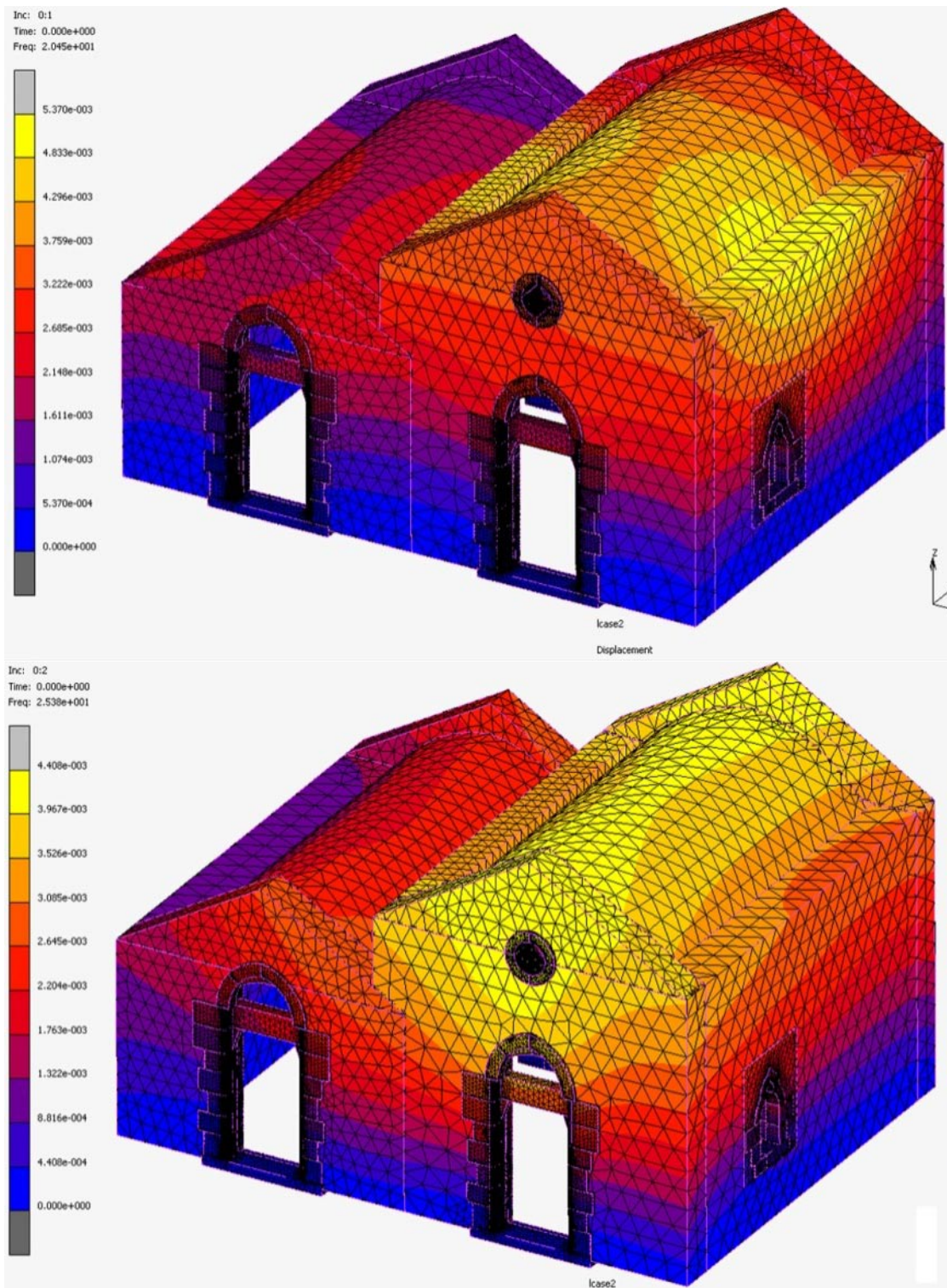
Η ιδιομορφική ανάλυση του δίκλιτου ναού διαφοροποιείται σε πολλά σημεία ως προς την συνολική συμπεριφορά του σε σχέση με το μονόχωρο κτίσμα. Στις εικόνες που ακολουθούν έχουν χρησιμοποιηθεί οι ίδιες παράμετροι με την ανάλυση του αρχικού μονοχωρου ναού και η ανάλυση των ιδιομορφών έγινε ομοίως για τις δέκα πρώτες οι οποίες και παρουσιάζονται με αυτή την σειρά για όλες τις απόψεις του ναού. Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν τον ναό σε αξονομετρική άποψη (εικ. 158-161) ώστε να είναι ορατή η συμπεριφορά του σε όλες τις όψεις, μια κάτοψη (εικ. 162-163) και μια θεώρηση του έσω τμήματος του νότιου κλίτους ώστε να φανεί η καταπόνηση στον μεσαίο τοίχο. Η πρώτη σειρά εικόνων (εικ. 158-164) αφορά τους υπολογισμούς με *πλήρη σύνδεση μεταξύ των στοιχείων* (συνθήκες επαφής glue από τις ρυθμίσεις στο λογισμικό υπολογισμών).



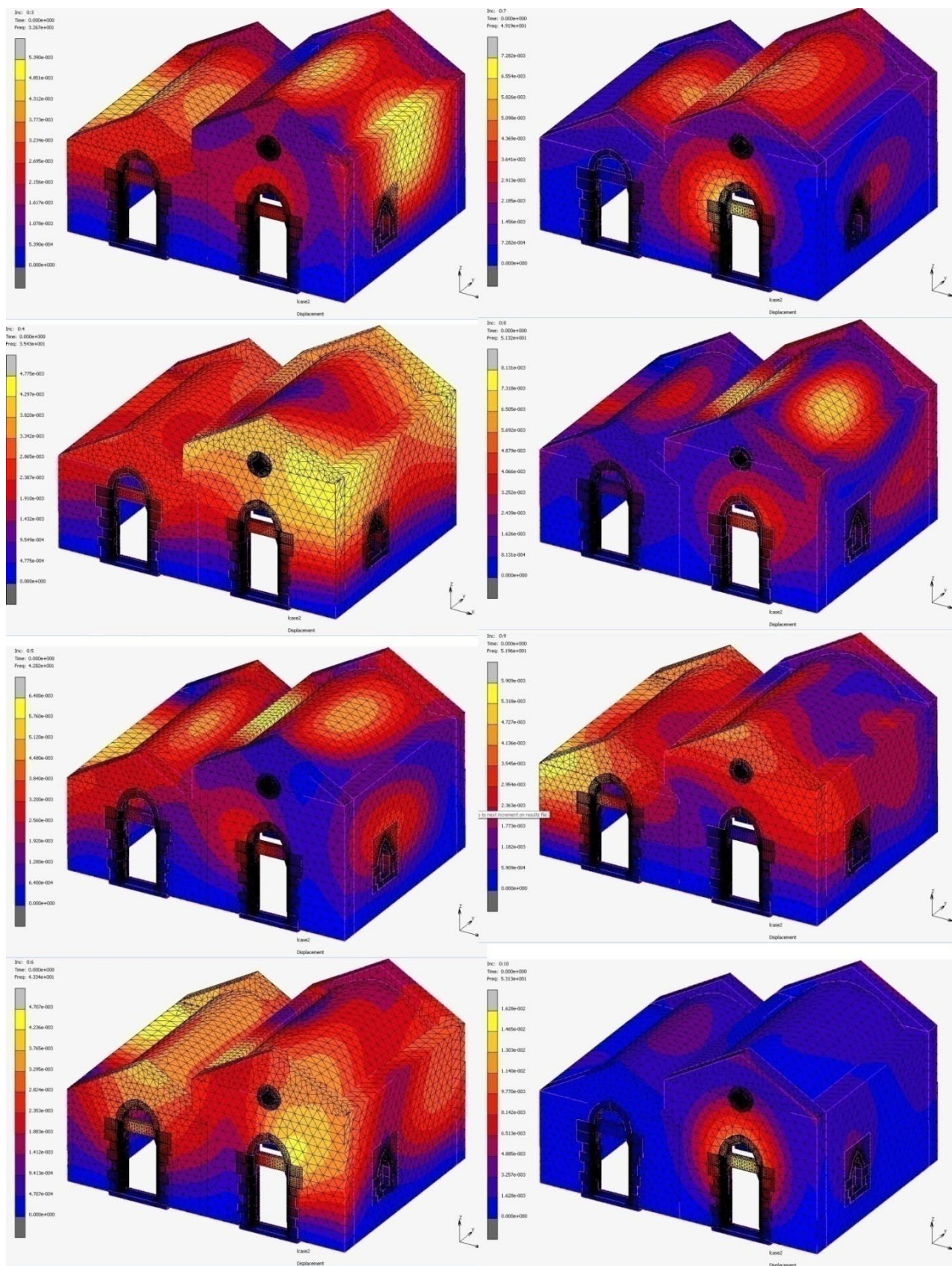
ΕΙΚΟΝΑ 158. Άποψη της ΒΑ γωνίας του δίκλιτου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις πρώτες τέσσερις ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η 1η, η κάτω αριστερά η 2η, η πάνω δεξιά η 3η και η κάτω δεξιά η 4η.



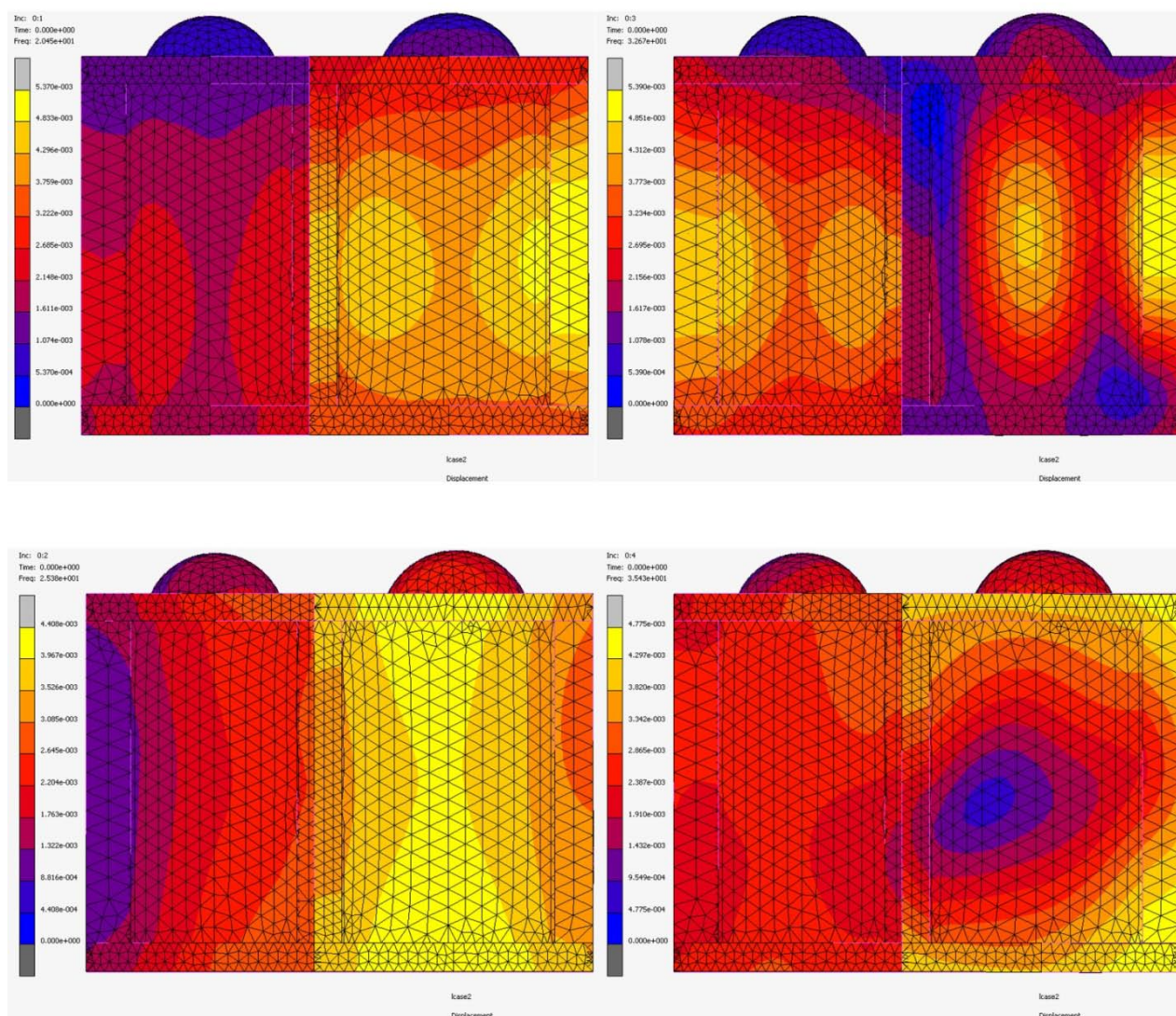
ΕΙΚΟΝΑ 159. Άποψη της ΒΑ γωνίας του δίκλιτου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις επόμενες 6 ιδιομορφές όπου η πάνω αριστερά είναι η 5η, η κάτω αριστερά η 7η, η πάνω δεξιά η 8η και η κάτω δεξιά η 10η.



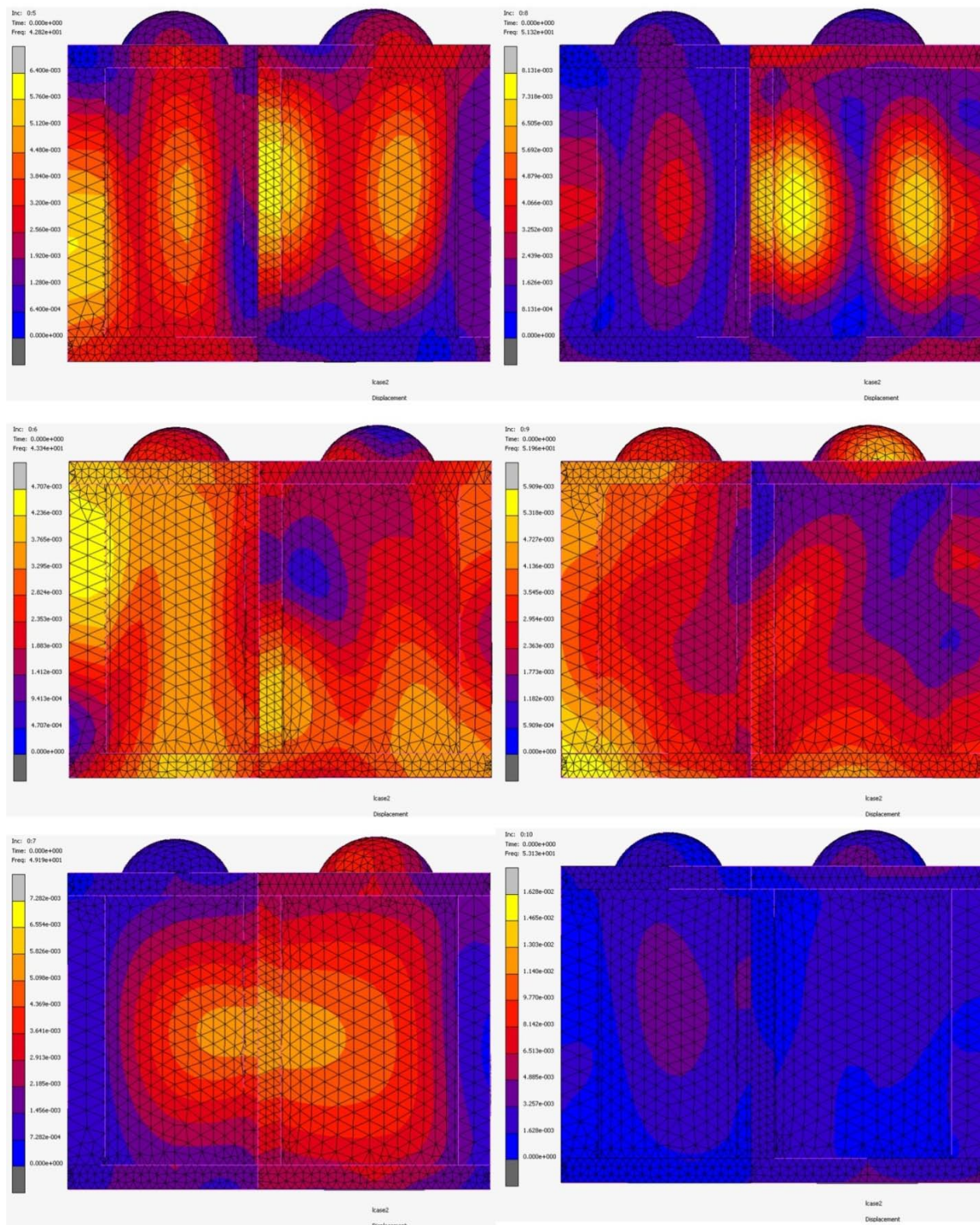
ΕΙΚΟΝΑ 160. Άποψη της ΒΑ γωνίας του δίκλιτου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν αφορούν τις πρώτες 2 ιδιομορφές όπου πάνω είναι η 1η, και κάτω η 2η.



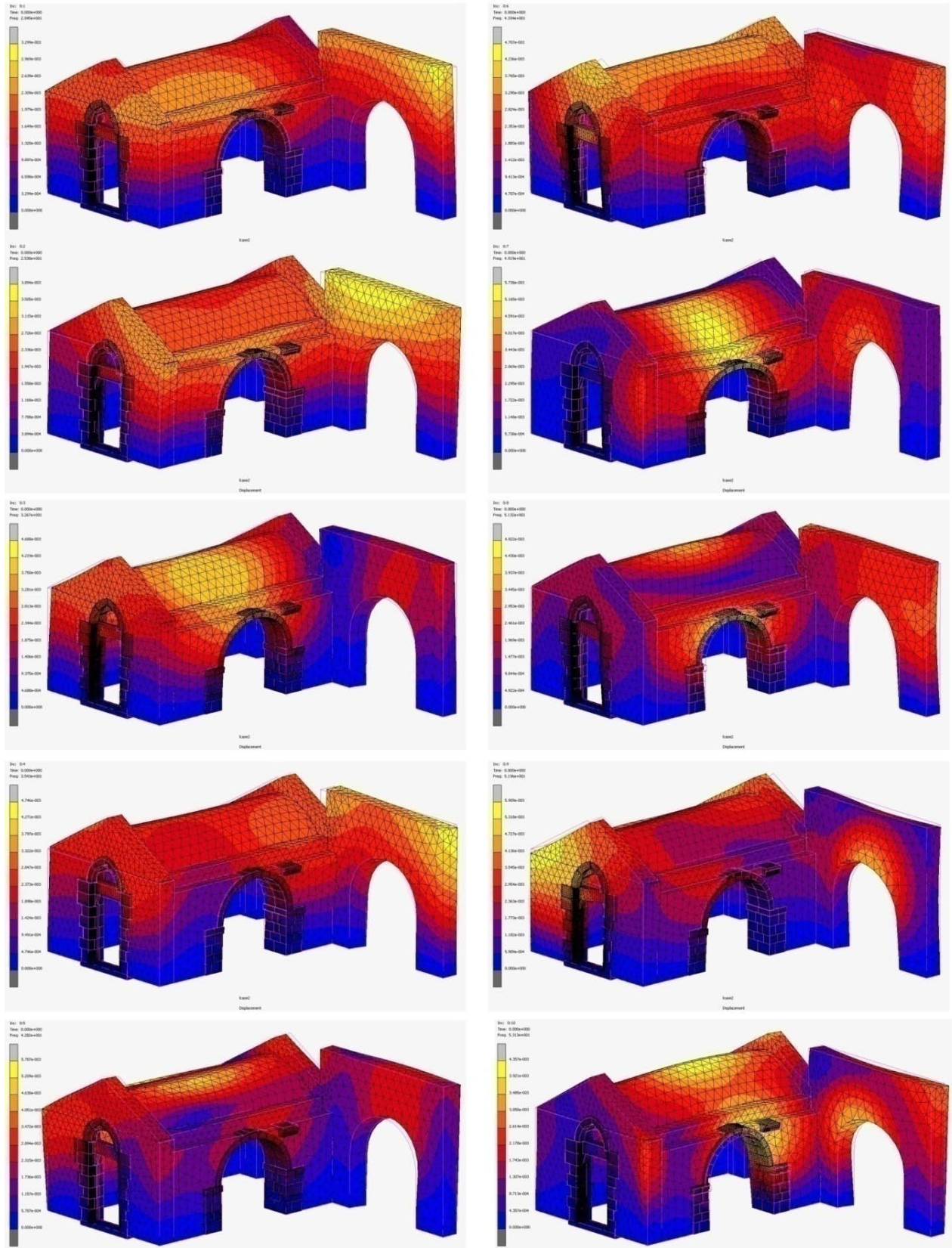
ΕΙΚΟΝΑ 161. Άποψη της ΒΑ γωνίας του ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις επόμενες 8 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 3η, κάτω αριστερά η 6η, πάνω δεξιά η 7η και κάτω δεξιά η 10η.



ΕΙΚΟΝΑ 162. Κάτοψη του δίσκωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Η χρωματική κλίμακα αριστερά παρουσιάζει την διαφοροποίηση των μετακινήσεων με τις χαμηλότερες τιμές στο μπλέ χρώμα και τις υψηλότερες στο κίτρινο. Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις πρώτες 4 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 1η, κάτω αριστερά η 2η, πάνω δεξιά η 3η και κάτω δεξιά η 4η. Οι αντίστοιχες εικόνες για τον μονόχωρο ναό βρίσκονται στις εικ. 141 και 142.

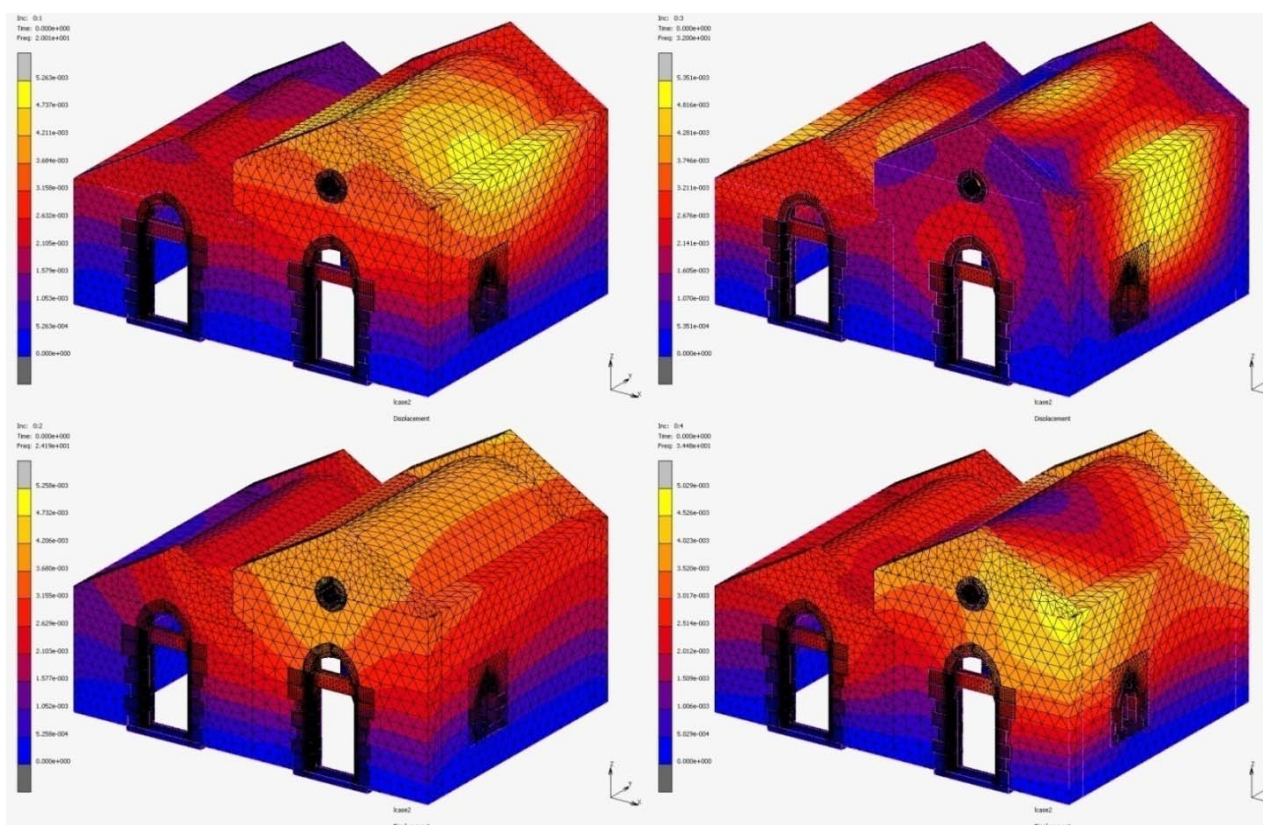


EIKONA 163. Κάτοψη του ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις επόμενες 6 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 5η, κάτω αριστερά η 7η, πάνω δεξιά η 8η και κάτω δεξιά η 10η.

