

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ / 4η ΕΦΟΡΕΙΑ ΝΕΩΤΕΡΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ  
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ / ΤΜΗΜΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ

1<sup>ου</sup> ΕΘΝ. ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 23-24-25 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1980

# ΗΠΙΣΤΟΙΧΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

# Ενίσχυση και Ολόσωμη Μεταφορά Καθολικού Μονής Τορνικίου Γρεβενών

**Γ. ΠΕΝΕΛΗΣ**  
Καθηγητής ΑΠΘ,  
Τμ. Πολ. Μηχανικών

**Κ. ΣΤΥΛΙΑΝΙΔΗΣ**  
Καθηγητής ΑΠΘ,  
Τμ. Πολ. Μηχανικών

**Χ. ΙΓΝΑΤΑΚΗΣ**  
Καθηγητής ΑΠΘ,  
Τμ. Πολ. Μηχανικών

**Ι. ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗ**  
Καθηγήτρια ΑΠΘ,  
Τμ. Πολ. Μηχανικών

**Κ. ΘΕΟΛΟΓΙΔΟΥ**  
Αρχιτέκτων Αναστηλώτρια,  
ΥΠ.ΠΟ / 11<sup>η</sup> ΕΒΑ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το μοναστηριακό συγκρότημα Παναγίας Τορνικίου Γρεβενών κτίσθηκε τον 14<sup>ο</sup> αιώνα δίπλα στον ποταμό Αλιάκμονα, σε θέση που πρόκειται να κατακλυσθεί από την υπό κατασκευή τεχνητή λίμνη του φράγματος Ιλαρίωνα της ΔΕΗ. Το συγκρότημα είναι εγκαταλειμμένο και έχει υποστεί φθορές και βλάβες που επιτάθηκαν από τους σεισμούς του 1995. Το διώροφο λιθόκτιστο Καθολικό, πλήρως αγιογραφημένο, είναι ετοιμόρροπο και βρίσκεται σε επαφή με την πτέρυγα των κελιών που έχει καταρρεύσει μερικώς. Η 11<sup>η</sup> ΕΒΑ εκτέλεσε επείγουσες σωστικές εργασίες μετά τους σεισμούς και κατασκεύασε μεταλλικό στέγαστρο προστασίας. Η ΔΕΗ σε συνεργασία με την 11<sup>η</sup> ΕΒΑ ανέθεσε σε επιστημονική ομάδα του ΑΠΘ τη μελέτη ενίσχυσης και μεταφοράς του Καθολικού στην κορυφή γειτονικού λόφου πάνω από τη στάθμη του ταμιευτήρα. Η μελέτη ενίσχυσης, που ήδη εφαρμόζεται, προβλέπει γενική εφαρμογή ενεμάτων και αρμολογημάτων, τοπικές αναδομήσεις, αποκατάσταση των ξυλοδεσιών, τοποθέτηση ανοξείδωτων χαλύβδινων ελκυστήρων και διαμήκων εντατήρων περίσφιξης των τοιχοποιιών και συντήρηση των τοιχογραφιών. Στο πλαίσιο της μελέτης μεταφοράς διερευνήθηκαν εναλλακτικές δυνατότητες τμηματικής ή ολόσωμης μεταφοράς και τελικά επελέγη η ολόσωμη ανύψωση και ευθύγραμμη μεταφορά επί κεκλιμένου επιπέδου. Οι βασικές δυσκολίες του επιχειρήματος οφείλονται στο μεγάλο βάρος του μνημείου (3000 KN), στην απαίτηση αποφυγής κραδασμών και στην έντονη κλίση της οδού μεταφοράς. Στην εργασία παρουσιάζονται όλες οι φάσεις της μελέτης ενίσχυσης και μεταφοράς.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κτιριακό συγκρότημα της Μονής Παναγίας Τορνικίου κτίσθηκε τον 14<sup>ο</sup> αιώνα σε μικρή απόσταση από τον ποταμό Αλιάκμονα και απέχει λίγα χιλιόμετρα από το χωριό Παναγία Γρεβενών. Αποτελείται από διώροφο Καθολικό, πτέρυγα κελιών και βοηθητικά κτίσματα (φωτ. 1). Το μοναστήρι είναι εγκαταλειμμένο και έχει υποστεί εκτεταμένες φθορές και τοπικές καταρρεύσεις που επιτάθηκαν από τους σεισμούς Κοζάνης - Γρεβενών του 1995. Η αρμόδια 11<sup>η</sup> ΕΒΑ εκτέλεσε επείγουσες σωστικές εργασίες μετά τους σεισμούς, επικεντρωμένες στο Καθολικό, και κατασκεύασε μεταλλικό στέγαστρο προ-