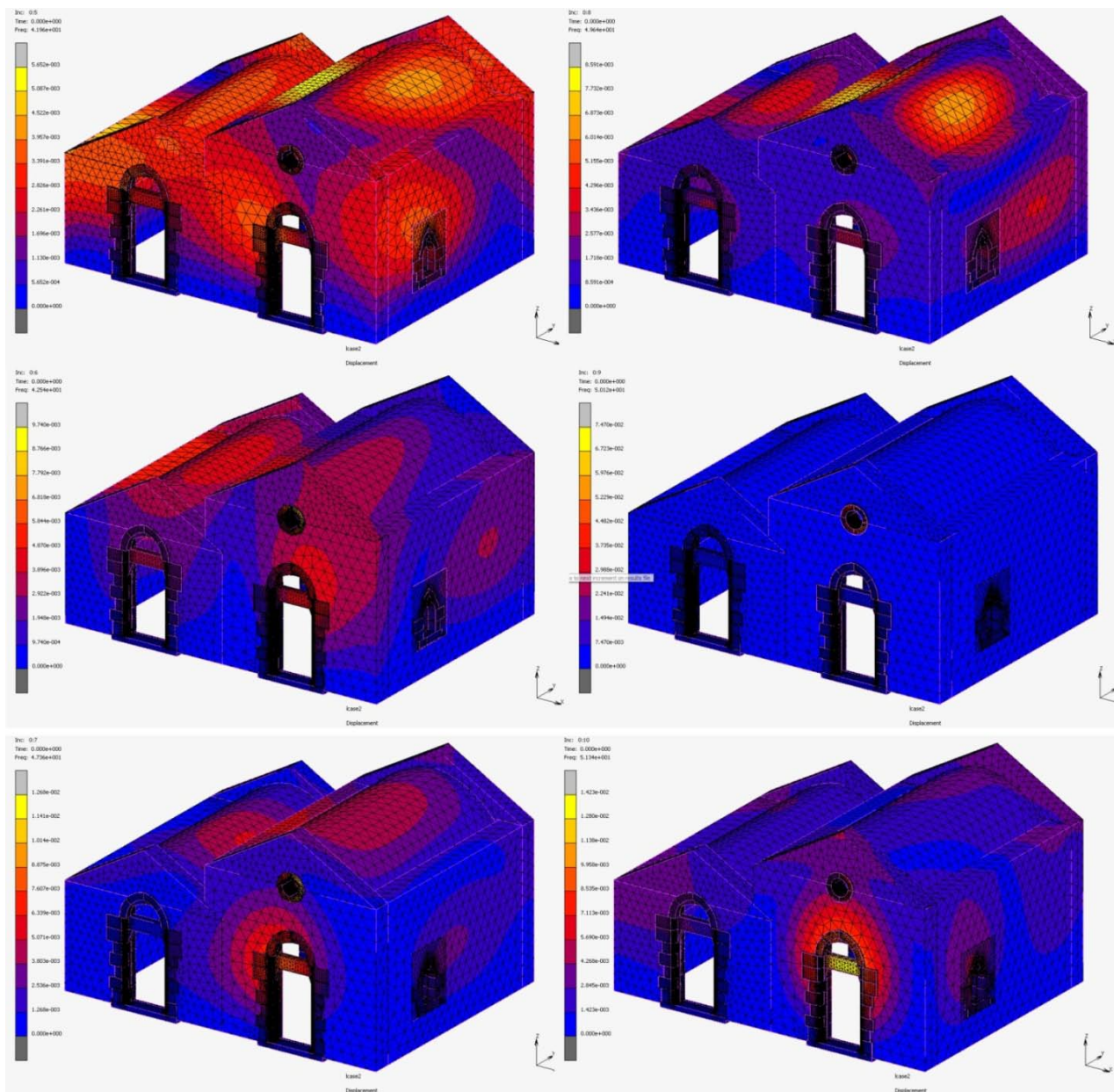


ΕΙΚΟΝΑ 164. Αξονομετρική τομή του ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες περιορισμού της μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (glue). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις 10 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 1η, κάτω αριστερά η 5η, πάνω δεξιά η 6η και κάτω δεξιά η 10η.

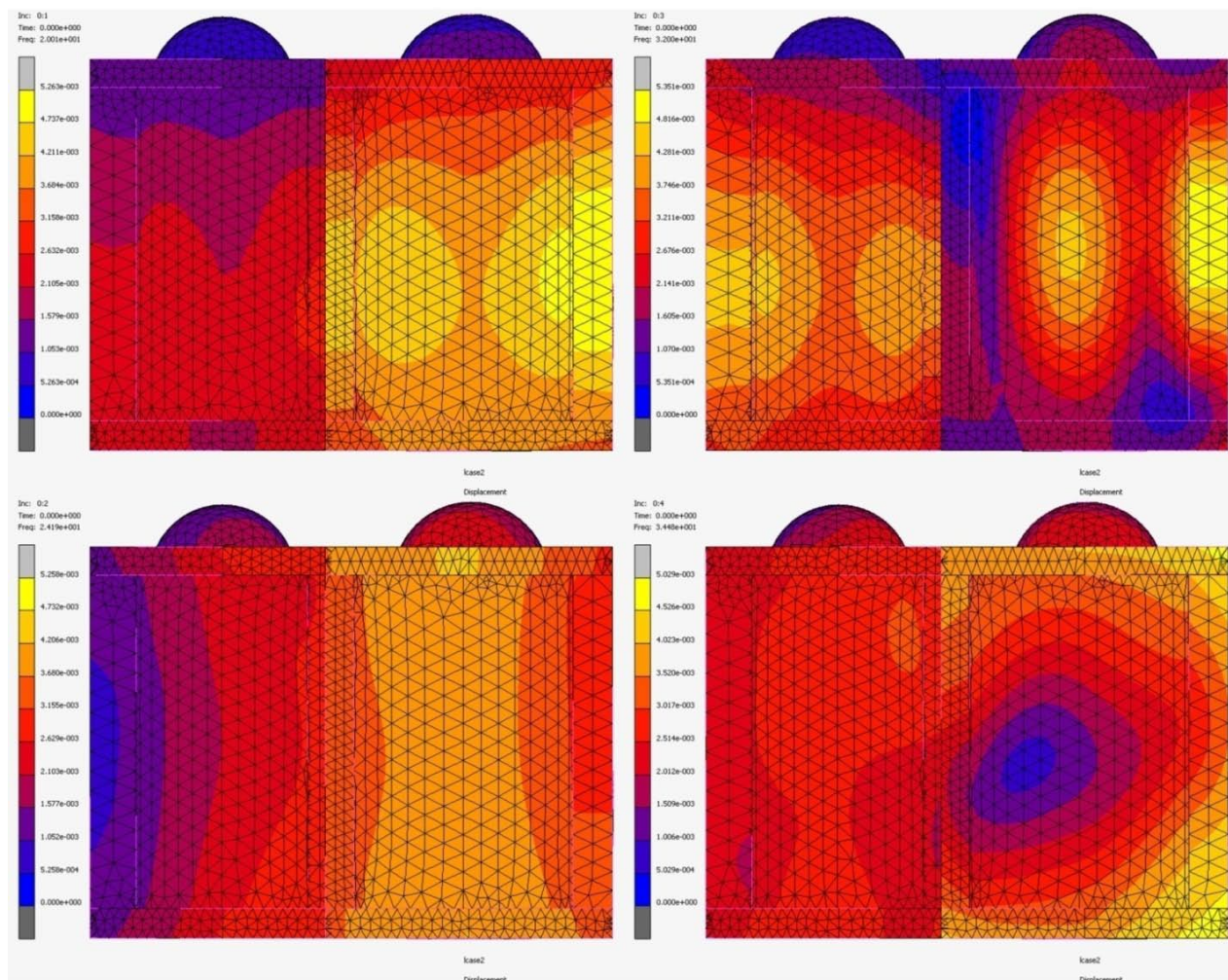
Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν τον δίκλιτο ναό (M2) σε αξονομετρική άποψη ώστε να είναι ορατή η συμπεριφορά του στην ΒΔ πλευρά του (εικ. 165-166), μια κάτοψη (εικ. 167-168) και μια θεώρηση του έσω τμήματος του νότιου κλίτους ώστε να φανεί η καταπόνηση στον μεσαίο τοίχο. Η παρακάτω σειρά εικόνων (εικ. 165-169) αφορά τους υπολογισμούς με δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ των στοιχείων με τον συντελεστή τριβής που αναφέρθηκε παραπάνω (*συνθήκες επαφής touch* από τις ρυθμίσεις στο λογισμικό υπολογισμών).



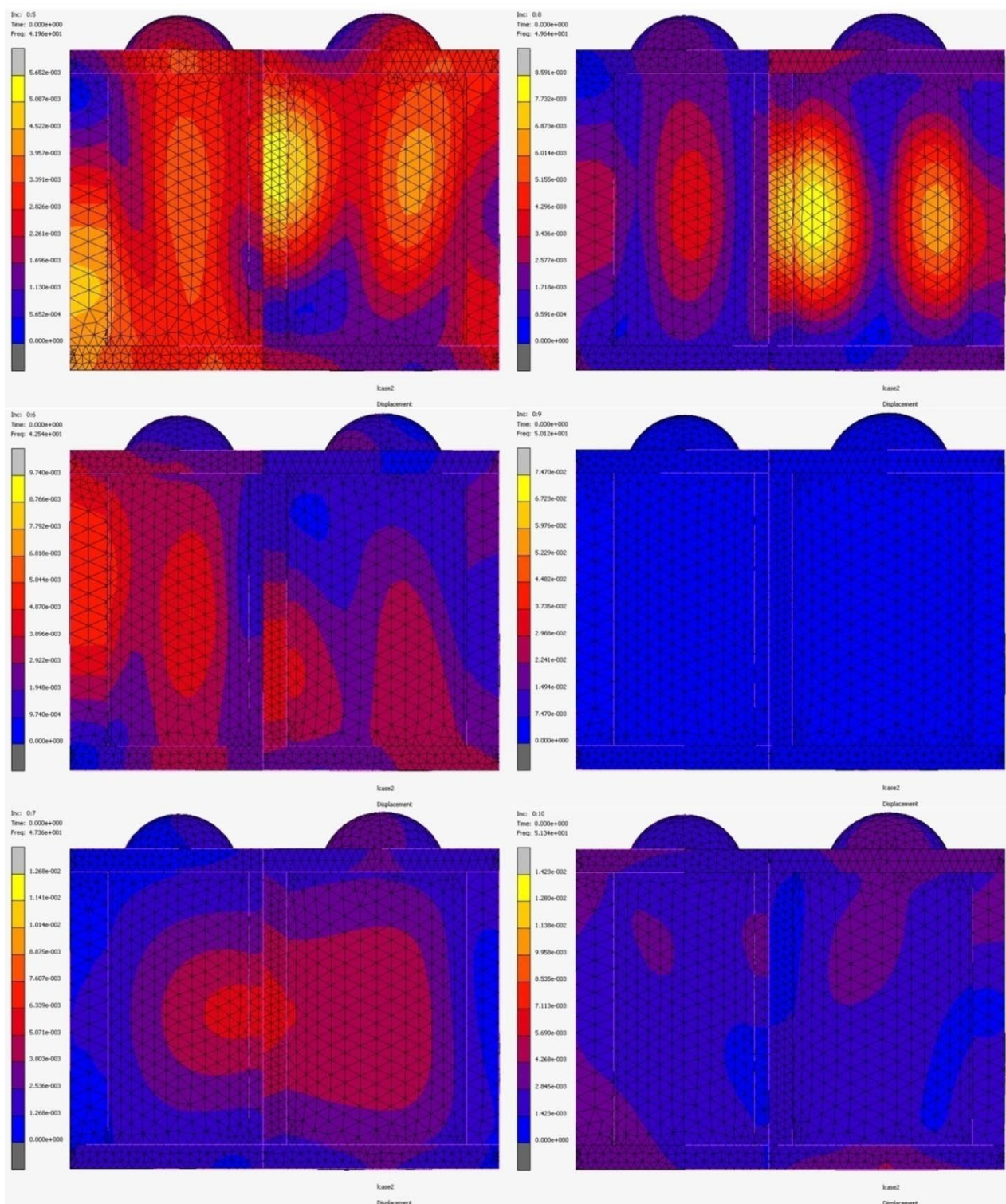
ΕΙΚΟΝΑ 165. Άποψη της ΝΔ γωνίας του δίχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες ελεύθερης μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων μέσω δυνάμεων τριβής (*touch*). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις πρώτες 4 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 1η, κάτω αριστερά η 2η, πάνω δεξιά η 3η και κάτω δεξιά η 4η.



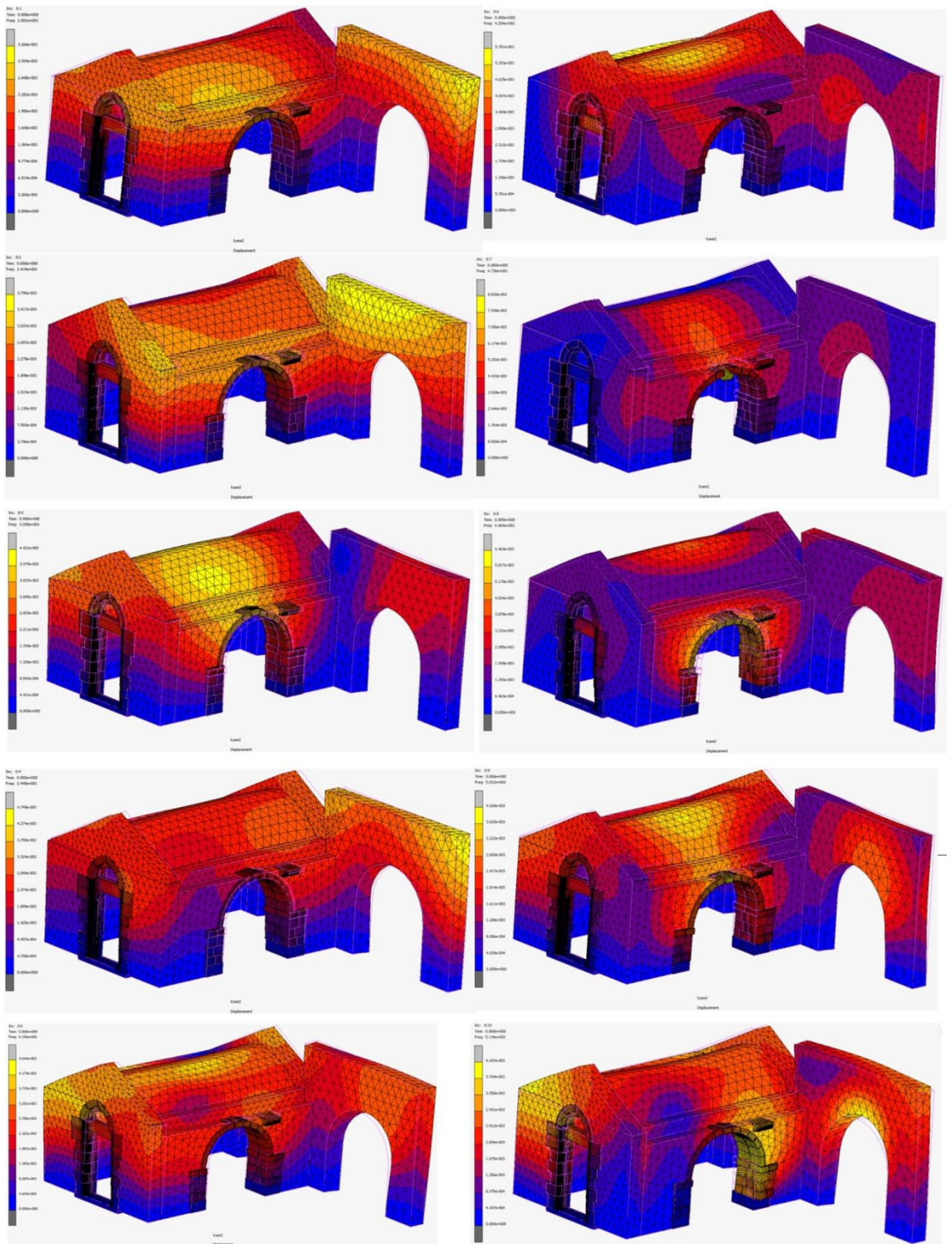
ΕΙΚΟΝΑ 166. Άποψη της ΝΔ γωνίας του δίχωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες ελεύθερης μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων μέσω δυνάμεων τριβής (touch). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις επόμενες 6 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 5η, κάτω αριστερά η 7η, πάνω δεξιά η 8η και κάτω δεξιά η 10η.



ΕΙΚΟΝΑ 167. Κάτοψη του δίσκωρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες ελεύθερης μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων μέσω δυνάμεων τριβής (touch). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις πρώτες 4 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 1η, κάτω αριστερά η 2η, πάνω δεξιά η 3η και κάτω δεξιά η 4η.



ΕΙΚΟΝΑ 168. Κάτοψη του δίσχου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες ελεύθερης μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων μέσω δυνάμεων τριβής (touch). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις επόμενες 6 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 5η, κάτω αριστερά η 7η, πάνω δεξιά η 8η και κάτω δεξιά η 10η.



ΕΙΚΟΝΑ 169. Αξονομετρική τομή της ΝΔ όψης του δώχρου ναού, όπως προκύπτει μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής, τις αντιδράσεις της θεμελίωσης σε συνθήκες ελεύθερης μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων μέσω δυνάμεων τριβής (touch). Οι επιμέρους εικόνες αφορούν τις 10 ιδιομορφές όπου πάνω αριστερά είναι η 1η, κάτω αριστερά η 5η, πάνω δεξιά η 6η και κάτω δεξιά η 10η. Η εικόνες αυτές συγκρινόμενες με την εικ. 164 όπου δεν δίδεται η δυνατότητα τριβής μεταξύ των λίθων, παρουσιάζουν μεγαλύτερες μετακινήσεις.

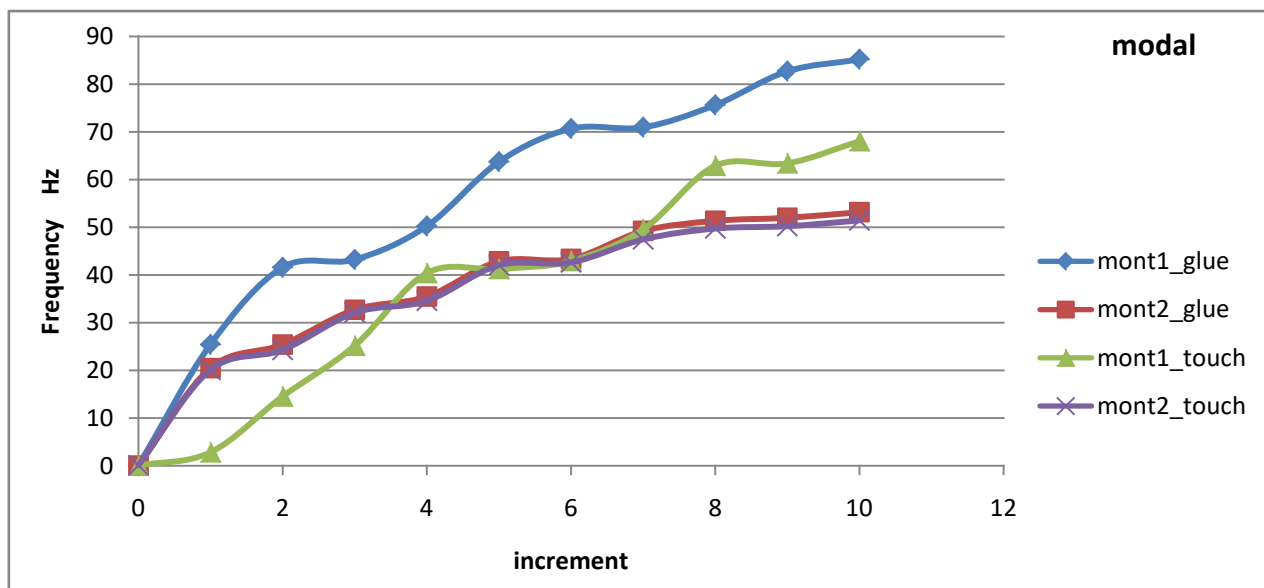
3. ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ

Από τις εικόνες που προηγήθηκαν όσον αφορά στην ανάλυση ιδιομορφών για τον μονόχωρο και για τον δίχωρο ναό είναι εμφανές ότι τα δυο κτίρια εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά όχι μόνο όσον αφορά την οικοδομική προσθήκη αλλά και όταν αλλάζουν οι συνθήκες διεπαφής μεταξύ των επιμέρους στοιχείων (contact bodies) όπου περιορίζεται ή επιτρέπεται η σχετική μετακίνηση των σωμάτων σε επαφή, λαμβάνοντας υπόψη τις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται και την δυνατότητα αποκόλλησης (glue – touch για το λογισμικό υπολογισμών). Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι για όλα τα μοντέλα των υπολογισμών, στις περιπτώσεις όπου η μετακίνηση των στοιχείων είναι επιτρεπτή, έχει ληφθεί υπόψη το σύνολο των μεμονωμένων όγκων της κατασκευής, ήτοι 264 contact bodies για τον δίκλιτο ναό, με αποτέλεσμα να προκύπτει ένα μητρώο 69.696 πιθανών συνδυασμών μεταξύ τους. Ως εκ τούτου αυξάνεται αρκετά ο χρόνος των υπολογισμών για κάθε περίπτωση, καθώς μεσολαβεί πλήθος επιμέρους συνδυασμών στα στοιχεία του μητρώου έως την ολοκλήρωση του συνόλου αυτών για το υπολογιστικό μοντέλο. Η αύξηση του συνολικού χρόνου των υπολογισμών αυξάνεται επιπροσθέτως με την ξεχωριστή διακριτοποίηση των μεμονωμένων λίθων για όλα τα ανοίγματα και τα τόξα του ναού, τα οποία στην πραγματικότητα διαμορφώνονται με λαξευτή λιθοδομή και δομούνται εν ξηρώ όπως αναλύθηκε στην αρχή του κεφαλαίου. Υπο αυτήν την συνθήκη προσομοίωσης των μεμονωμένων λίθων γίνονται οι υπολογισμοί στο μοντέλο.

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης για τέσσερα διαφορετικά μοντέλα: τον μονόχωρο ναό με επιτρεπτή ή όχι μετακίνηση μεταξύ των λιθοσωμάτων και τον δίχωρο ναό ομοίως. Τα μοντέλα αυτά χάριν συντομίας ονομάζονται [M1] για τον πρώτο και [M2] για τον δεύτερο και οι συνθήκες touch και glue αντίστοιχα.

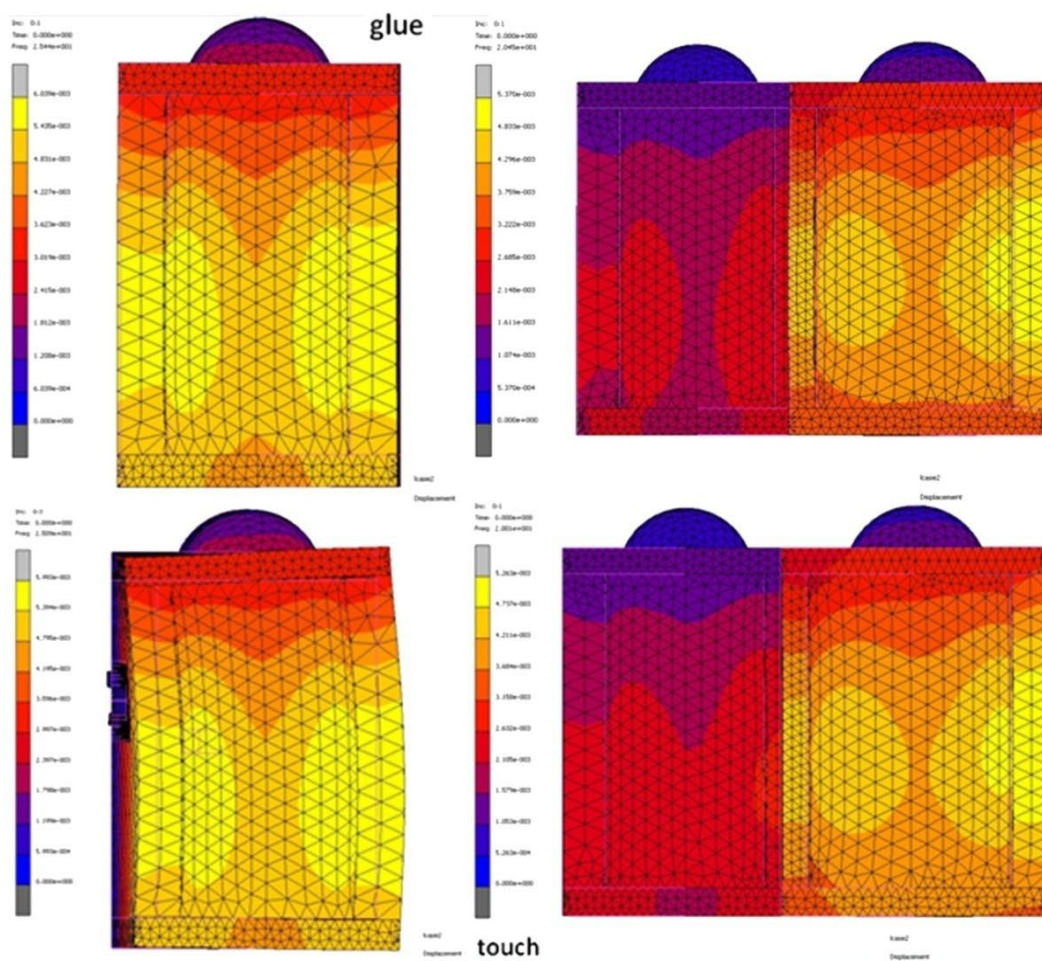
Στο παρακάτω διάγραμμα (εικ. 170) φαίνονται οι συχνότητες σε (Hz) των δέκα ιδιομορφών από την ανάλυση για κάθε ένα από τα τέσσερα μοντέλα. Από το διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά του [M1] είναι αρκετά διαφορετική από εκείνη του [M2] ενώ διαφοροποιούνται αρκετά και με την αλλαγή της τριβής ενδιάμεσα. Αντίθετα για το [M2] οι διακυμάνσεις μεταξύ των συχνοτήτων είναι πολύ μικρότερες για την δυνατότητα ή μη μετακίνησης (touch) (εικ.170).