στασίας του. Στο πλαίσιο της αξιοποίησης από τη ΔΕΗ του υδροηλεκτρικού δυναμικού του Αλιάκμονα, το κτιριακό συγκρότημα πρόκειται να κατακλυσθεί από την τεχνητή λίμνη του φράγματος Ιλαρίωνα. Η ΔΕΗ, σε συνεργασία με την 11<sup>η</sup> ΕΒΑ, ανέθεσε σε επιστημονική ομάδα του ΑΠΘ με επικεφαλής τον καθηγητή Γ. Πενέλη ερευνητικό πρόγραμμα με στόχο τη διερεύνηση της ενίσχυσης και μεταφοράς του Καθολικού στην κορυφή γειτονικού λόφου, πάνω από τη στάθμη του ταμιευτήρα. Το υπόλοιπο κτιριακό συγκρότημα θα εγκαταλειφθεί, μελετάται όμως η πιθανότητα ανακατασκευής του στην τελική θέση μεταφοράς του Καθολικού.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι φάσεις της μελέτης ενίσχυσης που ολοκληρώθηκε και ήδη άρχισε η εφαρμογή της, καθώς και της προμελέτης μεταφοράς.

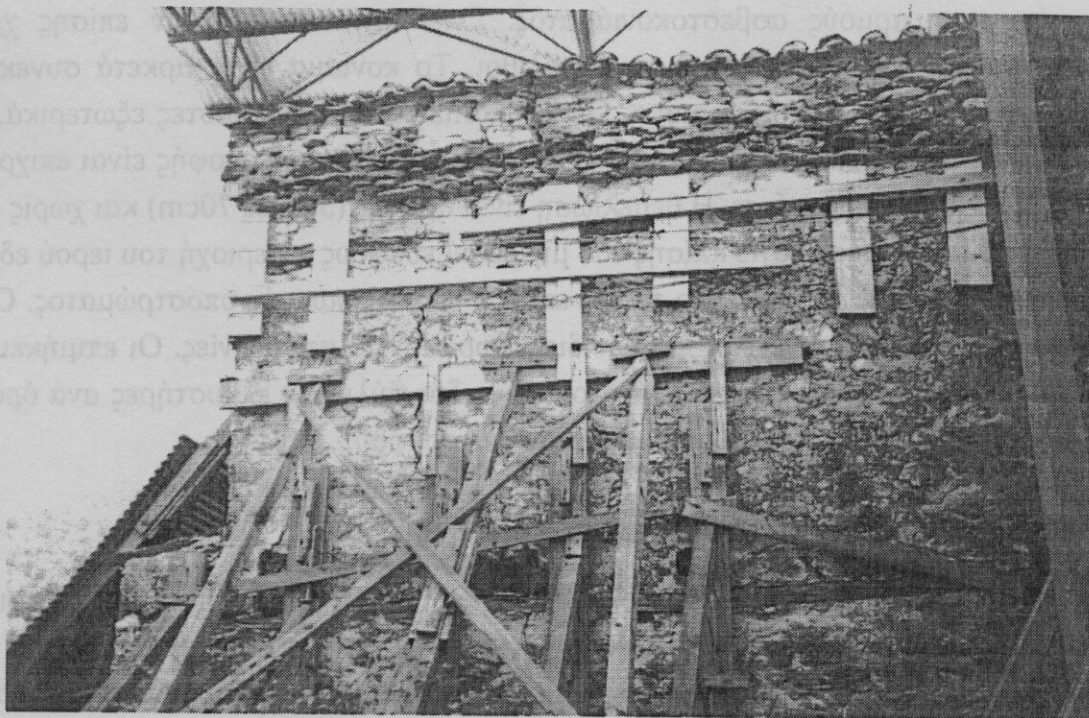


Φωτ. 1 Γενική άποψη της Μονής από το νότο  
Phot. 1 General view of the Monastery form the south

## 2. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΕΣ

### 2.1 Γενικά

Η 11<sup>η</sup> ΕΒΑ παρέδωσε στην επιστημονική ομάδα γενικά σχέδια αποτύπωσης και παθολογίας του κτιριακού συγκροτήματος και χωριστά του Καθολικού που συνοδεύονται από φωτογραφική τεκμηρίωση και Τεχνική Έκθεση αποκατάστασης [1]. Η ΔΕΗ αντίστοιχα παρέδωσε τοπογραφικό διάγραμμα και γεωλογική αποτύπωση του γειτονικού λοφίσκου όπου πρόκειται να μεταφερθεί το Καθολικό.



Φωτ. 2: Βόρειος τοίχος του Καθολικού

Phot. 2: North wall of the Church

## 2.2 Γεωμετρική - Κατασκευαστική αποτύπωση του Καθολικού

Πρόκειται για διώροφο λιθόκτιστο κτίσμα με διαστάσεις σε κάτοψη 4.5X6.5m στο ισόγειο και 4.5X5.9m στον όροφο, που στεγάζεται με ημικυκλική καμάρα και δίκλινη κολυμβητή επικεράμωση. Η κλίση της επικεράμωσης θα πρέπει να μειώθηκε σε κάποια φάση της ζωής του μνημείου καθώς διακρίνεται ανύψωση της στέψης του βόρειου και νότιου τοίχου με τοιχοποιία πλακοειδών λίθων (φωτ. 2). Το δάπεδο του ορόφου είναι ξύλινο με επικάλυψη από κεραμικά πλακίδια. Το ύψος του ισογείου και του ορόφου είναι αντίστοιχα 4.00 και 3.75m. Δεν υπάρχει εσωτερική κλίμακα επικοινωνίας μεταξύ των δύο μικρών ναών ισογείου και ορόφου. Η είσοδος στους ναούς αυτούς εξασφαλίζεται από ανοίγματα στο δυτικό τοίχο του Καθολικού, που οδηγούν στους αντίστοιχους ορόφους της πτέρυγας των κελιών, η οποία είναι σε επαφή αλλά χωρίς δομική σύνδεση με το Καθολικό. Στον ανατολικό τοίχο του Καθολικού υπάρχουν ημικυλινδρικές προεξοχές με κεραμοσκεπή τεταρτοσφαίρια που σχηματίζουν τις κόγχες των ιερών των μικρών ναών. Πρέπει να σημειωθεί ότι, καθώς ο όροφος έχει μικρότερο μήκος, ο ανατολικός του τοίχος δεν στηρίζεται άμεσα στον υποκείμενο τοίχο του ισογείου, αλλά σε κτιστή καμάρα με δύο ενσωματωμένες ισχυρές ξύλινες δοκούς που εδράζονται στους εγκάρσιους τοίχους του ισογείου. Σε όλους τους τοίχους υπάρχουν μικρά ανοίγματα και κόγχες. Στον ανατολικό υπάρχουν ανά μια μεγάλη κόγχη (πρόθεση) σε κάθε όροφο δίπλα στο ιερό.