Ακολουθούν τέσσερις εικόνες σε παράθεση (εικ. 171) για τα μοντέλα [M1glue] – [M2glue] – [M1touch] – [M2touch] για την πρώτη και δεύτερη συχνότητα του προαναφερθέντος πίνακα. Τα [M1] παρουσιάζουν μικρές διαφορές για το βήμα αυτό με συχνότητα για το [M1 glue] : 25.44 Hz με την ανώτατη τιμή μετακίνησης να φτάνει στο 0,006039μ και [M1touch] : 25.09 Hz με ανώτατη τιμή μετακίνησης στην γκρι περιοχή 0,005,993μ, [M2 glue] : 20.45 Hz με ανώτατη τιμή μετακίνησης στην γκρι περιοχή 0,005370μ και [M2touch] : 20.01 Hz με ανώτατη τιμή μετακίνησης στην γκρι περιοχή 0,005263μ.



ΕΙΚΟΝΑ 170. Συγκριτική παράθεση των συχνοτήτων που παρουσιάζουν τα τέσσερα μοντέλα της ανάλυσης συναρτήσει του χρόνου, για τις δέκα ιδιομορφές της ανάλυσης.

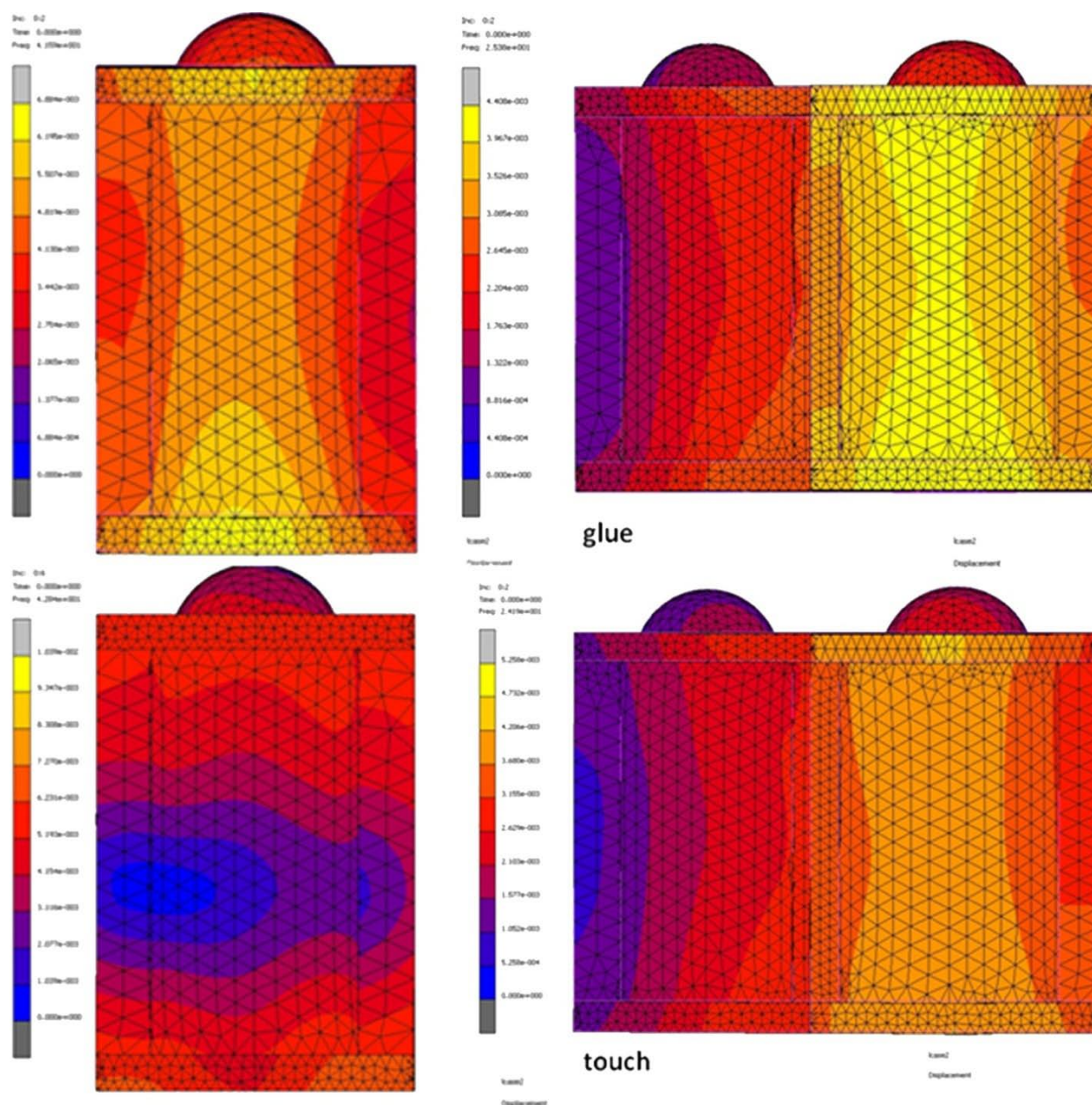
Ιδιομορφική ανάλυση συγκριτικά – βήμα 1 :



ΕΙΚΟΝΑ 171. Συγκριτική παράθεση εικόνων όπως προκύπτουν μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης για το πρώτο χρονικό βήμα λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής και τις αντιδράσεις της θεμελίωσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό, για συνθήκες περιορισμένης μετακίνησης (πάνω) και για συνθήκες ελεύθερης μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων μέσω δυνάμεων τριβής (touch) στις δυο κάτω εικόνες.

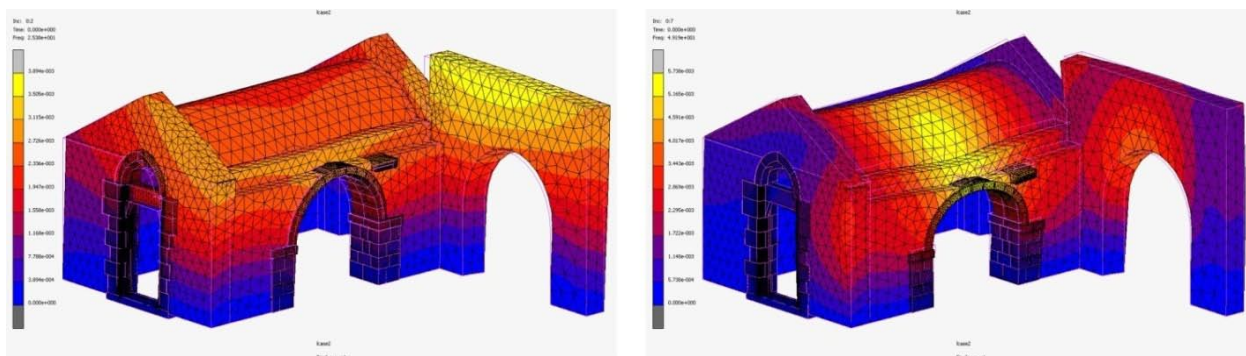
Τα [M1] παρουσιάζουν μεγαλύτερες διαφορές την συχνότητα αυτή (εικ. 172) σε σχέση με την προηγούμενη, με συχνότητα για το [M1 glue] : 41.59 Hz με την ανώτατη τιμή να φτάνει στο 0,006884μ και [M1touch] : 42.84 Hz με ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή 0,01039μ, [M2 glue] : 25.38 Hz με ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή 0,0044μ και [M2touch] : 24.19 Hz με ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή 0,005258μ.

Ιδιομορφική ανάλυση συγκριτικά – βήμα 2 :

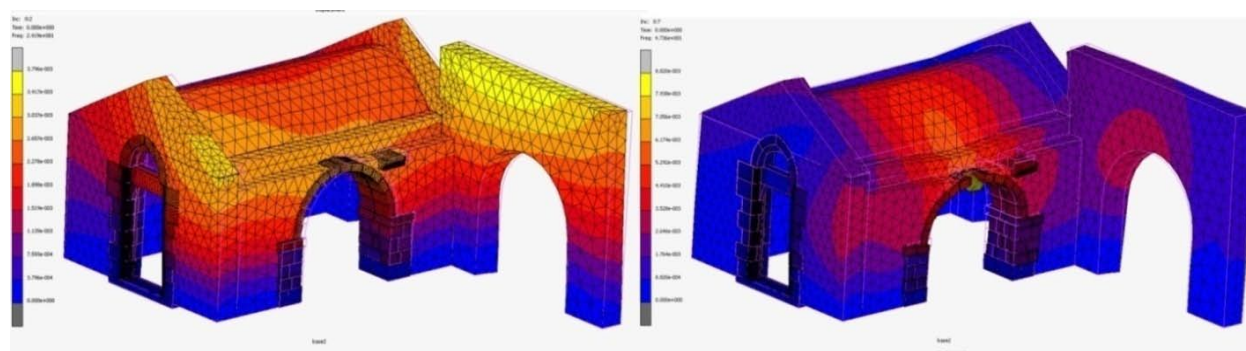


ΕΙΚΟΝΑ 172. Συγκριτική παράθεση εικόνων όπως προκύπτουν μετά τους υπολογισμούς της ιδιομορφικής ανάλυσης για το δεύτερο χρονικό βήμα λαμβάνοντας υπόψιν το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής και τις αντιδράσεις της θεμελίωσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό, για συνθήκες περιορισμένης μετακίνησης (πάνω) και για συνθήκες ελεύθερης μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων μέσω δυνάμεων τριβής (touch) στις δυο κάτω εικόνες.

Ακολουθούν δυο εικόνες (εικ. 173) του [M2] για περιορισμένη και επιτρεπόμενη μετακίνηση στοιχείων, στην πρώτη και στην πέμπτη ιδιομορφή όπου φαίνεται να αναπτύσσονται μεγαλύτερες εντάσεις στην μεσαία περιοχή του κτίσματος, άνωθεν της καμάρας που στηρίζεται στους δυο πεσσούς, με πιθανή αστοχία στο τελευταίο [M2touch]. Πιο συγκεκριμένα για την 7^η ιδιομορφή όπου παρουσιάζεται η αστοχία η συχνότητα για το [M2 glue] είναι: 49.19 Hz με ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή 0,005738μ και [M2touch] : 47.36 Hz με ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή 0,008820μ.



Συνθήκη glue

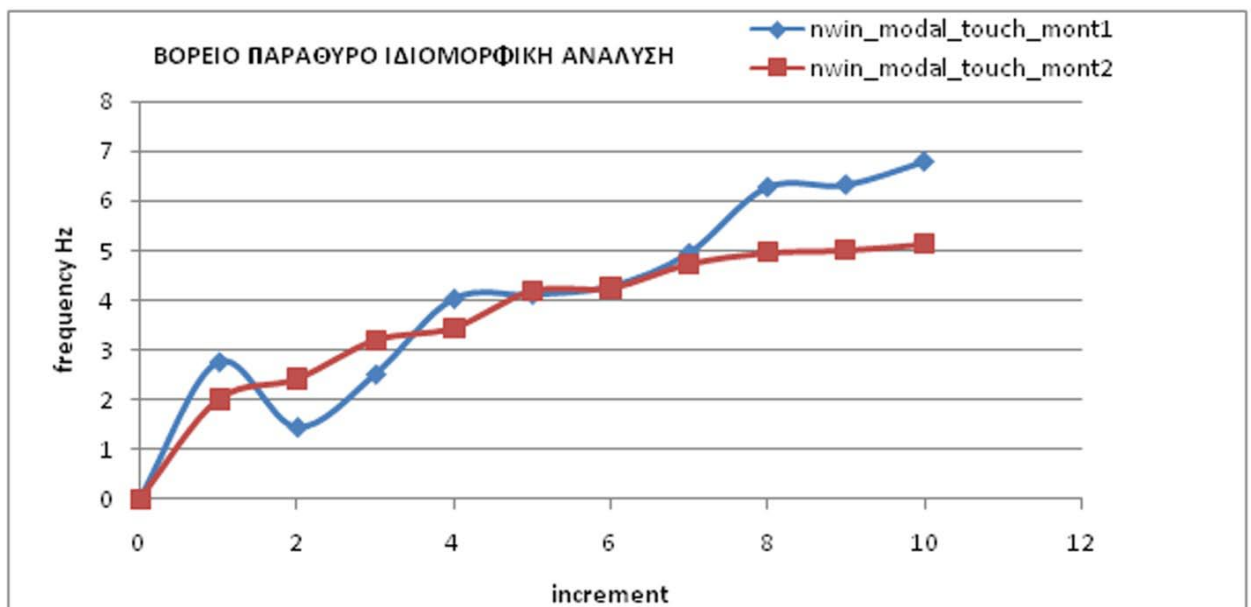


Συνθήκη touch

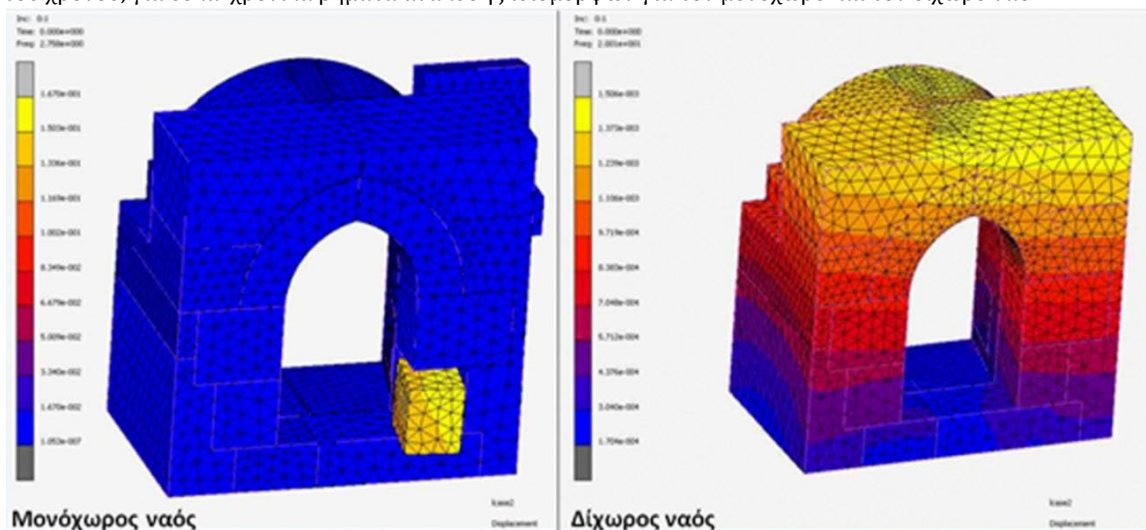
ΕΙΚΟΝΑ 173. Συγκριτική παράθεση εικόνων σε τομή όπως προκύπτουν μετά τους υπολογισμούς της ανάλυσης ιδιομορφών για την δεύτερη και Πέμπτη ιδιομορφή λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λίθινης κατασκευής και τις αντιδράσεις της θεμελίωσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό, για συνθήκες περιορισμένης μετακίνησης (πάνω) και για συνθήκες ελεύθερης μετακίνησης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων μέσω δυνάμεων τριβής (touch) στις δυο κάτω εικόνες.

ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

Στο διάγραμμα που ακολουθεί (εικ. 174) φαίνονται οι συχνότητες σε (Hz) για τις δέκα ιδιομορφές που αναλύθηκαν ως τοπικά αποτελέσματα για την συμπεριφορά του παραθύρου που βρίσκεται στον βόρειο τοίχο του ναού στην περίπτωση του [M1] και του [M2] με δυνατότητα τριβής μεταξύ των λίθων (touch). Από το διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά του [M1] είναι διαφορετική από εκείνη του [M2] καθώς το [M1] παρουσιάζει πιο έντονες διακυμάνσεις μεταξύ των συχνοτήτων. Αντίθετα για το [M2] οι είναι πολύ μικρότερες και φαίνεται να διατηρεί μια πιο ομοιόμορφη κατανομή των τιμών, όπως δείχνει και η αντίστοιχη εικόνα για το χρονικό βήμα 1. Το δεύτερο κλίτος δηλαδή έχει συμβάλει στην σταθεροποίηση των μεμονωμένων λίθων που συνθέτουν το παράθυρο οι οποίοι φαίνεται να μετακινούνται σε κάποια από τα βήματα της ανάλυσης στο [M1] (εικ. 175).



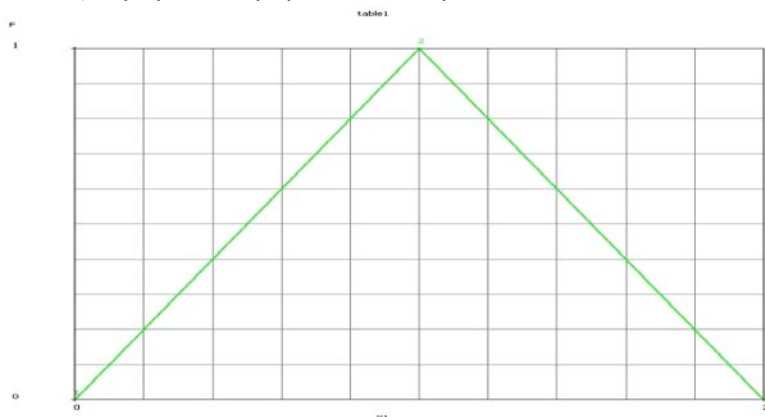
ΕΙΚΟΝΑ 174. Συγκριτική παράθεση των συχνοτήτων που παρουσιάζει το παράθυρο του βόρειου τοίχου συναρτήσει του χρόνου, για δέκα χρονικά βήματα ανάλυσης ιδιομορφών για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό.



ΕΙΚΟΝΑ 175. Παράθυρο της βόρειας τοιχοποιίας σε συγκριτική παράθεση για τα δυο μοντέλα στο πρώτο χρονικό βήμα της ανάλυσης ιδιομορφών.

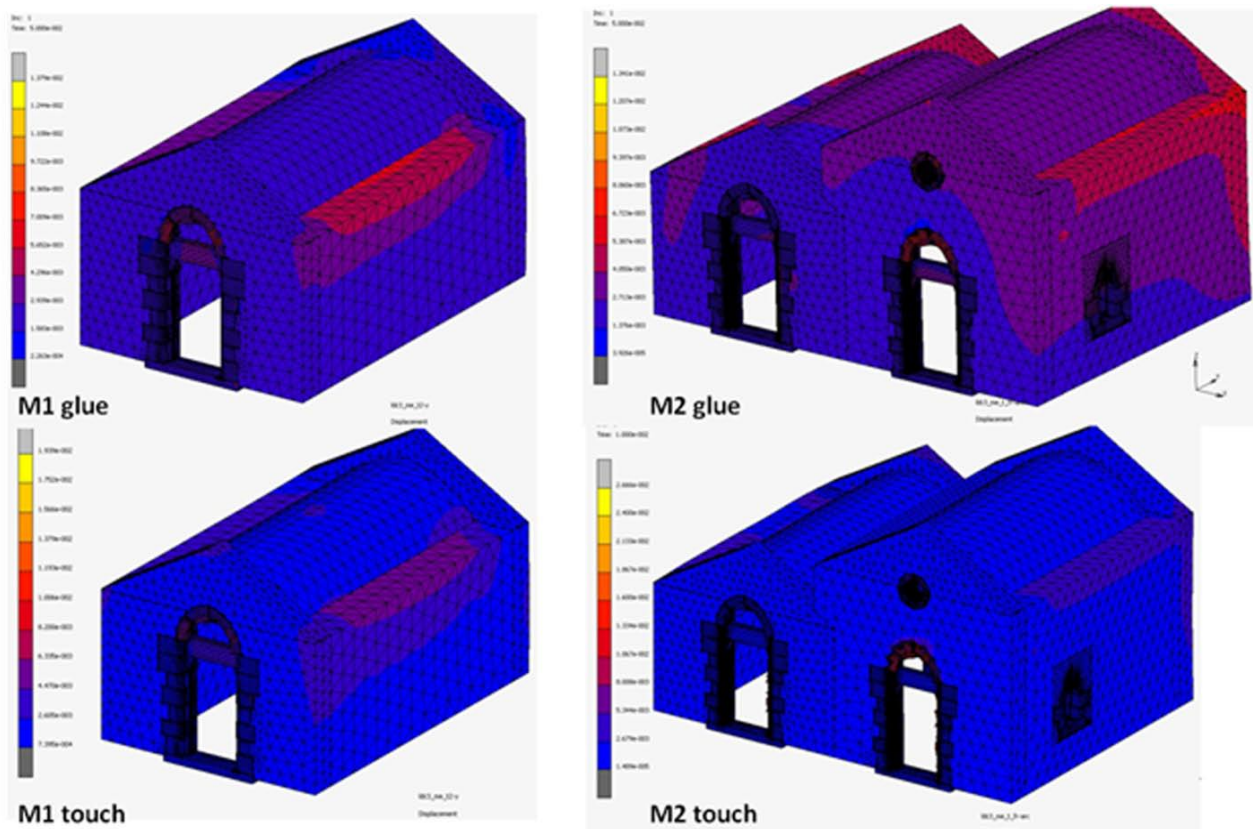
4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ – ΕΠΙΒΕΒΛΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Ψ

Τα τέσσερα μοντέλα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα σε συνέχεια της ανάλυσης ιδιομορφών εξετάστηκαν σε κάποιες περιπτώσεις δυναμικής φόρτισης. Στην ενότητα αυτή θ' αναφερθούν μόνο οι κυριότερες από αυτές οι οποίες αφορούν μια επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα Ψ (ανατολή - δύση) σύμφωνα με την (εικ.129) για απόσταση 5εκ. σε δυο χρόνους. Οι εικόνες που ακολουθούν όπως και πριν σε παράθεση,αφορούντα μοντέλα [M1glue] – [M2glue] – [M1touch] – [M2touch]. Η σύγκριση γίνεται σε δυο στάδια στο χρονικό βήμα 1 της ανάλυσης της ιστορίας, δηλαδή κατά την έναρξη της μετακίνησης στην μικρότερη τιμή, και στο χρονικό βήμα 20 που βρίσκεται στο μέσο της ανάλυσης, δηλαδή στην μέγιστη μετατόπιση για χρόνο $T=1$. Οι πρώτες εικόνες αφορούν την μετατόπιση.