Η καμάρα αποτελείται από λιθοδομή πλακοειδών λίθων ενώ οι τοιχοποιίες από αργολιθοδομή πάχους 50 έως 60cm με θραύσματα λίθων και κεραμιδιών σφηνωμένα στους

ακανόνιστους αρμούς ασβεστοκονιάματος. Στην κατασκευή έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί μερικοί χονδρολαξευμένοι γωνιόλιθοι. Το κονίαμα είναι αρκετά συνεκτικό με γκριζόχρωμη άμμο του Αλιάκμονα. Οι τοιχοποιίες είναι ενεπίχριστες εξωτερικά, ενώ οι εσωτερικές επιφάνειες τόσο των τοίχων όσο και της καμάρας οροφής είναι επιχρισμένες και πλήρως αιογραφημένες. Η θεμελίωση είναι αβαθής (50 έως 70cm) και χωρίς διαπλάτυνση της λιθοδομής. Λόγω κλίσης του μητρικού εδάφους η περιοχή του ιερού εδράζεται επί αποθέσεων ενώ το υπόλοιπο τμήμα επί του κροκαλοπαγούς υποστρώματος. Οι ξυλοδεσιές εμφανίζουν ασυνέχειες και δεν διασταυρώνονται στις γωνίες. Οι επιμήκεις τοίχοι της βόρειας και νότιας πλευράς συνδέονται με δύο ξύλινους ελκυστήρες ανά όροφο και με τις τέσσερις ξύλινες δοκούς του δαπέδου του ορόφου.

### 2.3 Παθολογία - Υλικά - Προσωρινές επεμβάσεις

Ο ανατολικός τοίχος του Καθολικού συγκεντρώνει σειρά δομικών αδυναμιών που δημιούργησαν προβλήματα ευστάθειας, όπως έκκεντρη τοποθέτηση του τοίχου του 1<sup>ου</sup> ορόφου σε σχέση με το ισόγειο, αδυναμία λειτουργίας της τοιχοποιίας ως δίσκου λόγω των ημικυλινδρικών προεξοχών των ιερών, διατάραξη της συνέχειας και εξασθένηση λόγω των ανοιγμάτων και των κογχών και απουσία συνεχών ξυλοδεσιών εξ αιτίας των προεξοχών των ιερών. Οι παραπάνω αδυναμίες σε συνδυασμό με τη χαλάρωση των πακτώσεων των ξύλινων ελκυστήρων και τη συνεχή ώθηση της καμάρας, προκάλεσαν ρηγμάτωση κατά μήκος της κλείδας και του τεταρτοσφαιρίου του ιερού στον όροφο, μερική κατάρρευση του ιερού στο ισόγειο και αποκόλληση καθ' ύψος της Β/Α και Ν/Α γωνίας. Οι σεισμοί του 1995 επέτειναν αυτές τις ρωγμές, με αποτέλεσμα την ελαφρά στροφή του ανατολικού τοίχου του ορόφου γύρω από τις ισχυρές ξύλινες δοκούς του δαπέδου, που προκάλεσε μερική κατάρρευση του ιερού του ορόφου και αποκοπή του ανατολικού τμήματος της καμάρας οροφής (φωτ. 2, σχήμα 1). Την πλήρη κατάρρευση του Καθολικού απέτρεψαν οι ισχυρές ξύλινες δοκοί που φέρουν τον ανατολικό τοίχο του ορόφου και συνδέουν το βόρειο με το νότιο τοίχο, καθώς και η άμεση πυκνή και ισχυρή εσωτερική και εξωτερική υποστύλωση και αντιστήριξη του μνημείου με μέριμνα της 11<sup>ης</sup> ΕΒΑ.

Χημικές αναλύσεις και δοκιμασίες αντοχής σε υγιή δείγματα κονιάματος δόμησης απέδειξαν ότι πρόκειται για συνεκτικό ασβεστοκονίαμα χονδρόκοκκης άμμου με υψηλό ποσοστό συνδετικής κονιάς (κονία / αδρανή  $\approx$  1:1) και θλιπτική αντοχή 1.5 έως 2.0 MPa.

Οι ξύλινοι ελκυστήρες είναι σε σχετικά καλή κατάσταση με εξαίρεση τα άκρα τους μέσα στο πάχος των τοίχων, όπου παρατηρείται τοπικά έντονη διάβρωση. Οι εξωτερικές ξυλοδεσιές είναι σε κακή κατάσταση, μερικές μάλιστα έχουν αποσαθρωθεί πλήρως.

Οι τοιχοποιίες είναι κατακερματισμένες, ιδιαίτερα στο ανατολικό τμήμα του μνημείου. Το μεταλλικό στέγαστρο που κατασκευάστηκε μετά τους σεισμούς του 1995 απέτρεψε την πλήρη καταστροφή των τοιχογραφιών από την είσοδο των ομβρίων μέσω των χαινόντων ρηγμάτων της καμάρας και των τοίχων.

### 3. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΟΛΙΚΟΥ

#### 3.1 Στατική ανάλυση - Ερμηνεία των βλαβών

Με στόχο την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας και την ερμηνεία των βλαβών που εμφανίζονται στο μνημείο έγινε προσομοίωση και στατική ανάλυση του φέροντα οργανισμού του Καθολικού.

- Μέθοδος ανάλυσης: Γραμμική ελαστική ανάλυση με το πρόγραμμα SAP 90.
- Προσομοίωμα: Επιφανειακά στοιχεία (966 shell elements) για τη φέρουσα τοιχοποιία και γραμμικά στοιχεία (10 beam elements) για τους ξύλινους ελκυστήρες και τις δοκούς του πατώματος.
- Μηχανικά χαρακτηριστικά λιθοδομής:
  - Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή:  $f_k = 4.5 \text{ MPa}$
  - Θλιπτική αντοχή σχεδιασμού:  $f_d = f_k / \gamma_M = 4.5 / 3.0 = 1.5 \text{ MPa}$
  - Μέτρο ελαστικότητας:  $E_w = 3000 \text{ MPa}$
- Φορτίσεις:
  - Κατακόρυφος συνδυασμός φορτίων:  $1.10G + 1.50Q$
  - Σεισμικός συντελεστής σχεδιασμού:  $R_d(T) = 0.324g$ , όπως προκύπτει βάσει του ελληνικού αντισεισμικού κανονισμού για κατασκευή μεγάλης σπουδαιότητας ( $\Sigma 4$ ) από λιθοδομή με οριζόντια διαζώματα και ιδιοπερίοδο  $T = 0.13 \text{ sec}$ .
- Σενάρια ιστορικών φάσεων - Διαφοροποιήσεις προσομοιώματος:
  - Παρθενική κατάσταση: Ενεργοί ελκυστήρες, ανένδοτη θεμελίωση (μοντέλο I).
  - Χαλαροί ελκυστήρες: Ανενεργοί ελκυστήρες, ανένδοτη θεμελίωση (μοντέλο II).
  - Διαφορική καθίζηση θεμελίωσης: Ενεργοί ελκυστήρες, θεμελίωση επί ελαστικού εδάφους με γραμμική μείωση ελατηριακής σταθεράς εδάφους στην περιοχή του ιερού (μοντέλο III).