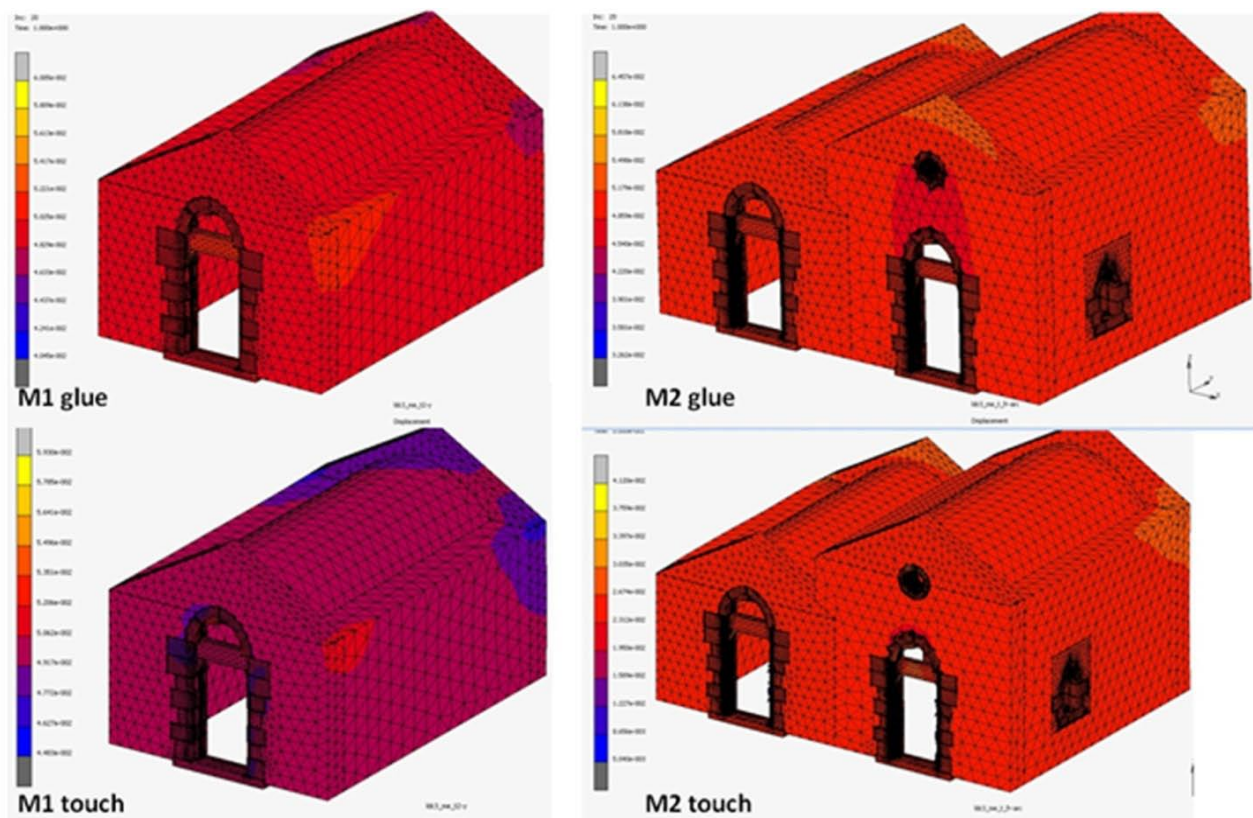


Τα μοντέλα glue [M1 και M2] φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο τόσο κατά την έναρξη της μετατόπισης όσο και στην μέγιστη τιμή. Το [M1 glue] στο χρονικό βήμα 1 της ανάλυσης (εικ. 176), ανέρχεται σε 0,01379μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή. Το [M1touch] αντίστοιχα έχει το 0,01939μ ως ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή της χρωματικής κλίμακας. Το μοντέλο [M2 glue] παρουσιάζει 0,01341μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή της χρωματικής κλίμακας. Το [M2touch] ανέρχεται σε 0,0266μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή της χρωματικής κλίμακας.

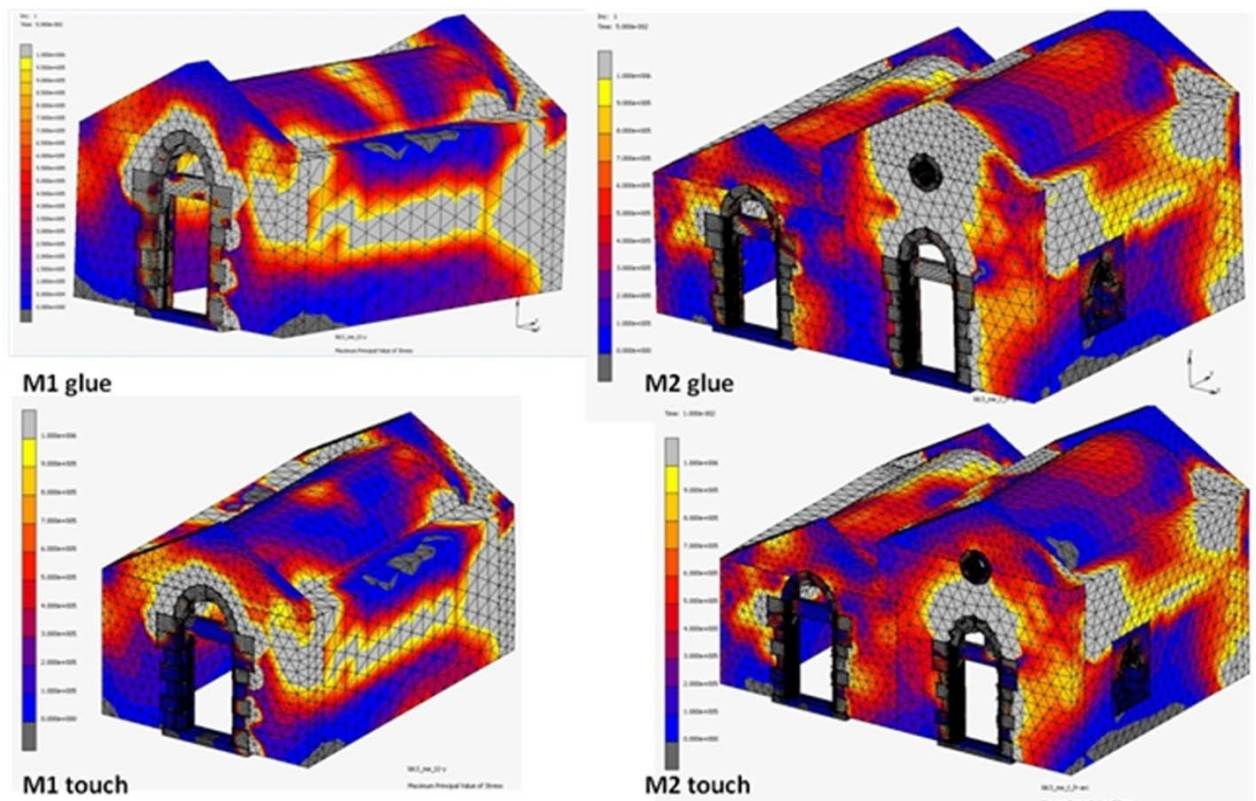
Για το χρονικό βήμα 20 στην μέγιστη μετατόπιση (εικ. 177), Το [M1 glue] έχει το 0,06005μ ως ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή της χρωματικής κλίμακας. Το [M1touch] αντίστοιχα εμφανίζει 0,0593μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή. Το μοντέλο [M2 glue] έχει το 0,06457μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή της χρωματικής κλίμακας. Το [M2touch] 0,04120μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή.



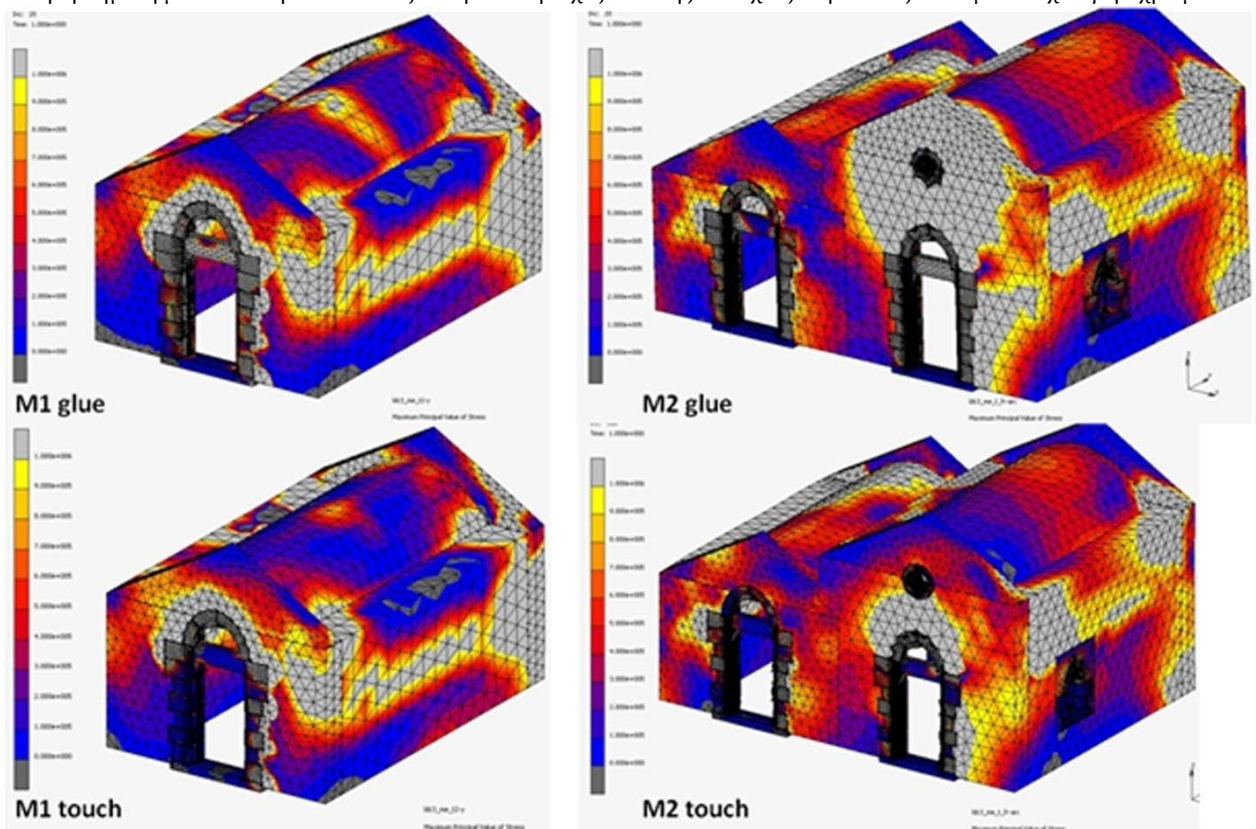
ΕΙΚΟΝΑ 176. Συγκριτική μελέτη των μετατοπίσεων των τεσσάρων μοντέλων της ανάλυσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό με διαφοροποίηση των συνθηκών επαφής για το **χρονικό βήμα 1** της ανάλυσης για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα ψ.



ΕΙΚΟΝΑ 177. Συγκριτική μελέτη της μέγιστης μετατόπισης των τεσσάρων μοντέλων της ανάλυσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό με διαφοροποίηση των συνθηκών επαφής για το **χρονικό βήμα 20** της ανάλυσης για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα ψ.



ΕΙΚΟΝΑ 178. Συγκριτική μελέτη των μέγιστων κυρίων τάσεων των τεσσάρων μοντέλων της ανάλυσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό με διαφοροποίηση των συνθηκών επαφής για το **χρονικό βήμα 1** της ανάλυσης για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα ψ. Οι περιοχές πιθανής αστοχίας παρουσιάζονται με ανοιχτό γκρι χρώμα.



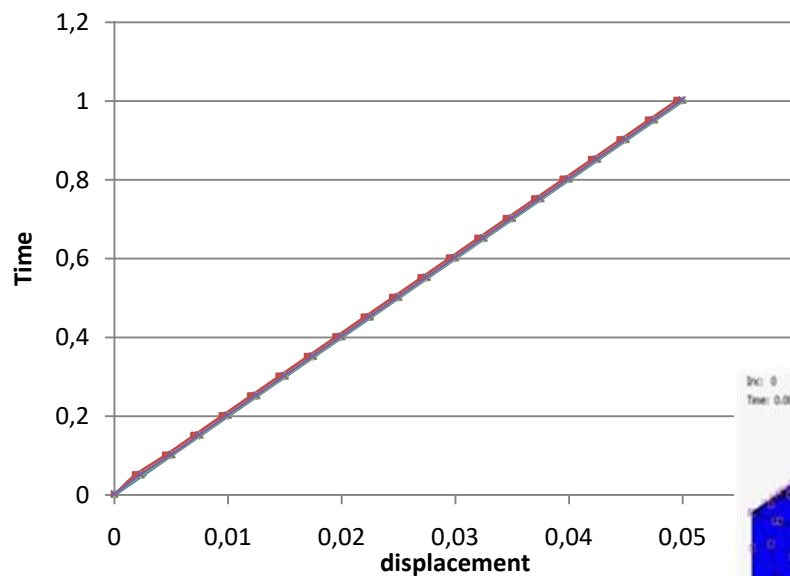
ΕΙΚΟΝΑ 179. Συγκριτική μελέτη των μέγιστων κυρίων τάσεων των τεσσάρων μοντέλων της ανάλυσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό με διαφοροποίηση των συνθηκών επαφής για το **χρονικό βήμα 20 / T=1** της ανάλυσης για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα ψ. Οι περιοχές πιθανής αστοχίας παρουσιάζονται με ανοιχτό γκρι χρώμα.

Τα τέσσερα μοντέλα [M1] δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ τους ούτε εξαιτίας της συνθήκης επαφής [glue/touch] ούτε με την πάροδο του χρόνου της ανάλυσης έως το $T=1$. Αντίθετα οι εικόνες αλλάζουν αρκετά στα [M2] ως προς την θέση αλλά και την έκταση των περιοχών πιθανής αστοχίας που παρουσιάζονται με ανοιχτό γκρι στην χρωματική κλίμακα.

Για το μοντέλο [M1] οι μέγιστες κύριες τάσεις βρίσκονται γύρω από το ανώτερο τμήμα του θυρώματος στην δυτική πλευρά, στην ΝΔ γωνία του κτίσματος και καθ'όλο το μήκος του νότιου τοίχου στο ύψος της γένεσης του θόλου και στην ΝΑ γωνία σε όλο το ύψος. Αυξημένες τάσεις παρουσιάζονται και στο μέσον περίπου του θόλου στην περιοχή που βρίσκεται το ενισχυτικό σφενδόνιο. Η χρωματική κλίμακα που δίνει τις μέγιστες κύριες τάσεις σε N/m^2 , είναι κοινή και για τα τέσσερα μοντέλα ώστε να μπορούν να είναι συγκρίσιμες οι περιοχές αστοχίας και κυμαίνεται σε τιμές από: $5,000e+004$ στην κατώτατη τιμή στην μπλε ζώνη της χρωματικής κλίμακας και $1,000e+006$ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή.

Για το μοντέλο [M2] μεγαλύτερες περιοχές αστοχίας εντοπίζονται στα [M2 glue] και για τα δυο χρονικά βήματα της ανάλυσης, πιθανόν επειδή η μικρομετακινήσεις που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των λίθων αποσβαίνουν μέρος της ενέργειας. Οι περιοχές με τις μέγιστες κύριες τάσεις εντοπίζονται γύρω από τα ανοίγματα του δυτικού τοίχου, κάτι που είναι αναμενόμενο καθώς η μετακίνηση κατά τον άξονα Ψ αποτελεί εκτός επιπέδου φόρτιση για τους μετωπικούς τοίχους του ναού. Αυξημένες τάσεις και μεγάλες περιοχές πιθανής αστοχίας εντοπίζονται για το [M2] σχεδόν σε όλο το μήκος του νότιου τοίχου στο ανώτερο τμήμα του από την στάθμη γένεσης του θόλου έως την άνω πλευρά του, εξαιτίας των πλευρικών ωθήσεων του θόλου. Οι τάσεις στο δυτικό τοίχο στο τμήμα του βόρειου κλίτους παρουσιάζουν μια εικόνα σχεδόν διαγώνια σε σχέση με το θύρωμα του, από το ανώτερο τμήμα της ΒΔ γωνίας του κτίσματος έως την περιοχή της ένωσης των δυο κλιτών στην δυτική πλευρά, στην βάση του κτίσματος. Η κατανομή αυτή είναι περισσότερο εμφανής στα μοντέλα [M2 glue] [M2touch] για το βήμα1 και [M2 glue] για το βήμα 20. Στο [M2touch] στο βήμα 20 υπάρχει μια πιο γενικευμένη εικόνα αυξημένων τάσεων σε ολόκληρη την επιφάνεια του δυτικού τοίχου που ανήκει στο βόρειο κλίτος.

Για το τμήμα του δυτικού τοίχου που ανήκει στο νότιο κλίτος στα μοντέλα [M2] η πιο ευάλωτη περιοχή φαίνεται να είναι το ανώτερο τμήμα του θυρώματος έως και την κορυφή της τριγωνικής μετώπης για τα μοντέλα [M2 glue] και για την περιοχή μεταξύ του κυκλικού παραθύρου και της άνω πλευράς του θυρώματος για όλα τα [M2] και για τα δυο χρονικά βήματα. Ένα ακόμη σημαντικό αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής, είναι η γκρι περιοχή αστοχίας για το [M2 glue] στο βήμα 20 και η κίτρινη περιοχή για το [M2touch] στο ίδιο βήμα που διακρίνεται στην νότια πλευρά του θυρώματος του νότιου κλίτους και εκτείνεται από την βάση του έως, κατά προσέγγιση, το ύψος της νοητής προέκτασης του υπέρθυρο στην ΝΔ γωνία του κτίσματος. Αναφορικά με τα παραδείγματα κοινής παθολογίας ναών που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι δυο αυτές εικόνες του [M2 glue] και [M2touch] για την μέγιστη εφαρμοζόμενη μετατόπιση στο κτίσμα (βήμα 20), μπορούν να ερμηνεύσουν επαρκώς την προέλευση των δυο βασικών ρωγμών που οδηγούν στην αστοχία του δυτικού τοίχου στα κτίρια αυτής της μορφολογίας [εικ.19, 25, 95, 114].

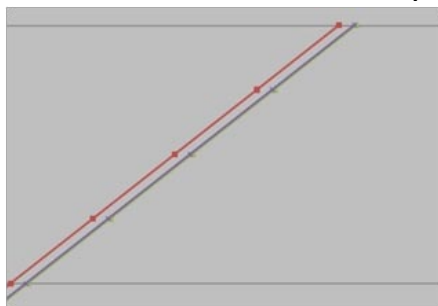


Μοντέλο 2 glue

Μετατόπιση κατά Ψ

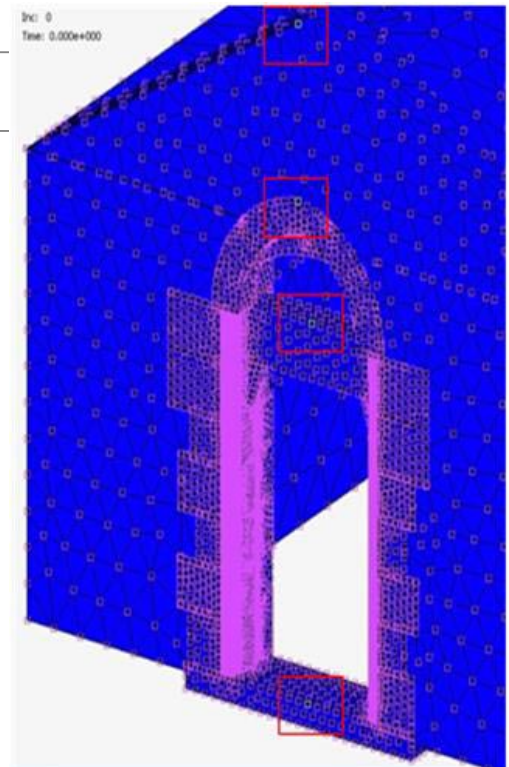
D2

- ◆— 92278_κατώφλι
- 96008_υπέρθυρο
- ▲— 114076_τοξο
- ×— 8541_τριγ.

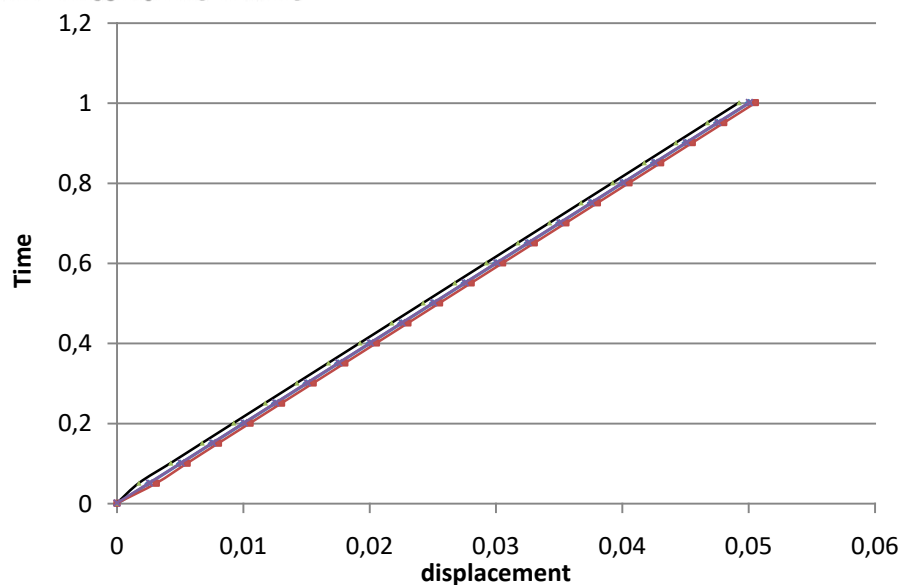


Δίχωρος ναός

ΕΙΚΟΝΑ 180. Διαγράμματα μετατόπισης για τα μοντέλα με πλήρη σύνδεση μεταξύ των στοιχείων. Το επάνω διάγραμμα αφορά το μοντέλο [M2] του δίχωρου ναού σε τέσσερα χαρακτηριστικά σημεία του δυτικού του τοίχου και σε λεπτομέρεια η διαφοροποίηση της μετακίνησης του υπερθύρου που σημειώνεται με κόκκινο χρώμα ενώ το κάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις μετακινήσεις για το μοντέλο [M1] στα ίδια σημεία.



Μονόχωρος ναός

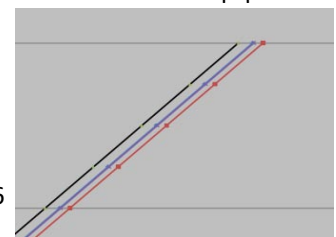


Μοντέλο 1 glue

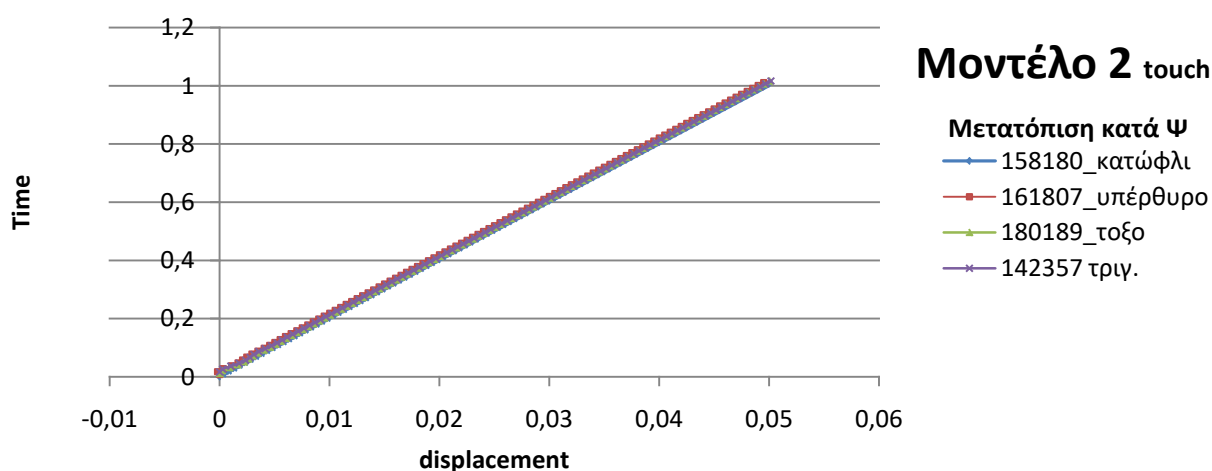
Μετατόπιση κατά Ψ

D2

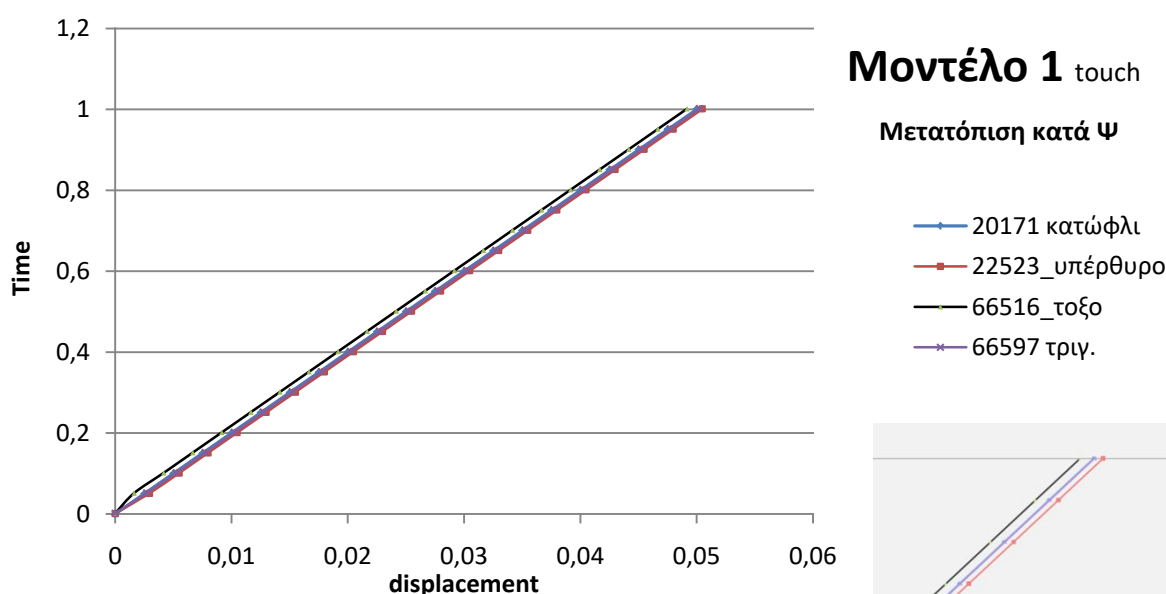
- ◆— 20171_κατώφλι
- 22523_υπέρθυρο
- ▲— 66516_τοξο
- ×— 66597_τριγ.



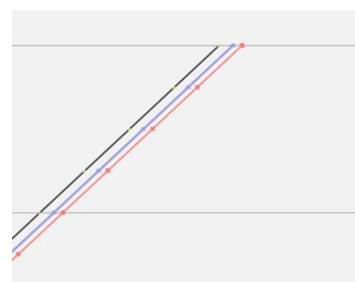
Τα δυο παραπάνω διαγράμματα που παρουσιάζουν την μετατόπιση συγκεκριμένων σημείων του θυρώματος στον δυτικό τοίχο για το μοντέλο [M1] και [M2] αντίστοιχα (εικ. 180). Αν και οι αριθμητικές διαφοροποιήσεις στα διαγράμματα είναι αρκετά μικρές ώστε να μην είναι εύκολα διακριτές στα παρακάτω διαγράμματα, εντούτοις προκύπτουν ορισμένες παρατηρήσεις. Στο [M2 glue] φαίνεται ότι το κατώφλι, το τόξο και η κορυφή της στέγης κινούνται παράλληλα, ενώ μετακινείται χωριστά το υπέρθυρο της πόρτας του βόρειου κλίτους, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στο [M2touch] όπου οι τέσσερις τιμές σχεδόν ταυτίζονται. Στο [M1 glue] μεγαλύτερη μετατόπιση παρουσιάζει η κορυφή του ανακουφιστικού τόξου, ακολουθούν η κορυφή του τοίχου και το κατώφλι όπου οι τιμές σχεδόν ταυτίζονται και μικρότερη μετακίνηση παρουσιάζει το υπέρθυρο. Παρόμοια εικόνα παρουσιάζει το [M1touch] όπου η μεγαλύτερη μετακίνηση βρίσκεται στην κορυφή του ανακουφιστικού τόξου, ενώ οι υπόλοιπες τρεις ευθείες ταυτίζονται.



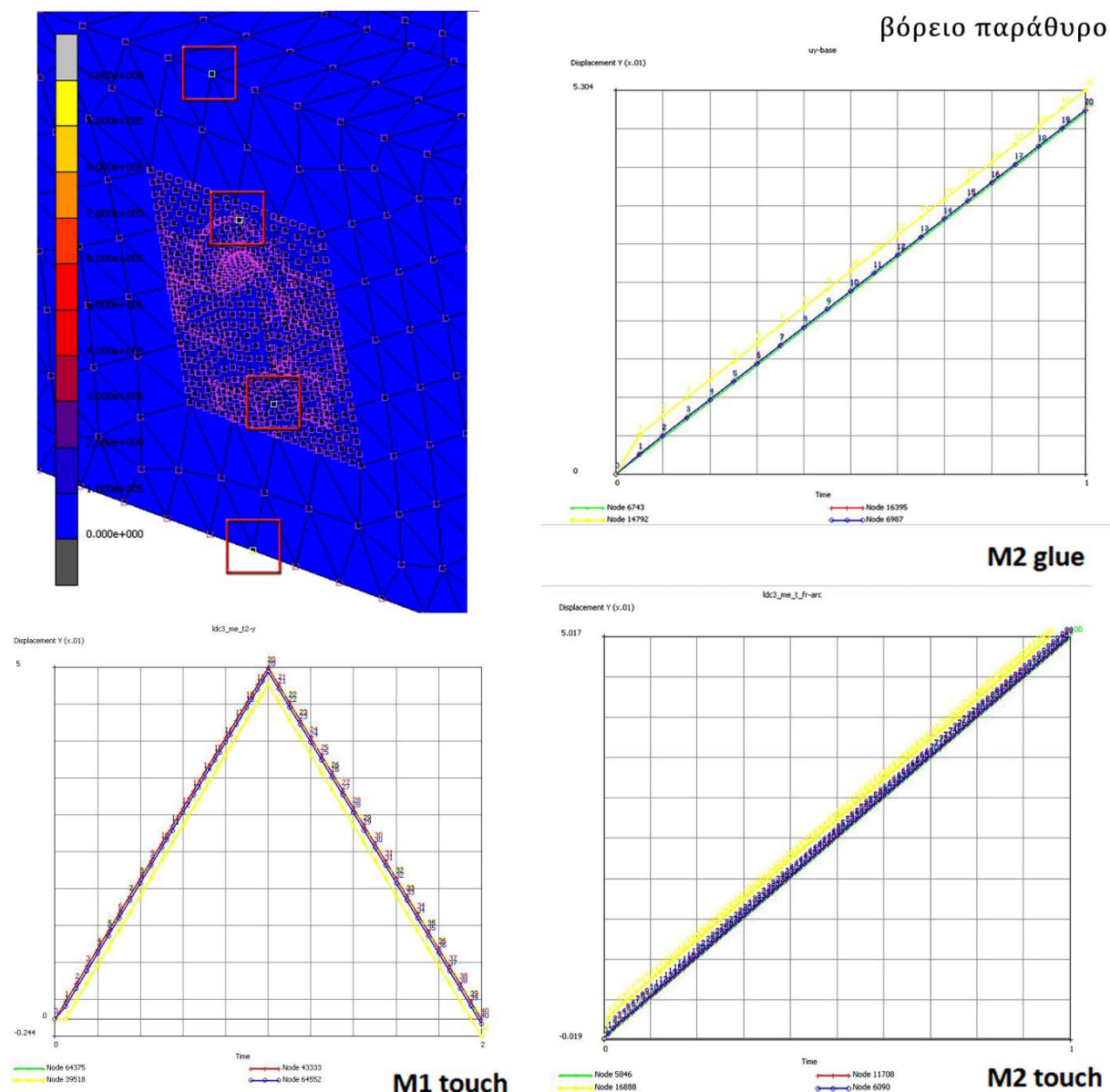
ΕΙΚΟΝΑ 181. Διαγράμματα μετατόπισης για τα μοντέλα με δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ των στοιχείων. Το επάνω διάγραμμα αφορά το μοντέλο [M2] του δίχωρου ναού σε τέσσερα χαρακτηριστικά σημεία του δυτικού του τοίχου ενώ το κάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις μετακινήσεις για το μοντέλο [M1] στα ίδια σημεία και σε λεπτομέρεια η διαφοροποίηση των μετακινήσεων για το υπέρθυρο και την τριγωνική απόληξη του τοίχου που σημειώνεται με κόκκινο και μωβ χρώμα αντίστοιχα.



Μονόχωρος ναός



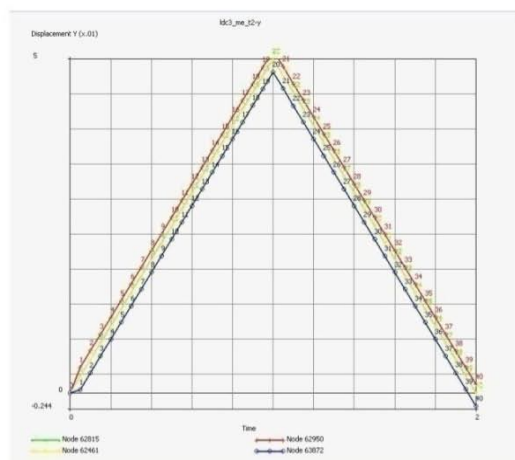
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ – ΕΠΙΒΕΒΛΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Ψ



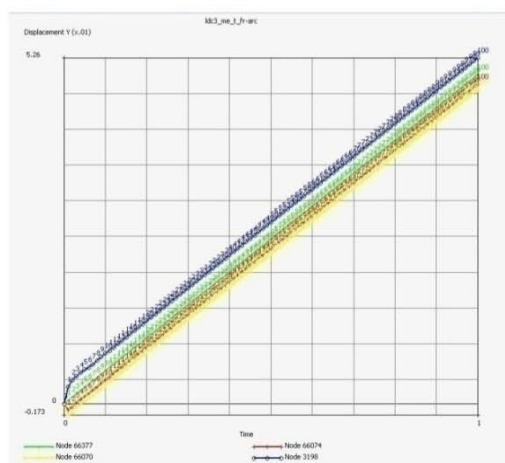
ΕΙΚΟΝΑ 182. Διαγράμματα μετατόπισης σε τέσσερα σημεία του βόρειου τοίχου στο παράθυρο για τα δυο μοντέλα με δυνατότητα μετακίνησης [M1] και [M2] και για το μοντέλο [M2] πλήρη σύνδεση μεταξύ των στοιχείων.

Στην παραπάνω εικόνα (εικ.182) παρουσιάζονται διαγράμματα για τα μοντέλα [M1 touch] και [M2 touch] και [M2glue] για το παράθυρο του βόρειου τοίχου. Για το [M2 touch] η πράσινη γραμμή είναι η βάση, η κόκκινη η ποδιά του παραθύρου, η κίτρινη είναι το ανώτερο σημείο ένωσης των λίθων του παραθύρου εξωτερικά και η μπλε το συνολικό ύψος του βόρειου τοίχου. Από το διάγραμμα για το [M2glue] διαπιστώνουμε την μεγαλύτερη μετακίνηση στην κίτρινη γραμμή, δηλαδή την κορυφή του παραθύρου, ενώ οι υπόλοιπες ταυτίζονται. Το ίδιο ισχύει και για το [M2 touch] με μικρές διαφοροποιήσεις στις τιμές. Για το [M1 touch] η μεγαλύτερη μετακίνηση είναι στην ποδιά του παραθύρου η οποία βρίσκεται κοντά με τις τιμές της κορυφής του τοίχου (μπλε) ενώ την χαμηλότερη τιμή έχει η κορυφή του παραθύρου.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ – ΕΠΙΒΕΒΛΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Ψ Κόγχη Ιερού



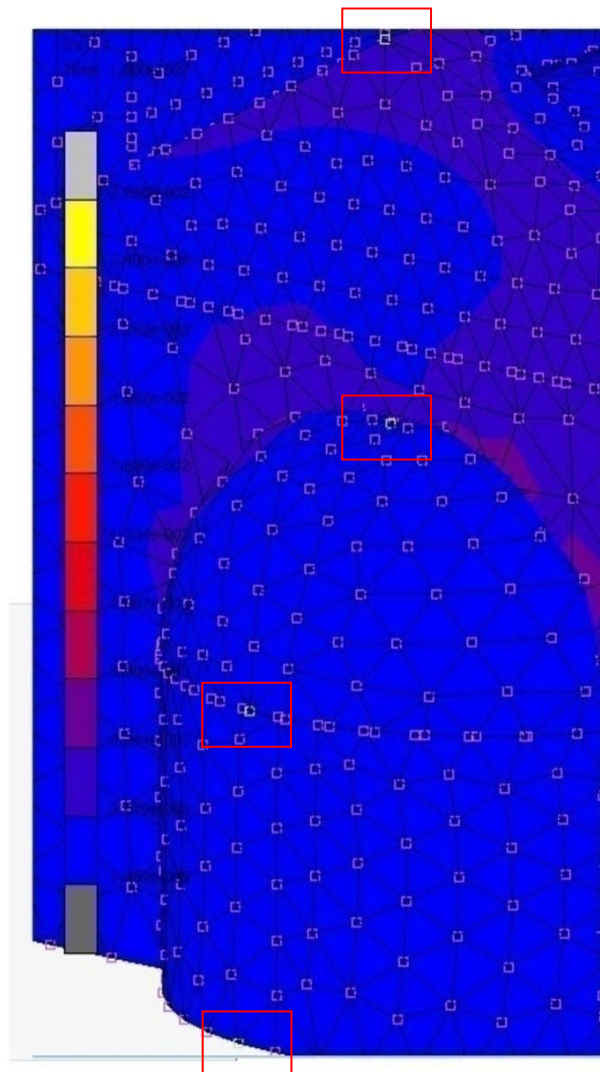
M1 touch



M2 touch

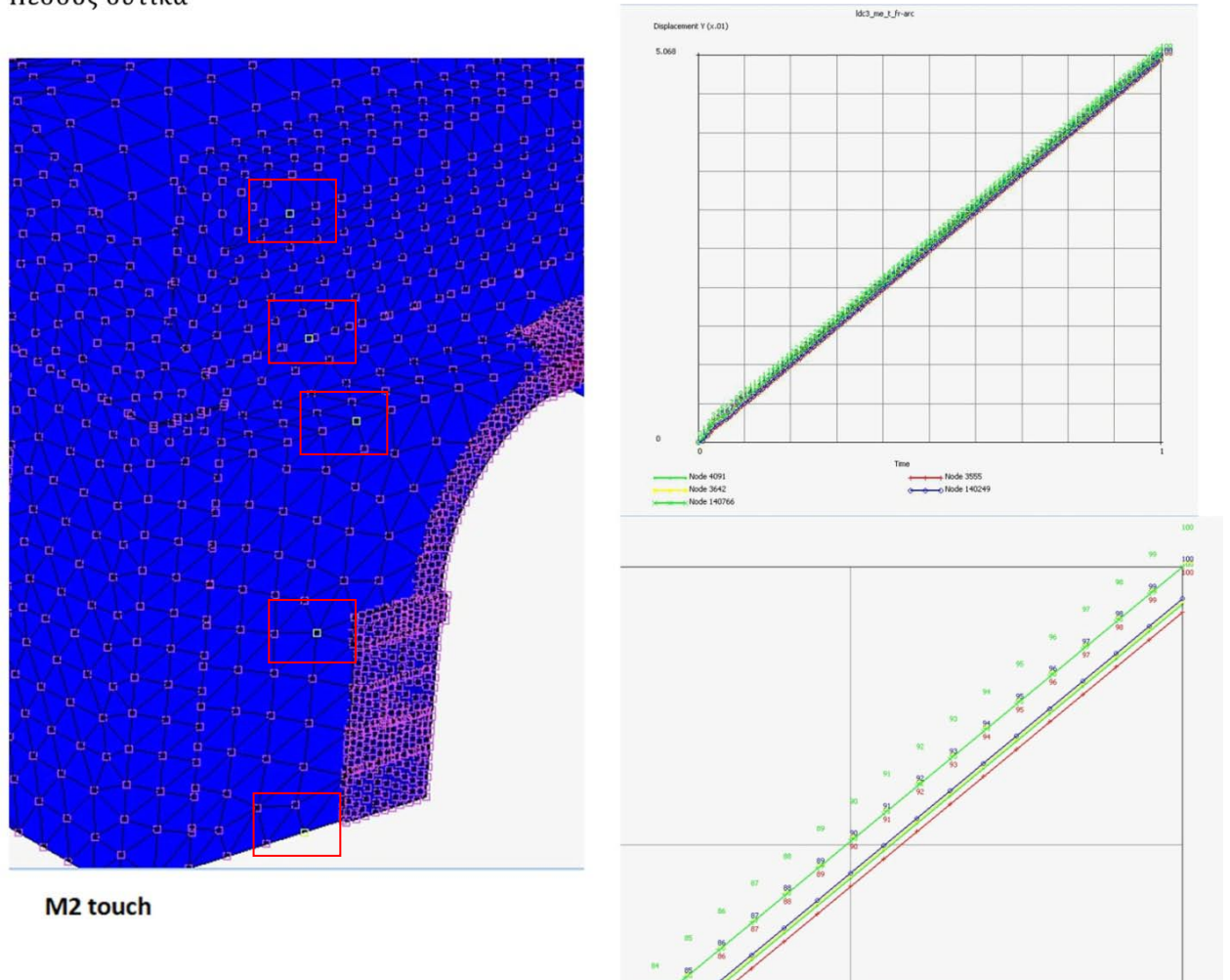
ΕΙΚΟΝΑ 183. Διαγράμματα μετατόπισης για τα μοντέλα με δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ των στοιχείων. Το επάνω διάγραμμα αφορά το μοντέλο [M1] του μονόχωρου ναού σε τέσσερα χαρακτηριστικά σημεία του ανατολικού τοίχου ενώ το κάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις μετακινήσεις για το μοντέλο [M2] του δίχωρου ναού στα ίδια σημεία.

Στην παραπάνω εικόνα (εικ. 183) παρουσιάζονται διαγράμματα σε δυο χαρακτηριστικά σημεία για τα μοντέλα [M1 touch] και [M2 touch] για την κόγχη του ιερού. Για το [M2 touch] η πράσινη γραμμή είναι η βάση, η κόκκινη το σημείο ένωσης της ημικυκλικής αψίδας με το τεταρτοσφαίριο, η κίτρινη είναι το σημείο επαφής του τεταρτοσφαιρίου με τον ανατολικό τοίχο και η μπλε η κορυφή του τριγώνου. Τα τέσσερα σημεία μετακινούνται παράλληλα, με την μεγαλύτερη μετατόπιση στο σημείο της κορυφής του τριγώνου, την μικρότερη στην βάση και τα δυο σημεία του τεταρτοσφαιρίου να ταυτίζονται σε λίγο χαμηλότερη τιμή. Αντίθετα για το μοντέλο [M1 touch] την μεγαλύτερη μετατόπιση την βλέπουμε στην κόκκινη γραμμή που είναι το



σημείο ένωσης της ημικυκλικής αψίδας με το τεταρτοσφαίριο και την μικρότερη στην κορυφή του τριγώνου.

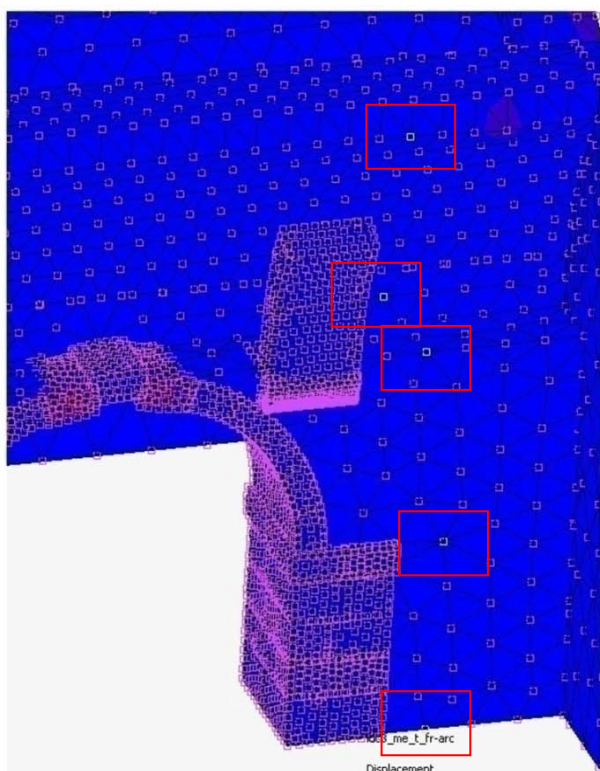
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ – ΕΠΙΒΕΒΛΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Ψ Πεσσός δυτικά



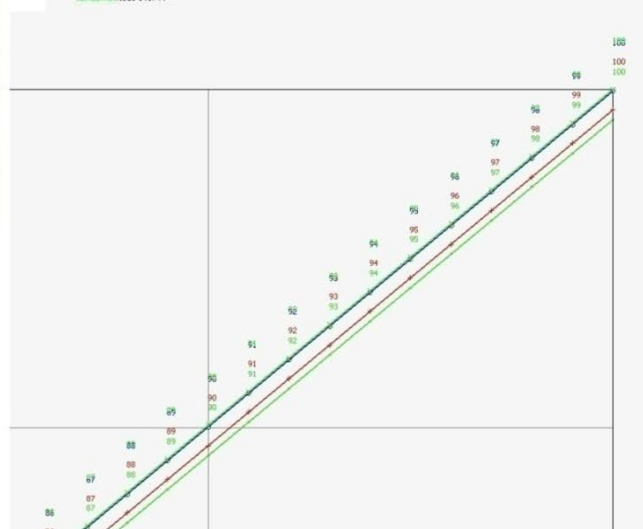
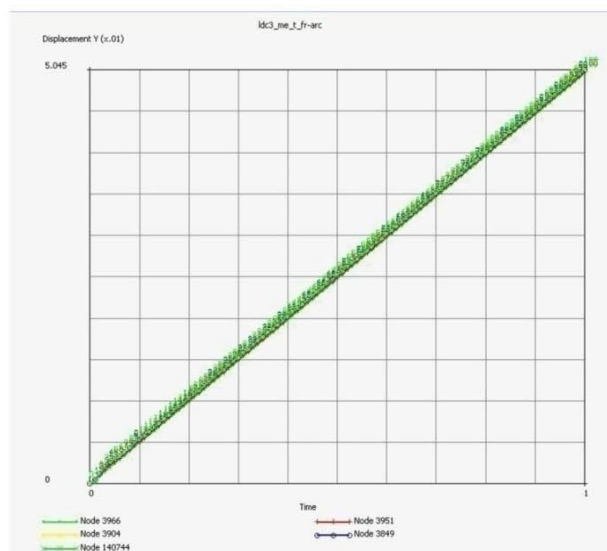
ΕΙΚΟΝΑ 184. Διάγραμμα μετατόπισης για το μοντέλο [M2] του δίχωρου ναού με δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ των στοιχείων. Το επάνω διάγραμμα αφορά πέντε χαρακτηριστικά σημεία του μεσαίου τοίχου στην ένωση των δυο κλιτών από την πλευρά του δυτικού πεσσού ενώ το κάτω διάγραμμα παρουσιάζει σε λεπτομέρεια την διαφοροποίηση των μετακινήσεων.

Το παραπάνω διάγραμμα (εικ. 184) αφορά πέντε σημεία στον δυτικό πεσσό και το τμήμα του τοίχου άνωθεν αυτού. Η πράσινη γραμμή είναι η βάση, η κόκκινη το ύψος του πεσσού, η κίτρινη το ύψος του τοίχου, το μπλε η αρχή γενέσεως του θόλου εσωτερικά στο πάχος της τοιχοποιίας και η σκούρα πράσινη το ανώτερο ύψος του μεσότοιχου που ενώνει τα δυο κλίτη. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι την μεγαλύτερη μετατόπιση την βλέπουμε στο ανώτερο σημείο του μεσότοιχου. Η αρχή γενέσεως του θόλου, το συνολικό ύψος του τοίχου και η βάση σχεδόν ταυτίζονται ενώ η κόκκινη γραμμή στο ύψος του πεσσού αποκλίνει ελαφρώς και παρουσιάζει μικρότερη τιμή από τις υπόλοιπες.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ - ΕΠΙΒΕΒΛΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Ψ
Πεσσός ανατολικά



M2 touch



ΕΙΚΟΝΑ 185. Διάγραμμα μετατόπισης για το μοντέλο [M2] του δίσκων ναού με δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ των στοιχείων. Το επάνω διάγραμμα αφορά πέντε χαρακτηριστικά σημεία του μεσαίου τοίχου στην ένωση των δυο κλιτών από την πλευρά του ανατολικού πεσσού ενώ το κάτω διάγραμμα παρουσιάζει σε λεπτομέρεια την διαφοροποίηση των μετακινήσεων στα σημεία αυτά.

Το παραπάνω διάγραμμα (εικ. 185) αφορά πέντε σημεία στον ανατολικό πεσσό και το τμήμα του τοίχου άνωθεν αυτού. Η πράσινη γραμμή είναι η βάση, η κόκκινη το ύψος του πεσσού, η κίτρινη το ύψος του τοίχου, το μπλε η αρχή γενέσεως του θόλου εσωτερικά στο πάχος της τοιχοποιίας και η σκούρα πράσινη το ανώτερο ύψος του μεσότοιχου που ενώνει τα δυο κλίτη. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι την μεγαλύτερη μετατόπιση την βλέπουμε στα δυο ανώτερα σημεία την κορυφή του μεσότοιχου και την αρχή γενέσεως του θόλου που ταυτίζονται ενώ η κόκκινη στο ύψος του πεσσού αποκλίνει ελαφρώς και βρίσκεται ενδιάμεσα στις υπόλοιπες τιμές και στον κόμβο της βάσης.