Από τις επιλύσεις προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα και συμπεράσματα:

- Μοντέλο I: Ικανοποιητική συμπεριφορά με τοπικού χαρακτήρα ρηγματώσεις στις λιθοδομές και την καμάρα.  
Έντονες βλάβες από υπέρβαση εφελκυστικής αλλά και θλιπτικής αντοχής στην περιοχή των ιερών εξ αιτίας του αδόκιμου στατικού συστήματος. Έντονη ενεργοποίηση των ξύλινων ελκυστήρων.
- Μοντέλο II: Επιδείνωση της κατάστασης με εμφάνιση ρηγματώσεων στις γενέσεις και την κλείδα της καμάρας και στη στέψη των τοίχων.
- Μοντέλο III: Επιδείνωση της κατάστασης στην περιοχή των ιερών και εμφάνιση ρηγματώσεων στα ανατολικά τμήματα του βόρειου και του νότιου τοίχου.

### 3.2 Επεμβάσεις αποκατάστασης - ενίσχυσης του φέροντα οργανισμού

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων και την αποτύπωση της παθολογίας, οι στόχοι των επεμβάσεων είναι οι ακόλουθοι:

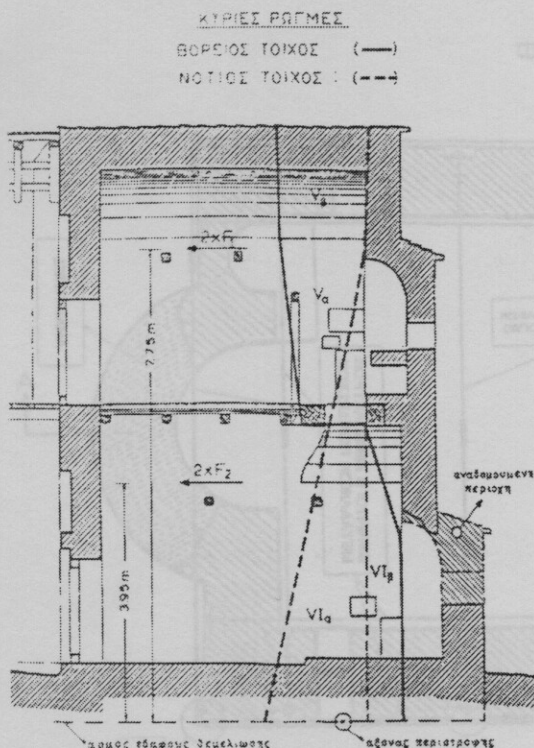
1. Αποκατάσταση της συνέχειας και μονολιθικότητας των λιθοδομών
2. Αποκατάσταση της λειτουργίας των ελκυστήρων ή τοποθέτηση νέων
3. Ενίσχυση των διασταυρώσεων των τοίχων στη διεύθυνση βοράς - νότος
4. Ενίσχυση - βελτίωση της απόκρισης του ανατολικού τοίχου

Οι προτεινόμενες επεμβάσεις είναι οι εξής:

1. Αναδιάταξη - Ενίσχυση υποστυλώσεων
2. Ανάσυρση επικεράμωσης από την καμάρα και τα τεταρτοσφαίρια των ιερών
3. Ανακτήσεις, αναδομήσεις στην περιοχή των ιερών, τοποθέτηση λίθων - διατμητικών κλειδιών
4. Αντικατάσταση φθαρμένων ξυλοδεσιών
5. Γενικό βαθύ αρμολόγημα
6. Εφαρμογή ενεμάτων τόσο στις λιθοδομές όσο και στην καμάρα οροφής
7. Τοποθέτηση και ελαφρά προένταση χαλύβδινων ελκυστήρων στη διεύθυνση βοράς - νότος κοντά στις θέσεις των υφιστάμενων ξύλινων, οι οποίοι συντηρούνται και παραμένουν, καθώς και κάτω από τις ισχυρές ξύλινες δοκούς στο δάπεδο του ιερού του ορόφου
8. Τοποθέτηση και προένταση αμφίπλευρων χαλύβδινων τενόντων περιίδεσης σε δύο επίπεδα σε όλους τους περιμετρικούς τοίχους
9. Αντικατάσταση ξύλινων δοκών και σανιδώματος πατώματος ορόφου
10. Ανακατασκευή επικεραμώσεων στην καμάρα και στα τεταρτοσφαίρια