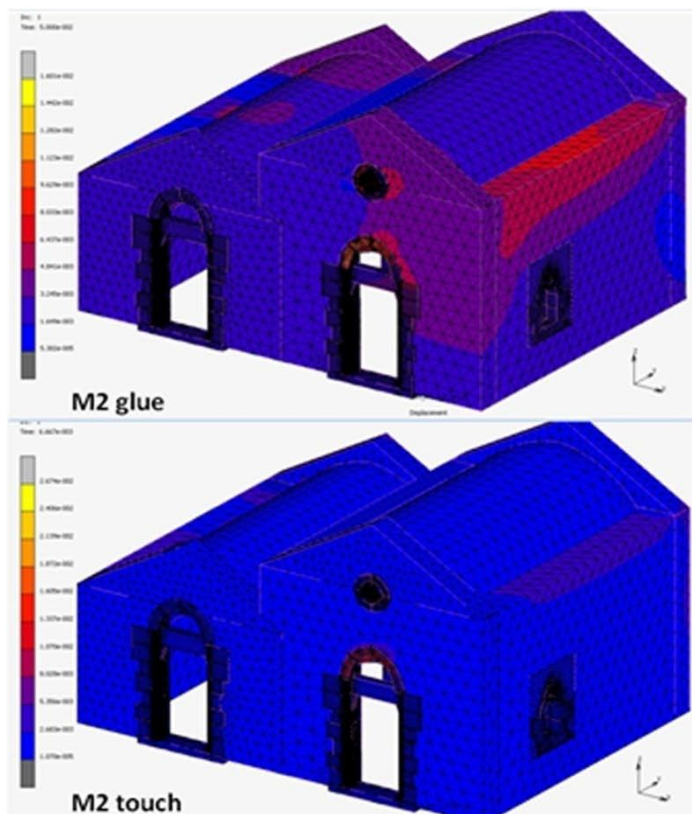
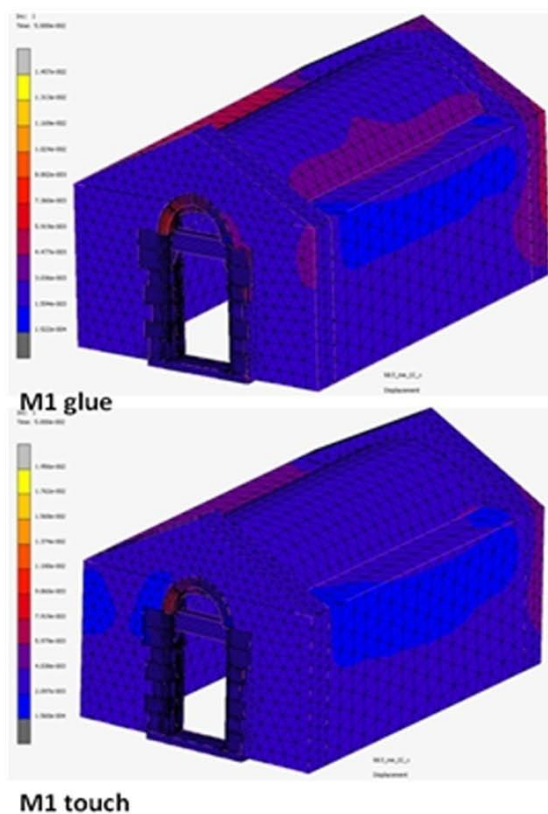
5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ – ΕΠΙΒΕΒΛΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Χ

Αντίστοιχα με την προηγούμενη ενότητα, μελετήθηκαν τα τέσσερα μοντέλα για επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα Χ (βορράς - νότος) του υπο μελέτη ναού, σύμφωνα με τον πίνακα της (εικ. 129) για απόσταση 5εκ. σε δυο χρόνους. Οι εικόνες που ακολουθούν όπως και πριν σε παράθεση, αφορούν τα μοντέλα [M1glue] – [M2glue] – [M1touch] – [M2touch]. Η σύγκριση γίνεται σε δυο στάδια στο χρονικό βήμα 1 της ανάλυσης ιστορίας, κατά την έναρξη της μετακίνησης στην μικρότερη τιμή και στο χρονικό βήμα 20 που βρίσκεται στο μέσο της ανάλυσης, δηλαδή στην μέγιστη μετατόπιση για χρόνο $T=1$. Οι πρώτες εικόνες αφορούν την μετατόπιση.

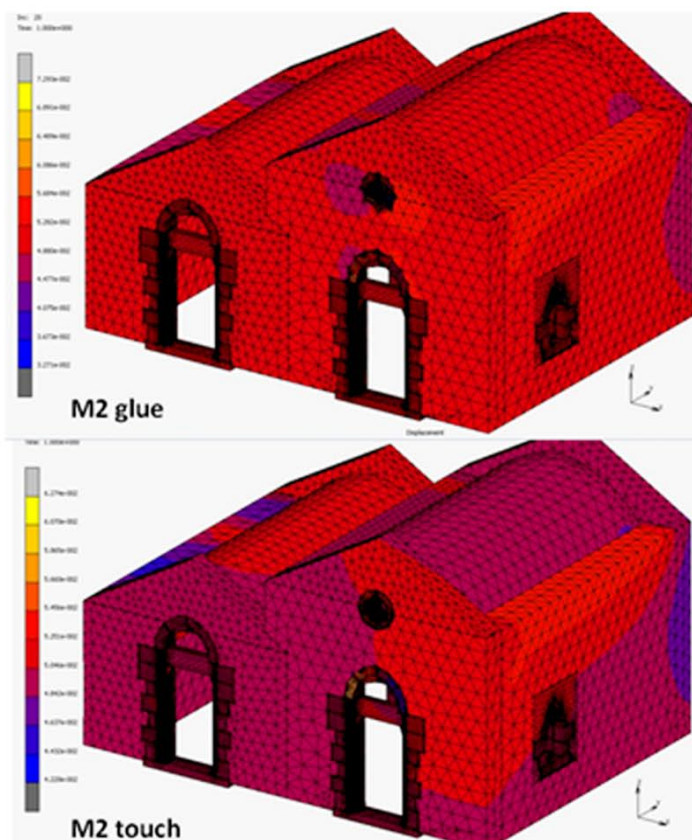
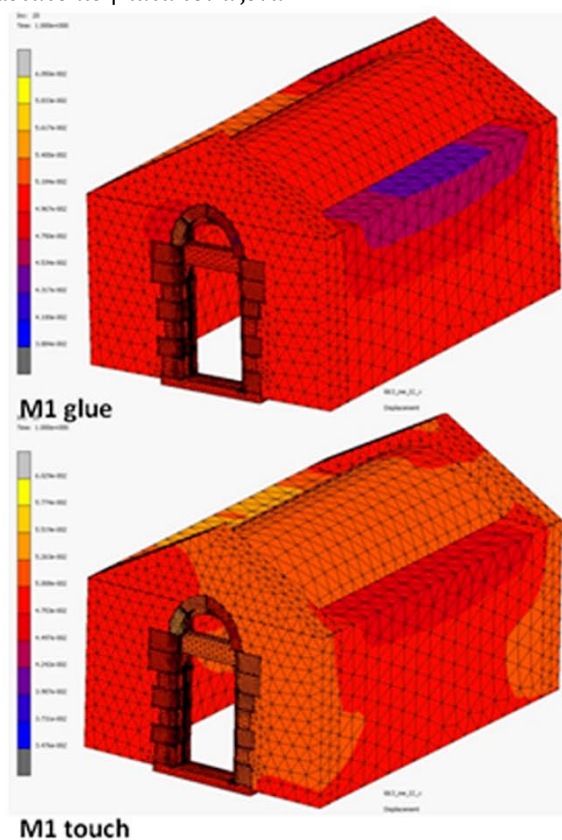
Στο μοντέλο [M1glue] και [M1touch] στο αρχικό βήμα της ανάλυσης παρατηρούνται πιο έντονες μετατοπίσεις στο άνω τμήμα του βόρειου τοίχου προς τα ανατολικά στην περιοχή που βρίσκεται πάνω από το παράθυρο καθώς και στο ανακουφιστικό τόξο πάνω από το θύρωμα του δυτικού τοίχου (εικ. 186). Το [M1touch] παρουσιάζει ομοίως υψηλές τιμές πάνω από το παράθυρο όπως και στο πρώτο βήμα αλλά στο χρονικό βήμα 20 οι παραμορφώσεις γίνονται πιο έντονες σε ολόκληρο το μήκος του θόλου και κατά το ήμισυ του δυτικού τοίχου προς την ΒΔ γωνία. Οι εικόνες για το [M2glue] στο βήμα 1 και το [M2touch] στο βήμα 20 παρουσιάζουν ομοιότητες ως προς την γεωμετρία των μετατοπίσεων που εκτείνονται σε ολόκληρη την ΒΔ γωνία του κτίσματος, από το μέσον του δυτικού τοίχου του νότιου κλίτους σε ύψος από την κορυφή μέχρι το μέσον περίπου του θυρώματος (3^{ος} λίθος απ την βάση) και σε όλο το ανώτερο τμήμα του νότιου τοίχου (εικ. 187).

Το [M1 glue] στο χρονικό βήμα 1 της ανάλυσης, ανέρχεται σε 0,01457μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή της χρωματικής κλίμακας. Το [M1touch] αντίστοιχα σε 0,01956μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή. Το μοντέλο [M2 glue] εμφανίζει 0,01601μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή. Το [M2touch] 0,02674μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή.

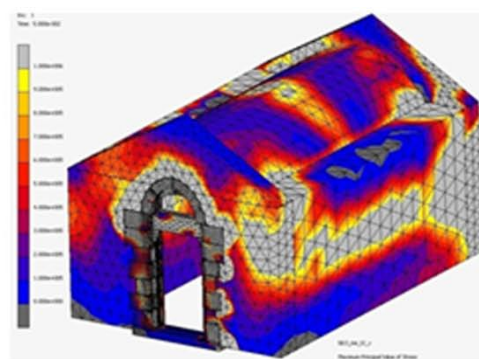
Για το χρονικό βήμα 20 στην μέγιστη μετατόπιση, Το [M1 glue] ανέρχεται σε 0,06050μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή της χρωματικής κλίμακας. Το [M1touch] αντίστοιχα σε 0,06029μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή. Το μοντέλο [M2 glue] εμφανίζει 0,07293 στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή. Το [M2touch]: 0,06274μ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή.



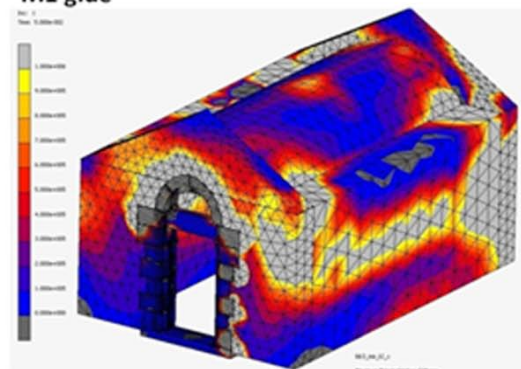
ΕΙΚΟΝΑ 186. Συγκριτική μελέτη των μετατοπίσεων των τεσσάρων μοντέλων της ανάλυσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό με διαφοροποίηση των συνθηκών επαφής για το **χρονικό βήμα 1** της ανάλυσης για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα Χ.



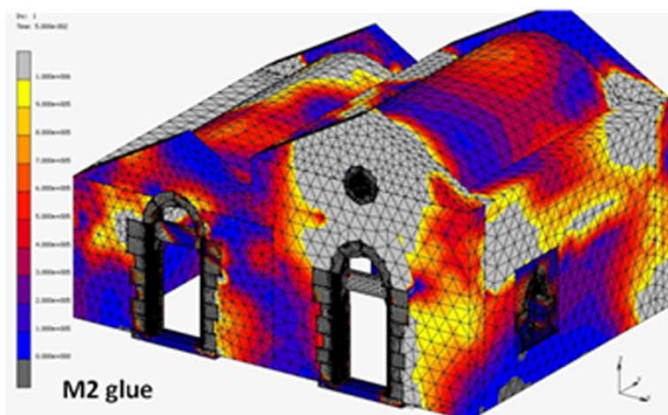
ΕΙΚΟΝΑ 187. Συγκριτική μελέτη των μέγιστων μετατοπίσεων των τεσσάρων μοντέλων της ανάλυσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό με διαφοροποίηση των συνθηκών επαφής για το **χρονικό βήμα 20**, της ανάλυσης για χρόνο $T=1$ για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα Χ.



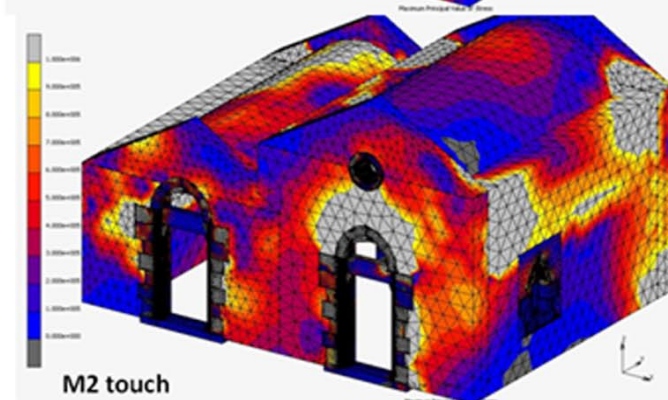
M1 glue



M1 touch

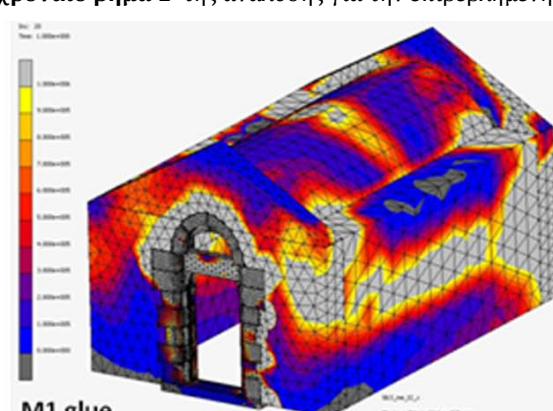


M2 glue

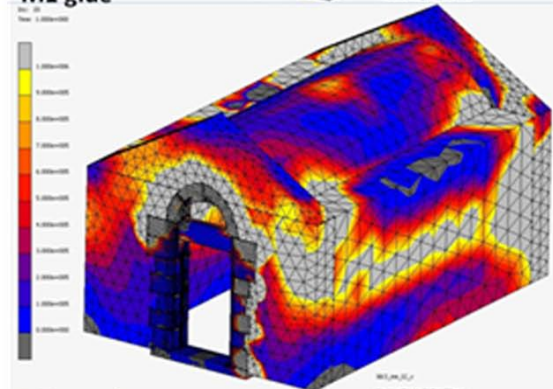


M2 touch

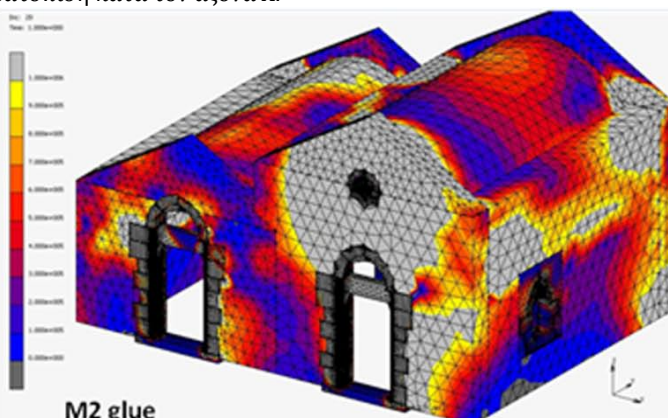
ΕΙΚΟΝΑ 188. Συγκριτική μελέτη των μέγιστων κυρίων τάσεων και των περιοχών πιθανής αστοχίας για τα τέσσερα μοντέλα της ανάλυσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό με διαφοροποίηση των συνθηκών επαφής για το χρονικό βήμα 1 της ανάλυσης για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα X.



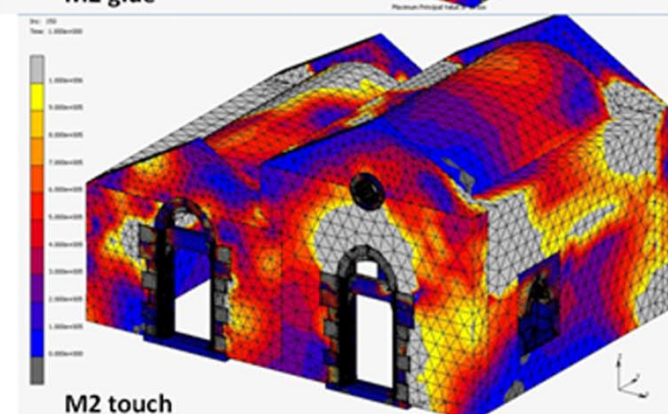
M1 glue



M1 touch



M2 glue



M2 touch

ΕΙΚΟΝΑ 189. Συγκριτική μελέτη των μέγιστων κυρίων τάσεων και των περιοχών πιθανής αστοχίας για τα τέσσερα μοντέλα της ανάλυσης για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό με διαφοροποίηση των συνθηκών επαφής για το χρονικό βήμα 20 της ανάλυσης για χρόνο T=1, για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα X.

Τα τέσσερα μοντέλα [M1] δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ τους ούτε εξαιτίας της συνθήκης επαφής [glue/touch] ούτε με την πάροδο του χρόνου της ανάλυσης έως το $T=1$. Αντίθετα οι εικόνες αλλάζουν αρκετά στα [M2] ως προς την θέση αλλά και την έκταση των περιοχών πιθανής αστοχίας που παρουσιάζονται με ανοιχτό γκρι στην χρωματική κλίμακα. Οι εικόνες που προκύπτουν από την φόρτιση κατά X τόσο για το μοντέλο [M1] όσο και για το [M2] δεν διαφέρουν σημαντικά με τις αντίστοιχες της φόρτισης κατά τον άξονα Ψ . Για το μοντέλο [M1] οι μέγιστες κύριες τάσεις βρίσκονται ομοίως με την φόρτιση κατά Ψ , γύρω από το ανώτερο τμήμα του θυρώματος στην δυτική πλευρά, στην ΝΔ γωνία του κτίσματος και καθ'όλο το μήκος του νότιου τοίχου στο ύψος της γέννησης του θόλου και στην ΝΑ γωνία σε όλο το ύψος. Αυξημένες τάσεις παρουσιάζονται και στο μέσον του θόλου στην περιοχή που βρίσκεται το ενισχυτικό σφενδόνιο.

Η χρωματική κλίμακα είναι κοινή και για τα τέσσερα μοντέλα ώστε να μπορούν να είναι συγκρίσιμες οι περιοχές αστοχίας και εμφανίζει τιμές $1,000e+006$ στην ανώτατη τιμή στην γκρι περιοχή της χρωματικής κλίμακας.

Για το μοντέλο [M2] μεγαλύτερες περιοχές αστοχίας εντοπίζονται στα [M2 glue] και για τα δυο χρονικά βήματα της ανάλυσης (εικ. 188-189), πιθανόν επειδή η μικρομετακινήσεις που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των λίθων αποσβαίνουν μέρος της ενέργειας μετακίνησης που εφαρμόζεται. Οι περιοχές με τις μέγιστες κύριες τάσεις εντοπίζονται γύρω από τα ανοίγματα του δυτικού τοίχου. Αυξημένες τάσεις και μεγάλες περιοχές πιθανής αστοχίας εντοπίζονται για το [M2] σχεδόν σε όλο το μήκος του νότιου τοίχου στο ανώτερο τμήμα του από την στάθμη γέννησης του θόλου έως την άνω πλευρά του, εξαιτίας των πλευρικών ωθήσεων του θόλου. Οι τάσεις στο δυτικό τοίχο στο τμήμα του βόρειου κλίτους παρουσιάζουν μια εικόνα σχεδόν διαγώνια σε σχέση με το θύρωμα του, από το ανώτερο τμήμα της ΒΔ γωνίας του κτίσματος έως την περιοχή της ένωσης των δυο κλιτών στην δυτική πλευρά, στην βάση του κτίσματος. Η κατανομή αυτή είναι περισσότερο εμφανής στα μοντέλα [M2 glue] [M2touch] για το βήμα 1 και [M2 glue] για το βήμα 20. Στο [M2touch] στο βήμα 20 υπάρχει μια πιο γενική αύξηση των τάσεων σε ολόκληρη την επιφάνεια του δυτικού τοίχου που ανήκει στο βόρειο κλίτος.

Για το τμήμα του δυτικού τοίχου που ανήκει στο νότιο κλίτος στα μοντέλα [M2] η πιο ευάλωτη περιοχή φαίνεται να είναι το ανώτερο τμήμα του θυρώματος έως και την κορυφή της τριγωνικής μετώπης για τα μοντέλα [M2 glue] και για την περιοχή μεταξύ του κυκλικού παραθύρου και της άνω πλευράς του θυρώματος για όλα τα [M2] και για τα δυο χρονικά βήματα. Η γκρι περιοχή αστοχίας για το [M2 glue] στο βήμα 20 και η κίτρινη περιοχή για το [M2touch] στο ίδιο βήμα που διακρίνεται στην νότια πλευρά του θυρώματος του νότιου κλίτους και εκτείνεται από την βάση του έως, κατά προσέγγιση, το ύψος της νοητής προέκτασης του υπέρθυρο στην ΝΔ γωνία του κτίσματος, μας οδηγούν σε ανάλογα συμπεράσματα με εκείνα της μελέτης κατά τον άξονα Ψ . Συνεπώς τα παραδείγματα κοινής παθολογίας ναών που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, μπορούν να ερμηνευθούν και εδώ με τις εικόνες του [M2 glue] και [M2touch] για την μέγιστη εφαρμοζόμενη μετατόπιση στο κτίσμα (βήμα 20). Ως αποτέλεσμα αυτού,

θα μπορούσαμε καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η παθολογία του δυτικού τοίχου γύρω από το θύρωμα του μεγαλύτερου καθ' ύψος κλίτους, μπορεί να οφείλεται σε επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα X του κτιρίου (κατεύθυνση βορράς – νότος) ή κατά τον άξονα Ψ (κατεύθυνση ανατολή- δύση) ή πιθανόν και σε συνδυασμό τους, από την στιγμή που εμφανίζουν τις μέγιστες κύριες τάσεις στις ίδιες περιοχές.

ΕΙΚΟΝΑ 190. **Διάγραμμα μετατόπισης** σε τέσσερα σημεία του βόρειου τοίχου στο παράθυρο για το μοντέλο [M1 touch] με **δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ των στοιχείων**

Στην παραπάνω εικόνα (εικ. 190) παρουσιάζεται το διάγραμμα μετατόπισης μεμονωμένων κόμβων για το μοντέλο [M1 touch] στο παράθυρο του βόρειου τοίχου. Η πράσινη γραμμή αποτελεί την η βάση, η κόκκινη την ποδιά του παραθύρου, η κίτρινη είναι το ανώτερο σημείο ένωσης των λίθων του παραθύρου εξωτερικά και η μπλε το συνολικό ύψος του βόρειου τοίχου. Από το διάγραμμα διαπιστώνουμε την μεγαλύτερη μετακίνηση στην κορυφή του τοίχου με σημαντική απόκλιση από τις άλλες 3, η οποία ακολουθείται από την κορυφή του παραθύρου ενώ η βάση με την ποδιά του παραθύρου ταυτίζονται. Στον χρόνο $T=2$ του πίνακα φαίνεται ότι η ποδιά έχει υποστεί μια μικρή παραμόρφωση καθώς δεν επιστρέφει ακριβώς στην αρχή των αξόνων. Η κορυφή του τοίχου ταυτίζεται σχεδόν με την παραμόρφωση της ποδιάς, ενώ η κορυφή του

παραθύρου μετακινείται περισσότερο και αποκλίνει ως τιμή από τις άλλες τρείς. Συγκριτικά με την αντίστοιχη εικόνα επιβεβλημένης μετακίνησης κατά τον άξονα Ψ (εικ.182) για το ίδιο μοντέλο του μονόχωρου ναού [M1 touch] η μεγαλύτερη μετακίνηση είναι στην ποδιά του παραθύρου όπως συμβαίνει και εδώ, η οποία όμως για την φόρτιση κατά Ψ, βρίσκεται κοντά με τις τιμές της κορυφής του τοίχου και την χαμηλότερη τιμή έχει η κορυφή του παραθύρου σε αντίθεση με την φόρτιση κατά τον άξονα Χ.

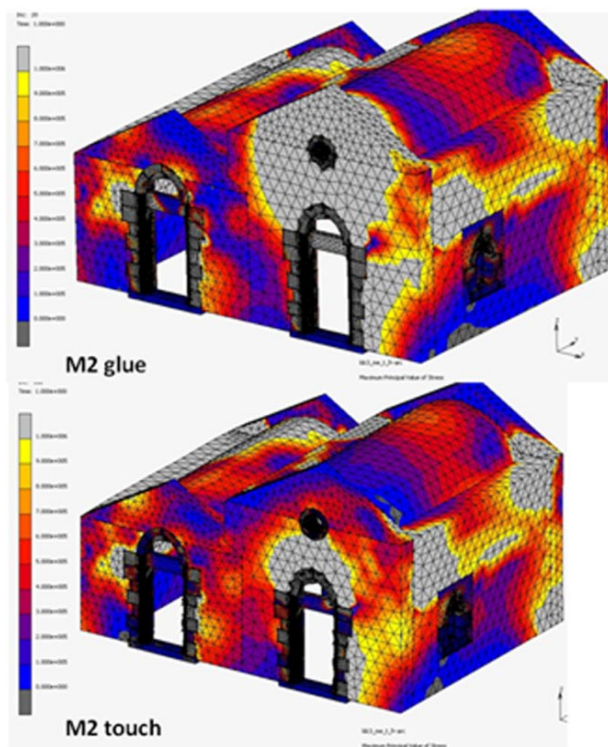
Αντίστοιχες συγκρίσεις μπορούν να γίνουν για όλα τα σημεία των ανοιγμάτων των τεσσάρων επιμέρους μοντέλων που μελετήθηκαν, βάσει των υπολογισμών που πραγματοποιήθηκαν με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Οι εικόνες αυτές δεν παρουσιάζονται αναλυτικά καθώς τα συμπεράσματα της συγκριτικής παρατήρησης τους προκύπτουν συνοπτικά από τις παραπάνω εικόνες μέγιστων μετατοπίσεων και κυρίων τάσεων στα τέσσερα μοντέλα, μέσω των χρωματικών διαβαθμίσεων. Οι μικρο-μετακινήσεις στα επιμέρους κρίσιμα σημεία των τοίχων και των ανοιγμάτων θα ήταν σκόπιμο να μελετηθούν διεξοδικά στην περίπτωση της πρότασης επισκευαστικών επεμβάσεων για την τοπική ενίσχυση της κατασκευής, καθώς μέσα από τα υπολογιστικά μοντέλα μπορούν να προσδιοριστούν με μεγάλη ακρίβεια τα εντατικά μεγέθη που αναπτύσσονται στην τοιχοποιία.

Στο αρχικό στάδιο της παρούσας μελέτης διαπιστώθηκε η κοινή παθολογία μονόχωρων και δίχωρων ναών που κατασκευάστηκαν κατά την ενετική περίοδο κτήσης της Κρήτης. Προκειμένου να ερμηνευθεί η ομοιότητα των καταγραφόμενων φθορών, έγινε μια σύντομη αναφορά στα κυριότερα ρυθμολογικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους, αναφέρθηκαν ενδεικτικά κάποια παραδείγματα μονόχωρων και δίχωρων ναών με μια συνοπτική παρουσίαση των ιστορικών και αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών τους. Στην συνέχεια αναλύθηκαν τρία παραδείγματα ναών της επαρχίας Μαλεβιζίου στον νομό Ηρακλείου ως προς τα κοινά μορφολογικά χαρακτηριστικά αλλά και τις κοινές φθορές που παρουσιάζουν. Εκτενέστερη αναφορά έγινε για τον δίκλιτο ναό του Αγ. Αντωνίου στην τοποθεσία Πετάλι, ο οποίος σχεδιάστηκε τρισδιάστατα και μελετήθηκε η δομική συμπεριφορά του με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, με απώτερο στόχο να μπορέσουν να αιτιολογηθούν οι υφιστάμενες ρηγματώσεις που οδήγησαν στην αστοχία της θολοδομίας και την τμηματική κατάρρευση του κτίσματος. Τα μοντέλα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα των πεπερασμένων στοιχείων και εξετάστηκαν σε ανάλυση ιδιομορφών και επιβεβλημένης φόρτισης κατά τους δυο άξονες (X,Ψ) ώστε να προκύψει μια συνολική εικόνα της συμπεριφοράς του κτίσματος σε εντός και εκτός επιπέδου φορτίσεις για τους φέροντες και τους μετωπικούς τοίχους, αφορούν έναν μονόχωρο και έναν δίχωρο ναό. Η επιλογή αυτή έγινε προκειμένου να εξετασθεί ο τρόπος με τον οποίο η προσθήκη του δεύτερου κλίτους επηρεάζει θετικά ή αρνητικά την συμπεριφορά του αρχικού ανεξαρτητου μονόχωρου. Γενικά η μελέτη με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων έδωσε την δυνατότητα να διερευνηθούν και να μελετηθούν συγκριτικά οι μηχανισμοί αστοχίας του μονόχωρου και του δίχωρου ναού πριν και μετά την επέμβαση της προσθήκης του νεότερου κλίτους. Για την διερεύνηση ιδιαίτερα των μηχανισμών που αναπτύσσονται μεταξύ των μεγάλων λίθων που περιγράφουν τα ανοίγματα και οι οποίοι δομούνται εν ξηρώ χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της προσομοίωσης προβλημάτων επαφής τριβής μεταξύ παραμορφώσιμων σωμάτων.

Κατά την επιβεβλημένη μετακίνηση κατά τον άξονα Ψ παρατηρούνται μικρότερες τιμές στις μετατοπίσεις για το μοντέλο στο οποίο δίδεται η δυνατότητα τριβής συγκριτικά με αυτό που λειτουργεί ως ενιαίος φορέας, το οποίο σημαίνει ότι εξαιτίας του μηχανισμού τριβής που ενεργοποιείται απορροφάται μέρος της ενέργειας και ως εκ τούτου προκύπτουν μικρότερες μετακινήσεις στην τοιχοποιία. Ειδικότερα για τον δυτικό τοίχο στην περιοχή που αναπτύσσονται χαμηλότερες μετακινήσεις ενδέχεται να παρουσιασθούν αστοχίες, όπως έχει παρατηρηθεί να συμβαίνει στην πράξη αντίθετα με την εικόνα που δίνει το μοντέλο με δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ των λίθων στην αντίστοιχη περιοχή. Όμοια αποτελέσματα προκύπτουν και από την φόρτιση του κτιρίου στην αντίθετη διεύθυνση, κατά τον άξονα X.

Οι εικόνες των μέγιστων τάσεων που προέκυψαν από την επιβεβλημένη μετακίνηση του κτιρίου κατά τις δυο διευθύνσεις του, μπορούν να ερμηνεύσουν κάποιες από τις βασικές ρωγμές που καταγράφηκαν στην παθολογία του δυτικού τοίχου, γύρω από τα ανοίγματα.

Πιο αναλυτικά, κατά την φόρτιση κατά τον άξονα Ψ το μοντέλο [M2glue] τόσο κατά το αρχικό βήμα της ανάλυσης όσο και για την μέγιστη επιβεβλημένη μετατόπιση (εικ. 178-9) μπορεί να ερμηνεύσει επαρκώς την παθολογία του δυτικού τοίχου και την κατακόρυφη ρωγμή που παρατηρείται επάνω από το θύρωμα στα παραδείγματα ναών που μελετήθηκαν. Στο μοντέλο [M2touch] οι μέγιστες τάσεις περιορίζονται σαφώς σε έκταση, αλλά η περιοχή αστοχίας στον δυτικό τοίχο παραμένει επάνω από το θύρωμα μεταξύ του κυκλικού παραθύρου. Έντονες τάσεις παρουσιάζονται ακόμη στις γωνίες των τοίχων όπου στην πράξη δεν παρατηρούνται όμως αστοχίες πιθανότατα λόγω της καλής ποιότητας κατασκευής με την κατάλληλη εμπλοκή και σωστή συναρμογή των γωνιόλιθων καθ' όλο το ύψος της τοιχοποιίας.



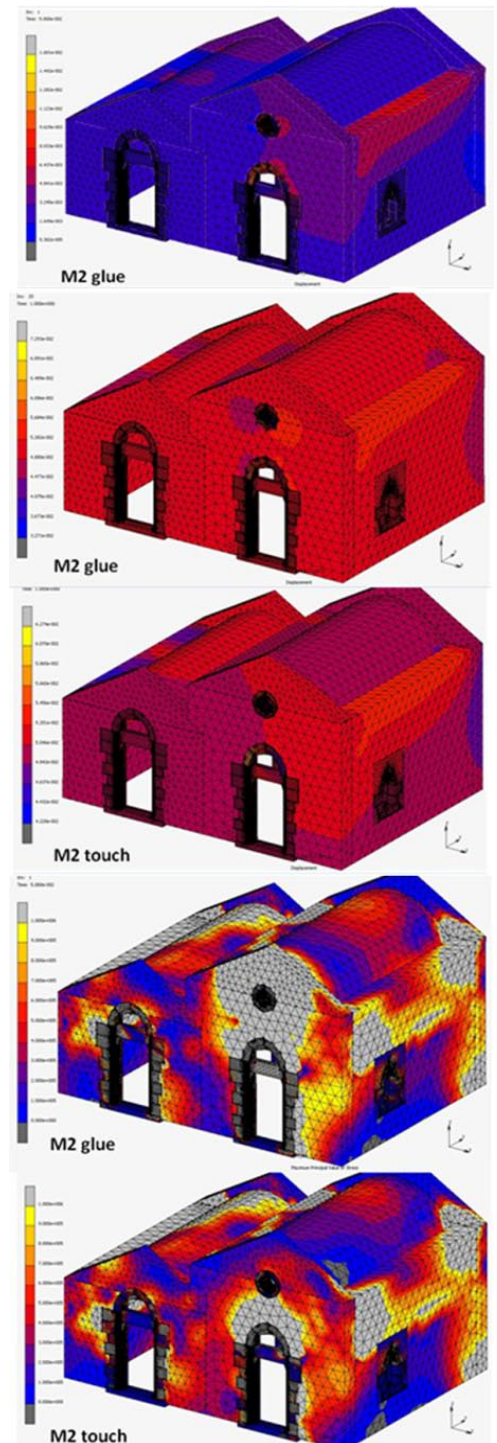
Για την φόρτιση κατά τον άξονα Χ το μοντέλο [M2glue] τόσο κατά το αρχικό βήμα της ανάλυσης όσο και για την μέγιστη επιβεβλημένη μετατόπιση (εικ. 186-8-9 που παρουσιάζονται σε μικρογραφία δεξιά) θα μπορούσε ομοίως να αιτιολογήσει την αστοχία επάνω από το θύρωμα του δυτικού τοίχου και την δημιουργία της κατακόρυφης ρηγματώσεως ενώ το μοντέλο [M2touch] όπως και για την φόρτιση κατά τον άξονα ψ, παρουσιάζει τις ίδιες περιοχές αστοχίας αλλά σε μικρότερη έκταση, λόγω της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των λίθων.

Έντονες τάσεις παρουσιάζονται και στην ΝΔ γωνία του κτίσματος και επάνω από το παράθυρο του νότιου τοίχου. Οι δυο εικόνες των μετατοπίσεων για το [M2] στον αρχικό αλλά και στον μέγιστο χρόνο τόσο για την περίπτωση της πλήρους συναρμογής μεταξύ των στοιχείων όσο και για την δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ τους (glue/touch) θα μπορούσαν για την φόρτιση κατά Χ να αιτιολογήσουν επιπλέον της παθολογίας του δυτικού και την λοξή ρηγματώση επάνω από το νότιο παράθυρο (εικ. 110 και 191). Περιοχές πιθανής αστοχίας εμφανίζονται ακόμη στην ΝΑ γωνία του δίκωρου ναού, σε τμήμα του θόλου του νόρειου κλίτους και στο ανώτερο τμήμα του βόρειου κλίτους. Δυστυχώς στο υπό μελέτη κτίριο ο βόρειος τοίχος του ναού, δεν διατηρείται στο αντίστοιχο ύψος ώστε να είναι εφικτή η συγκριτική παρατήρηση των ρηγματώσεων με τις περιοχές πιθανής αστοχίας των υπό μελέτη μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων. Σε

μια συγκριτική παρατήρηση των μέγιστων κυρίων τάσεων που αναπτύσσονται στον δίκωρο ναό για την φόρτιση κατά τον άξονα X και κατά τον άξονα Ψ του κτίσματος, οι περιοχές αστοχίας είναι σχεδόν ίδιες, κάτι το οποίο μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι ευάλωτες περιοχές του κτίσματος παραμένουν ίδιες για την εντός και εκτός επιπέδου φόρτιση. Σε επόμενο στάδιο της μελέτης του κτίσματος αυτού κρίνεται σκόπιμο να εξετασθεί εάν οι περιοχές αστοχίας θα διαφοροποιηθούν όταν επιβληθεί στο κτίριο δυναμικό σενάριο φόρτισης βάσει κάποιου διαγράμματος καταγεγραμμένης σεισμικής φόρτισης.

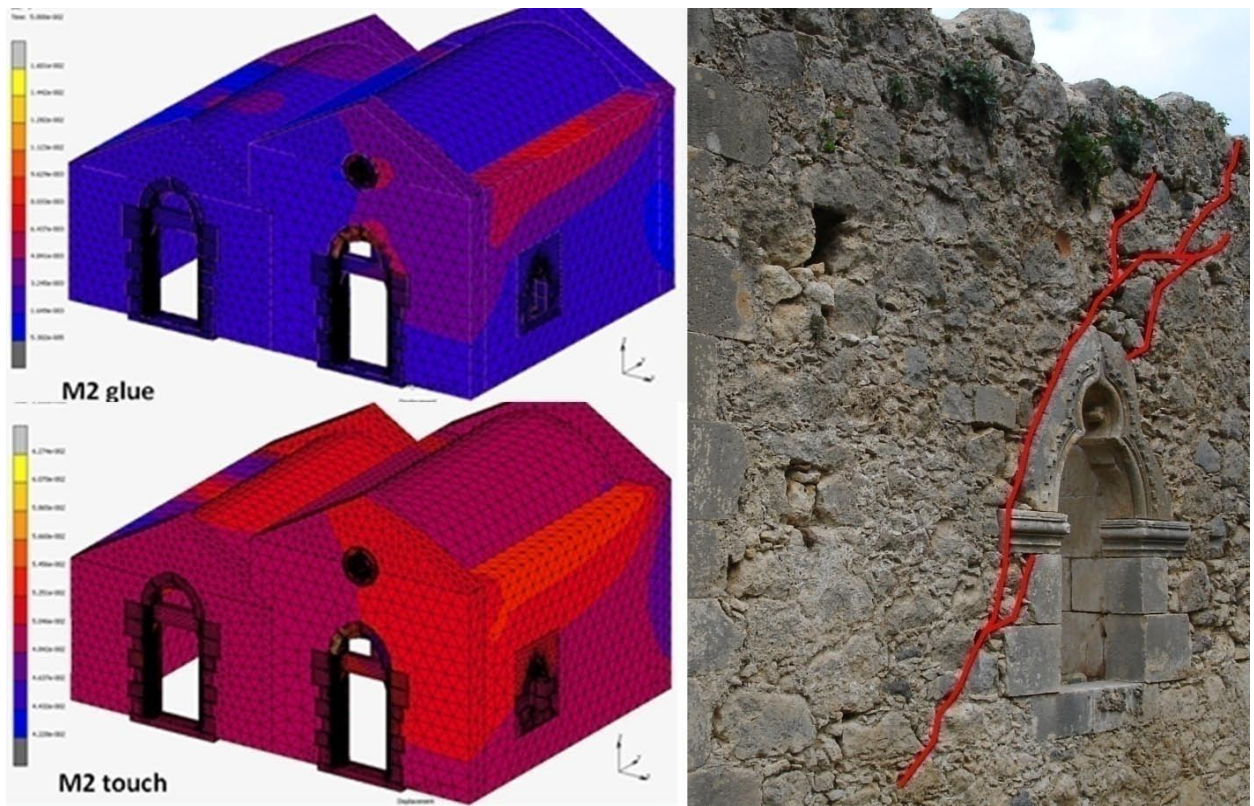
Οι εικόνες του [M2] για την φόρτιση κατά τον άξονα X διαφοροποιούνται αρκετά από τις αντίστοιχες του [M1] καθώς το δεύτερο εμφανίζει σαφώς χαμηλότερες τιμές και πιο ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων καθώς πιθανόν λόγω του μικρότερου μεγέθους του επηρεάζεται λιγότερο από την εφαρμογή της ίδιας επιβεβλημένης μετακίνησης. Το μοντέλο [M1] εμφανίζει αστοχίες στο υπέρθυρο και αναπτύσσει τάσεις στο μεσαίο τμήμα του νότιου τοίχου (εικ. 188-9).

Από την ανάλυση ιδιομορφών, προκύπτει ότι οι συχνότητες 4^η και 6^η επηρεάζουν με όμοιο τρόπο τα μοντέλα (glue) και (touch) όπου για το μοντέλο [M2glue] η συχνότητα 35.43 Hz καταπονεί το νότιο παράθυρο και η συχνότητα 43.34 Hz τον δυτικό τοίχο (εικ. 161). Η 7^η και 10^η συχνότητα καταπονούν περισσότερο το τόξο μεταξύ των πεσσών, στην ένωση των δυο κλιτών με τιμές 49.19 Hz και 51.96Hz αντίστοιχα (εικ. 164). Σε αντιστοιχία για το [M2touch] στην 4^η συχνότητα με τιμή 34.48Hz καταπονείται το νότιο παράθυρο και η ΝΔ γωνία του κτίσματος (εικ. 165) ενώ στην 6^η συχνότητα, η δυτική πόρτα με 42.54Hz (εικ. 166). Στην 7^η και 10^η συχνότητα του ίδιου μοντέλου καταπονείται ομοίως το μεσαίο τόξο της ένωσης των δυο κλιτών με μεγαλύτερες παραμορφώσεις εδώ για τις τιμές 47.36Hz για την 7η και 51.36Hz για την 10^η (εικ. 169). Συνοπτικά οι παραπάνω εικόνες παρουσιάζονται στην (εικ. 192).



Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι για όλα τα μοντέλα [M2 touch] στην ανάλυση ιδιομορφών η βόρεια θύρα του δυτικού τοίχου, παρουσιάζει πολύ χαμηλές τάσεις στο κατώτερο τμήμα, κατά προσέγγιση στο ύψος των 3-4 πρώτων λαξευτών λίθων, το οποίο

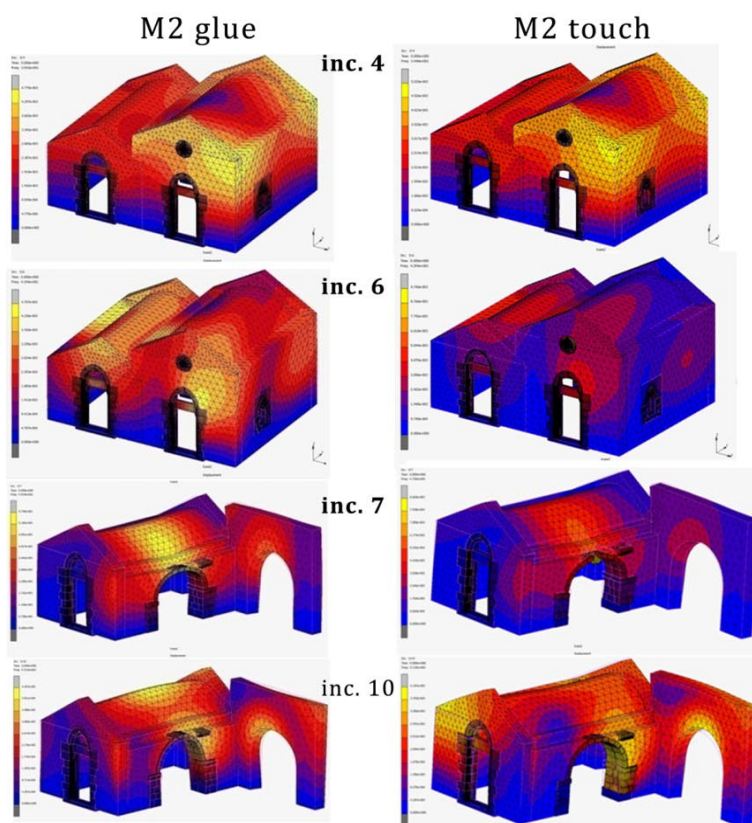
θα μπορούσε να ταυτιστεί εν μέρει με την κατάρρευση στο τμήμα εκείνο της δυτικής τοιχοποιίας στην πραγματική κατάσταση όπως φαίνεται στην φωτογραφία του Gerola. (εικ. 193)



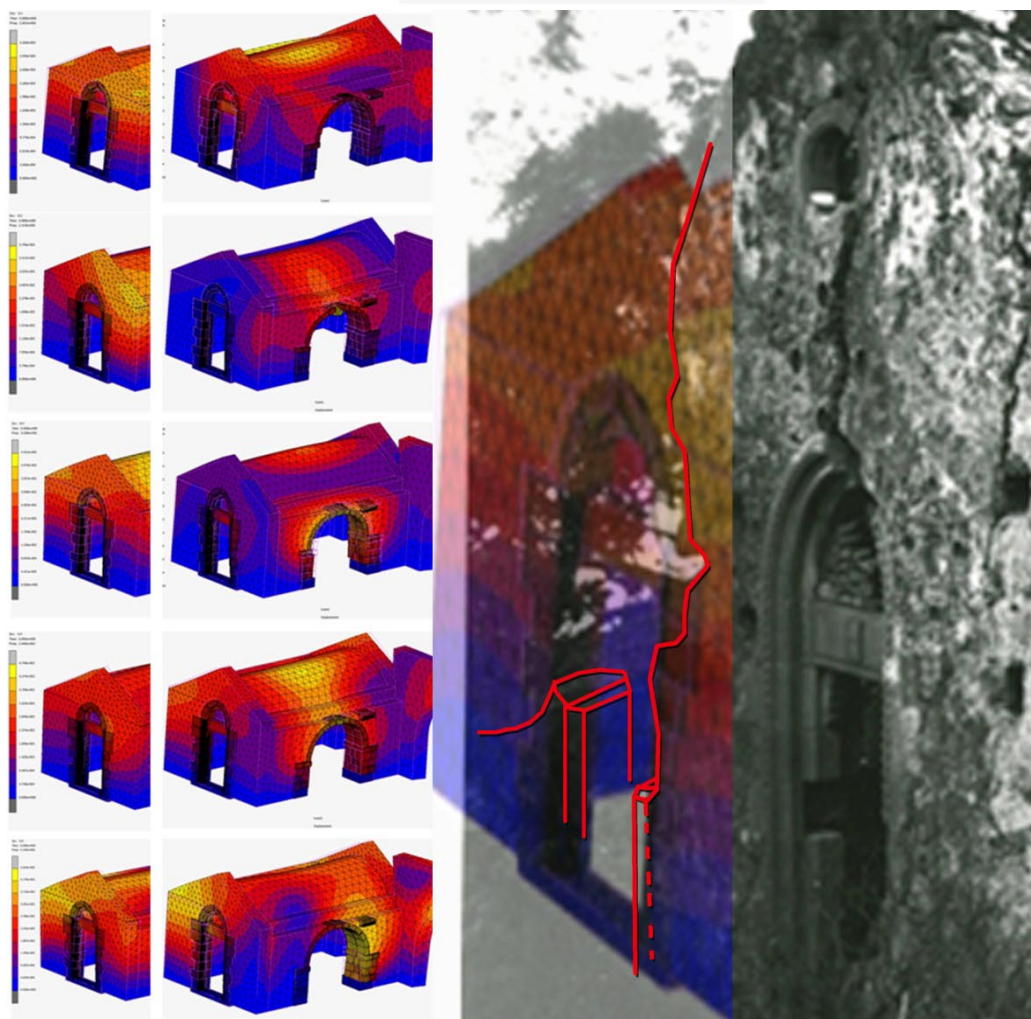
ΕΙΚΟΝΑ 191. Συγκριτική παρατήρηση μοντέλων [M2] ως προς την μετατόπιση για την επιβεβλημένη φόρτιση κατά τον άξονα Ψ και της ρηγμάτωσης που παρουσιάζει στην πραγματική κατασκευή το παράθυρο του νότιου τοίχου.

Συμπερασματικά για την ανάλυση ιδιομορφών, τα μοντέλα με πλήρη συνοχή μεταξύ των στοιχείων (glue) σύμφωνα με τον πίνακα συχνοτήτων (της εικ.170) εμφανίζουν πολύ διαφορετική συμπεριφορά σε σύγκριση με εκείνα στα οποία δίδεται η συνατότητα τριβής, ενώ οι τιμές των συχνοτήτων για τα μοντέλα (glue) σχεδόν ταυτίζονται για τον μονόχωρο και τον δίχωρο ναό, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει για τα μοντέλα (touch) αντίστοιχα.

Με βάση τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν η προσθήκη του δεύτερου κλίτους φαίνεται ν' αυξάνει την συνολική ακαμψία του φορέα όπως προκύπτει από την ιδιομορφική ανάλυση και περιορίζει τις μετατοπίσεις του αρχικού ναού. Αντιθέτως ο μονόχωρος ναός, πιθανόν λόγω του ύψους του, εμφανίζει αρκετά μεγαλύτερες περιοχές πιθανής αστοχίας, στον δυτικό, στον νότιο τοίχο και στο μεσαίο τόξο της ένωσης των δυο κλιτών. Από την συνολική παρατήρηση των μοντέλων του δίχωρου ναού, κατέστη εφικτό να ερμηνευθούν η κατακόρυφη ρωγμή επάνω από το θύρωμα του νεότερου κλίτους στην δυτική τοιχοποιία και τμηματικά κάποιες ρηγματώσεις της νότιας γύρω από τα ανοίγματα και της ανατολικής πλευράς στην περιοχή της κόγχης του Ιερού.