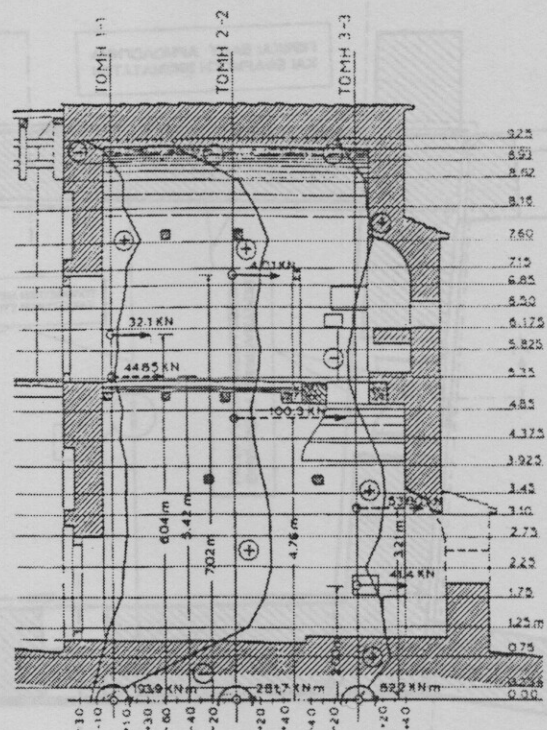
Επισημαίνεται ότι για την ασφάλεια των τοιχογραφιών και την άρτια εκτέλεση των εργασιών 5 και 6 που στοχεύουν στην αποκατάσταση της μονολιθικότητας των τοιχοποιιών, θα βοηθήσει τα μέγιστα η αποτοίχιση και η επανατοποθέτησή των τοιχογραφιών μετά το πέρας των εργασιών στατικής αποκατάστασης. Σε περίπτωση που αποφασισθεί η μη αποτοίχιση των τοιχογραφιών, οι εργασίες 5 και 6 θα γίνουν μονόπλευρα, γεγονός που θα μειώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητά τους.

Η σύνθεση των κονιαμάτων αναδόμησης και αρμολογήματος καθώς και του ενέματος καθορίστηκε με βάση τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του κονιάματος δόμησης. Προτάθηκαν εναλλακτικές συνθέσεις με διαφοροποίηση στις ποσότητες ασβέστη, πουζολάνης και την προσθήκη ή μη μικρής ποσότητας λευκού τσιμέντου.