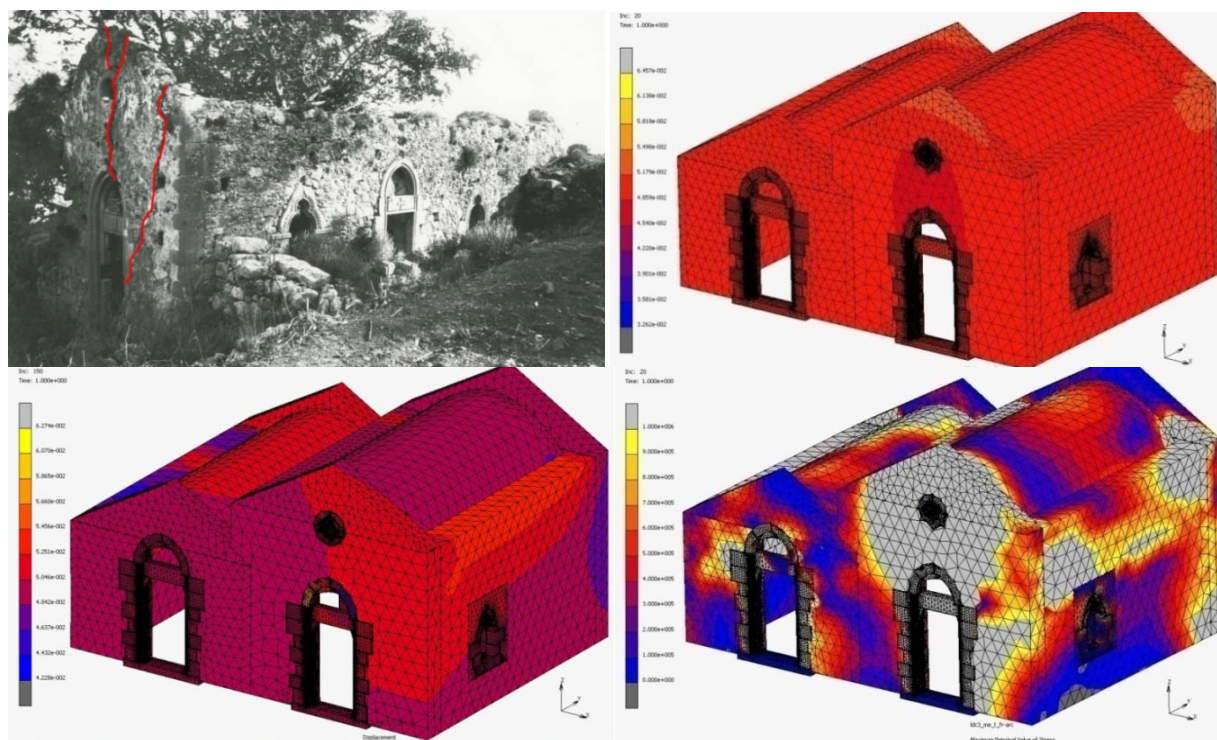
ΕΙΚΟΝΑ 192 (αριστερά). Συγκριτική παρατήρηση μοντέλων [M2] σε συνθήκες (glue) / (touch) ως προς την μετατόπιση για την 4^η /6^η / 7^η/10^η συχνότητα της ανάλυσης ιδιομορφών



ΕΙΚΟΝΑ 193. (κάτω) Συγκριτική παρατήρηση μοντέλων [M2] της ανάλυσης ιδιομορφών στα δέκα χρονικά βήματα όπου φαίνεται με μπλε χρώμα η ζώνη που επηρεάζεται λιγότερο, σε αντιπαράθεση με την κατάρρευση του αντίστοιχου τμήματος της δυτικής τοιχοποιίας του βόρειου κλίτους όπως αποτυπώνεται από τον Gerola στις αρχές του 20^{ου} αι. της εικ. 56

Στις δυο περιπτώσεις ναών μονόχωρου και δίχωρου, στην δυναμική φόρτιση φαίνεται να υπάρχει απόσβεση ενέργειας μέσω της τριβής μεταξύ των λίθων των ανοιγμάτων, με την διαφορά ότι για τον πρώτο στην ανάλυση ιδιομορφών προκύπτει μια εντελώς διαφορετική συμπεριφορά του κτίσματος λαμβάνοντας υπόψιν ή όχι την δυνατότητα μετακίνησης μεταξύ των λίθων, ενώ ο δίχωρος ναός επηρεάζεται λιγότερο, πιθανόν λόγω του σαφώς μεγαλύτερου ίδιου βάρους της κατασκευής. Από την τμηματική μελέτη χαρακτηριστικών ευπαθών περιοχών της κατασκευής προκύπτει η τάση αποκόλλησης κάποιων λίθων (πχ. Ανώφλι, κλειδί, κλπ), το οποίο παρατηρείται και στην υφιστάμενη παθολογία των ναών που προαναφέρθηκαν.

Όσον αφορά στην συνολική παθολογία του ναού του Αγ Αντωνίου, που καταγράφεται στο κεφάλαιο 4, υπάρχουν βλάβες που δεν μπόρεσαν να ερμηνευθούν στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, καθώς απαιτούνται επιπλέον δοκιμές με μεγαλύτερες δυναμικές φορτίσεις καθώς και εισαγωγή στην ανάλυση καταγραφών πραγματικών σεισμών (χρονιστορία επιταχύνσεων ή μετακινήσεων) που θα μπορέσουν να ενεργοποιήσουν τους μηχανισμούς αστοχίας που δεν έχουν εντοπισθεί ακόμη. Δυο ακόμη παράμετροι θα μπορούσαν ομοίως να εξεταστούν ως αντικείμενο μελλοντικής έρευνας, η διερεύνηση διαφορετικών συντελεστών τριβής μεταξύ των λαξευμένων λίθων που μελετήθηκαν ξεχωριστά και πιθανές αλλαγές στην μηχανική αντοχή της τοιχοποιίας (με διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες που θα προκύψουν από πειραματικά δεδομένα λίθων της ευρύτερης περιοχής ή ακόμα και του ίδιου του ναού) όσον αφορά την αργολιθοδομή αλλά και τους λαξευμένους λίθους των ανοιγμάτων σε συνδυασμό με τα υπάρχοντα κονιάματα της κατασκευής.



ΕΙΚΟΝΑ 194. Συγκριτική παρατήρηση μοντέλων [M2] και της ΝΔ γωνίας του ναού όπως αποτυπώνεται από τον Gerola στις αρχές του 20^{ου} αι. της εικ. 56 (πάνω αριστερά) με την εικόνα των μετατοπίσεων της αντίστοιχης άποιψης για την επιβεβλημένη μετατόπιση κατά τον άξονα Ψ για το μοντέλο touch(κάτω αριστερά) και για το μοντέλο glue (πάνω δεξιά) για την μέγιστη μετακίνηση και οι μέγιστες κύριες τάσεις για την φόρτιση κατά τον άξονα X για το μοντέλο glue (κάτω δεξιά).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Acocella, Alfonso. 2006.***Stone Architecture, Ancient and Modern construction skills.* Milan : SKIRA, 2006.
2. **Buondelmondi, Christoforo. 1981.***Ένας γύρος της Κρήτης στα 1415.* Ηράκλειο : Στέγιος Σπανάκης, édition Critique par Marie-Anne VanSpitae, 1981
3. **Conde B., Drosopoulos G.A., Stavroulakis G.E., Riveiro B., Stavroulakis M.E.** «Inverse analysis of masonry arch bridges for damaged condition investigation: Application on Kakodiki bridge.» *Engineering Structures* 127, 2016: 388-401.
4. **Curini Alessandro Spiridone & Lucila Donati,** *Creta Veneziana*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia 1988
5. *Sulla diffusione di alcuni caratteri occidentali nell' architettura religiosa cretese tra il sec. XedilXV, Πεπραγμένα του ΣΤ' Κρητολογικού Συνεδρίου.* **Curini, S. A. 1986.** Χανιά : Φιλολογικός Σύλλογος "ο Χρυσόστομος", 1986.
6. **Gerola, Giuseppe. 1933.***elenco topografico delle chiese affrescate di Creta.* Venezia : Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti , 1933
7. **Gerola, Guiseppe** *Monumenti Veneti nell'Isola di Creta.* Vol. I 1905
8. **Gerola, Guiseppe** *Monumenti Veneti nell'Isola di Creta.* Vol. II. Venezia : R. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti, 1908.
9. **Gerola, Guiseppe** *Monumenti Veneti nell'Isola di Creta.* Vol. III 1917
10. **Gerola, Guiseppe. 1932.***Monumenti Veneti nell'Isola di Creta.* Vol. IV. Venezia : R. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti, 1932.
11. **Gerola, Guiseppe** *Τοπογραφικός κατάλογος τοιχογραφημένων εκκλησιών της Κρήτης Μετάφραση, πρόλογος, σημειώσεις Κ.Ε.Λασιθιωτάκη.* Ηράκλειο : Ε.Κ.Ι.Μ., 1961
12. **Gerola Guiseppe:***le iscrizioni Cretesi di Desiderio dal Legname,* Verona 1907
13. **Gerola, μτφ. Στέργιος Σπανάκης** *Βενετικά Μνημεία της Κρήτης.* Κρήτη : Βικελαία Δημοτική βιβλιοθήκη, 1993
14. **Φωτογραφικό αρχείο Giuseppe Gerola,** Βικελαία Δημοτική Βιβλιοθήκη
15. **M. Pitton de Tournefort:** *Relation d'un voyage du Levant,* Paris 1717, vol. I
16. **Pashley R.:** *Travels in Crete,* London 1837 vol I
17. **Perrot G.:** *L' île de Crète en Revue de Deux Mondes,* Paris 1864
18. **Phalieros, Marinos. 1972.** *The Λόγοι Διδακτικοί, a critical study of W.B. Bakker - A. F. van Gemert.* Leinden : Brill, 1972. Vol. studia Byzantina et Neohellenica Neerlandica.
19. **John Ruskin. 1851.***Stones of Venice - The foundations.* London : Smith, Elder and CO, 65. Cornhill, 1851.
20. **John Ruskin** *Stones of Venice - Volume the second - The Sea Stories.* Chicago and New York : Belford, Clarke & Company, 1852.
21. **John Ruskin** *Stones of Venice - Volume III - The Fall.* Boston : Estes and Lauriat, 1853
22. **Leftheris B, Stavroulakis M, Sapounaki A, Stavroulakis G,***Computational Mechanics for heritage structures,* WIT Press, 2006
23. **Stavroulakis ME, Drosopoulos GA, Stavroulakis GE.** *Unilateral analysis and damage identification in masonry structures.* In: Proc. 13th Int. Conf. Civil, Struct. Environ. Eng. Comput., Stirlingshire, UK; 2011
24. **Stavroulakis ME, Stavroulakis GE.** *Unilateral contact applications using FEM software.* 'Invited paper' in *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*

Special Issue: Mathematical Modeling and Numerical analysis in Solid Mechanics, Guest Editors: M. Sofonea, J.M. Viano. 2002;12:101–11.

25. **M.E. Stavroulaki, G.A. Drosopoulos and G.E. Stavroulakis**, "Unilateral Analysis and Damage Identification in Masonry Structures", *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*, B.H.V. Topping and Y. Tsompanakis, (Editors), Civil-Comp Press, Stirlingshire, Scotland, paper 1, 2011
26. **M.E. Stavroulaki**, "Dynamic analysis of a stone bridge including contact and friction effects", *International Conference on Nonsmooth / Nonconvex Mechanics with Applications in Engineering (NNMAE2006)*, Thessaloniki, July 2006
27. **Maria E. Stavroulaki and Theodoros Tsinarakis**, "Finite element analysis of masonry barrel vaults", *7th GRACM International Congress on Computational Mechanics*, Athens, 30 June – 2 July 2011
28. **Stavroulaki M.E., Drosopoulos G.A., Tavlopoulou E., Skoutelis N., Stavroulakis G.E.** (2018), Investigation of the Structural Behaviour of a Masonry Castle by Considering the Actual Damage, *International Journal of Masonry Research and Innovation* 3, pp. 1-33
29. **Maria E. Stavroulaki, Antonis Anousakis and Aikaterini Mesaritaki**. «Finite element analysis of aggregated elongated vaulted structures.» *9th GRACM International Congress on Computational Mechanics*. Chania, 4-6 June 2018.
30. **T. A. B. Spratt**: *Travels and researches in Crete*, London 1865
31. **Tomazevic M**, Αντισεισμικός σχεδιασμός κτηρίων από τοιχοποιία, Κλειδάριθμος, Αθήνα 2004
32. **Ανδριανάκης, Μιχάλης. 1997**. *Η παλιά πόλη των Χανίων*. Χανιά : ΑΔΑΜ , 1997
33. **Ανδριανάκης Μ., Γιαπιτσογλου Κ.**: *Χριστιανικά μνημεία της Κρήτης, Συνοδική επιτροπή θρησκευτικού τουρισμού της εκκλησίας της Κρήτης – Μ.Κ.Ο. Φιλοξενία, Ηράκλειο 2012*
34. **ΤΙΜΟΘΕΟΥ ΒΕΝΕΡΗ. 1938**. *Το Αρκάδι δια των αιώνων*. Αθήναι : s.n., 1938
35. **Ι. Βολανάκη**, *Η θρησκευτική κατάσταση των Χριστιανών της Κρήτης κατά τον Sieber*, Κρητικά Χρονικά ΚΕ/1973
36. **Γκράτζιου, Όλγα. 2010**. *Η Κρήτη στην ύστερη μεσαιωνική εποχή, η μαρτυρία της εκκλησιαστικής αρχιτεκτονικής*. Ηράκλειο : Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2010
37. **Δημητροκάλλης, Γ. 1976**. *Οι Δίκογχοι χριστιανικοί ναοί*. Αθήνα : εκδόσεις Γρηγόρη, 1976
38. **Καραντώνη Φ.:** *Κατασκευές από τοιχοποιία, σχεδιασμός και επισκευές*, Παπασωτηρίου, Αθήνα 2012
39. **Λασσιθιωτάκης. 1969**. *Εκκλησίες της Δυτικής Κρήτης*. s.l. : Κρητικά Χρονικά 21, 1969
40. **Λασσιθιωτάκη**, *Κυριαρχούντες τύποι Χριστιανικών ναών από το 12^ο αι. και εντεύθεν στη Δυτική Κρήτη*
41. **Λέκκος, Ευάγγελος. 2003**. *Τα μοναστήρια του Ελληνισμού, τόμος Β'.* s.l. : Ιχνηλάτης, 2003
42. **Μεσαριτάκη, Αικατερίνη. 1999**. *Τεκμηρίωση και αποκατάσταση του καθολικού της Μονής του Αγ. Αντωνίου στο Πετάλι Ηρακλείου Κρήτης. Πτυχιακή εργασία. Βόλος : Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 1999.*
43. **Μησώκα Κων/νου**, *Ιερά Μονή Αγίου Γεωργίου του Γοργολαΐνι, Ταξίδι μέσα στους αιώνες*, εκδ. Ιεράς Μονής Αγίου Γεωργίου Γοργολαΐνι, 2005.
44. **Μπίρης, Κυπριανός. 1974**. *Οικοδομική, Μέρος Β', Πατώματα και Σχετικά Κατασκευαί*. ΑΘΗΝΑ : ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, 1974
45. **Μπούρα Χαράλαμπου**, *Βενετική Αρχιτεκτονική στην Ελλάδα, Αρχιτεκτονικά Θέματα*, 4 (1970)

46. **Μπούρα Χαράλαμπου**, *Μαθήματα Ιστορίας της Αρχιτεκτονικής*, τόμος Β', εκδ. Ε.Μ.Π., Αθήνα 1975
47. **Μυλοποταμιτάκη Κ**, *Βυζαντινά και Μεταβυζαντινά μνημεία της επαρχίας Μαλεβιζίου*
48. **Νικολόπουλος, Π.** 1968. *Πρόσθετοι ειδήσεις περί της Μονής Καβαλλαρέας, Πεπραγμένα β' Κρητολογικού Συνεδρίου*, τόμος Γ'. ΑΘΗΝΑ : Φιλολογικός Σύλλογος " ο Χρυσόστομος", 1968
49. **Ξανθουδίδης, Στέφανος.** 1903. *Χριστιανικά Επιγραφαί εκ Κρήτης*. Αθήνα : Σακελλαρίου, 1903.
50. **Α.Κ. Ορλάνδος**, *Μοναστηριακή Αρχιτεκτονική*, Αθήνα 1958
51. **Παπαζάχος, Κ. Παπαζάχος και Β.** 1989. *Οι σεισμοί της Ελλάδος*. Θεσσαλονίκη : 1989
52. **Πετράκη Α. Εμμ.** *Άγιος Γεώργιος ο Γοργολαΐνης, Δελτίον Ιεράς Μητροπόλεως Κρήτης ο Απόστολος Τίτος*, έτος ΣΤ', 1957, τεύχ. 11
53. **Σπανάκης Στέργιος**, *Πόλεις και Χωριά της Κρήτης στο πέρασμα των αιώνων*, εκδ. Γ. Δετοράκης, Ηράκλειο 1989-1991
54. **Ιγνατάκης, Στυλιανίδης**, *Κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία, κανονισμός, βλάβες, αποκατάσταση, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος*, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας
55. **Τζεδάκη Θεοδ.**, *αρχιερέως, Η εν Μαλεβιζιώ Ιερά Μονή Αγίου Γεωργίου Γοργολαΐνη* περιοδικό Απόστολος Τίτος, τεύχ. 6-7-8, Έτος 1966, σελ. 115
56. **Τσερεβελάκης Γ.** (2005), *Μνήμης ανάπλους Μια αναδρομή στην Ιστορία και στο λαϊκό πολιτισμό των Κάτω Ασιτών της Επαρχίας Μαλεβυζίου*, εκδ. Πολιτιστικός σύλλογος κάτω Ασιτών, το Γοργολαΐνη
57. *Μετρολογικές παρατηρήσεις σε κτίρια εποχής Ενετοκρατίας στην Ανατολική Κρήτη.* **Χρονάκη, Δάφνη.** 2000. Ηράκλειο : Πεπραγμένα του Η' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου, Ηράκλειο 1996 τ. β' 2, 2000
58. **Ψιλάκης, Νίκος.** *Μοναστήρια και ερημητήρια της Κρήτης, Τόμος Α'.* Ηρακλειο : Εκδόσεις Καρμάνωρ, 1992.
59. **Ψιλάκης, Νίκος.** *Μοναστήρια και ερημητήρια της Κρήτης, Τόμος Β'.* Ηράκλειο Κρήτης : Εκδόσεις Καρμάνωρ, 1993.
60. **Ψιλάκης Ν.,** *Το Μαλεβίζι από τα προϊστορικά χρόνια μέχρι σήμερα.* ΗΡΑΚΛΕΙΟ : ΟΡ.Α.ΜΑ., 1998
61. **Ιερά Αρχιεπισκοπή Κρήτης** *Η Ενορία ανάμεσά μας*, Ενορία Μεταμορφώσεως Χριστού, Κάτω Ασίτες, 2001
62. **Χειρόγραφος Κώδικας** 1840 Αρχείο Ιεράς Μονής Αγίου Γεωργίου Γοργολαΐνη
63. **ΙΓΜΕ, Πηγή διαδικτυακός τόπος.** <https://www.igme.gr/geoportal/>. <https://www.igme.gr/geoportal/>. [Online]
64. http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1512

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οι σεισμοί στην Κρήτη στο πέρασμα των αιώνων⁹

Ιστορική μελέτη των σεισμών που έπληξαν την Κρήτη¹⁰ από τα μέσα του 15^{ου} αιώνα όπου χρονολογείται η πρώτη εκ των υπό μελέτη τριών εκκλησιών, και εξής.

«1490. Κατά τον Olivier ο σεισμός τούτος συνεκλόνησενόλην την Νήσος εξ Α προς Δ και επέφερε πολύ μεγάλας καταστροφάς. Κατά τον Thenet οι δονήσεις εξηκολούθησαν επί ένα μήνα.

1494 1/4 M = (7.2) Κρήτη - Ηράκλειο (X)

Από διηγήσεις των περιηγητών της εποχής Olivier και Thenet προκύπτει ότι έγινε το 1490 σεισμός που συγκλόνησε το νησί από ανατολή προς δύση και προξένησε πολύ μεγάλες καταστροφές. Οι δονήσεις συνεχίστηκαν για ένα μήνα. Σε διήγηση του περιηγητή της εποχής PietroCasola αναφέρεται ότι ο σεισμός έγινε την 1η Ιουλίου 1494 ημέρα Τρίτη στις 4 το απόγευμα. Ήταν τόσο ισχυρός στο Ηράκλειο ώστε τον έριξε στο έδαφος. Προκλήθηκαν μεγάλες ζημιές ιδιαίτερα στα κωδωνοστάσια εκκλησιών και στα σπίτια. Στο λιμάνι μεγάλα κύματα προξένησαν τόσο βίαιες συγκρούσεις αγκυροβολημένων πλοίων ώστε αυτά φαινόταν ότι θα γίνουν κομμάτια. Την επομένη 2 Ιουλίου νέες δονήσεις έγιναν αισθητές. Στην κυβέρνηση της πόλης έφθαναν μηνύματα από διάφορα μέρη του νησιού που ανέφεραν ότι ο σεισμός είχε καταστρέψει πολλές περιοχές της Κρήτης. (Πλατάκης 1950, Αντωνόπουλος 1973). Στο βιβλίο των Παπαζάχου αναφέρεται ως 7,5P.

1501. Περί τούτου αναφέρει ο Raulin

1507. Σεισμός εν Κρήτη κατά Sieberg (σ.208)

1508 29/5 M = (7.2) Ιεράπετρα (X)

Σε επιστολή του Δούκα της Κρήτης Ιερώνυμου Δωνάτου, διοικητή του νησιού κατά το χρόνο εκείνο προς το φίλο του Πέτρο Κονταρηνό, σταλμένο στις 15 Ιουλίου του 1508 αναφέρεται ότι προηγήθηκε του σεισμού στις 29 Μαΐου 1508 θόρυβος. Ο σεισμός κράτησε 15 με 20 δευτερόλεπτα. Στο Ηράκλειο μόνο 4 ή 5 σπίτια έμειναν κατοικήσιμα, σκοτώθηκαν μόνο 300 άτομα. Τρεις εκκλησίες κατέρρευσαν και όλα τα καμπαναριά. Τα τείχη έμειναν άθικτα. Τρεις ώρες μετά την ανατολή του ήλιου έγινε και νέα δόνηση αρκετά ασθενέστερη της πρώτης. Ο σεισμός κατέστρεψε την Ιεράπετρα και τη Σητεία κατά το μεγαλύτερο μέρος. Βλάβες έπαθε η ανατολική Κρήτη. Σείστηκε έντονα το Ρέθυμνο και τα Χανιά αλλά δεν καταστράφηκαν. Ο σεισμός έγινε αισθητός μέχρι την Εύβοια και την Φρυγία.

1595 26/11 M = (6.8) Κρήτη (IX)

Ο σφοδρός σεισμός προκάλεσε ζημιές και καταστροφές (Κριάρης 1930, Schreiner 1975). Σε κώδικα του Αγ. Νικολάου Άνδρου αναφέρεται ότι έγινε μεγάλος σεισμός στις 16 Νοεμβρίου 1595 (Μαραβελάκης 1938).»

Ο κ. Σταυράκης αναφέρει ότι κατά τον 17^ο αιώνα επτά σεισμοί συγκλόνησαν την Κρήτη, κατά τα έτη 1604, 1612, 1650, 1662, 1665, 1673, 1681.

1612 8/11 M = (7.0) Ηράκλειο (VIII)

«Ο σεισμός ανέτρεψε μεγάλο αριθμό οικοδομών στο Ηράκλειο και στο λιμάνι βυθίστηκαν πολλά πλοία. Οι δονήσεις έγιναν αισθητές σε πολλά μέρη της Μεσογείου (Perrey 1848, Mallet 1854)»

⁹Το κείμενο αυτό προέρχεται από την σελίδα <http://www.kairatos.com.gr/seismoikritimesog12-9-99.htm> και βασίζεται στο βιβλίο: "οι σεισμοί της Ελλάδος" των Β. Παπαζάχου και Κ. Παπαζάχου (Θεσ/νίκη 1989). Οι σεισμοί που αναφέρει όμως, είναι πιθανότατα οι μεγαλύτεροι που καταγράφηκαν και όχι όλοι οι σεισμοί της περιοχής γιατί πολλοί από τους σεισμούς του 20^{ου} αιώνα που αναφέρονται παραπάνω δεν υπάρχουν ως αναφορά στον κατάλογο αυτό, ενώ είναι επίσημα καταγεγραμμένοι σεισμοί.

¹⁰Οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στο κείμενο έχουν ως εξής: M = Μέγεθος σεισμού σε κλίμακα Ρίχτερ (R) με πιθανόν σφάλμα μικρότερο του 0,4.(M) = Μέγεθος σεισμού σε κλίμακα Ρίχτερ (R)