Σχήμα 1: Σκαρίφημα κύριων ρωγμών του βόρειου και νότιου τοίχου του Καθολικού

Figure 1: Sketch of the main cracks of the north and south wall of the Church



Σχήμα 2: Κατανομή οριζόντιων ορθών τάσεων καθ' ύψος του νότιου τοίχου

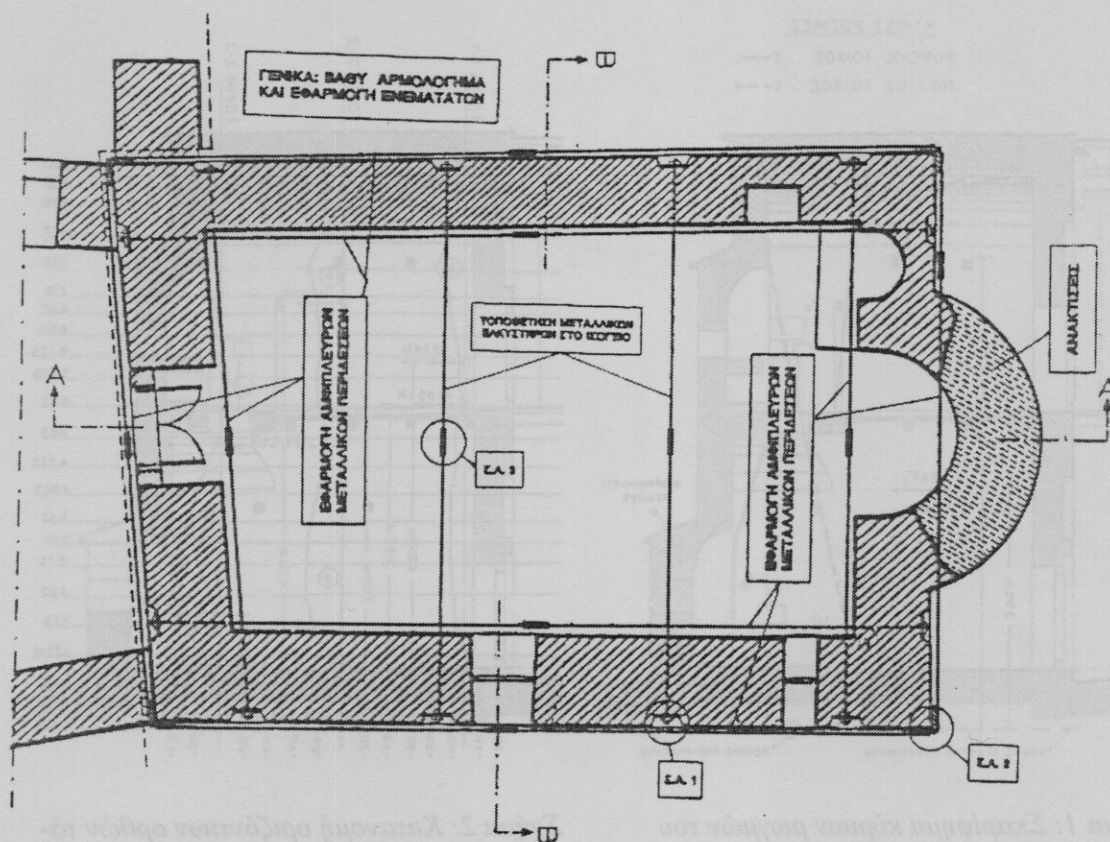
Figure 2: Distribution of horizontal normal stresses along the height of the south wall

### 3.3 Διαστασιολόγηση των επεμβάσεων

- Ελκυστήρες στη διεύθυνση βοράς - νότος: Η διατομή και η δύναμη προέντασης των χαλύβδινων ελκυστήρων υπολογίστηκε με κριτήρια τη συμβατότητα με την ατένεια των ξύλινων ελκυστήρων και την αναίρεση σημαντικού μέρους των εφελκυστικών τάσεων στην κλειδα και τις γενέσεις της καμάρας.
- Τένοντες περιίδεσης περιμετρικών τοίχων: Η διατομή και η δύναμη προέντασης των χαλύβδινων τενόντων υπολογίστηκε με κριτήριο την αναίρεση του συνόλου των οριζόντιων εφελκυστικών τάσεων καθ' ύψος χαρακτηριστικών τομών στο βόρειο και νότιο τοίχο (σχήμα 2) και την αναίρεση της ροπής ανατροπής του ανατολικού τοίχου (σχήμα 1).
- Πλάκες αγκύρωσης ελκυστήρων και τενόντων: Η επιφάνεια των πλακών υπολογίστηκε με κριτήριο την αποφυγή διάτρησης της λιθοδομής για τη δύναμη διαρροής της αγκυρούμενης ράβδου.

Οι επεμβάσεις αποτυπώθηκαν σε σειρά γενικών σχεδίων και σχεδίων λεπτομερειών (ενδεικτικά στο σχήμα 3 φαίνεται η κάτωψη ισογείου).





Σχήμα 3: Κάτοψη ισογείου του Καθολικού. Επεμβάσεις επισκευής και ενίσχυσης  
 Figure 3: Ground floor plan of the Church. Repair and strengthening interventions

## 4. ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΘΟΛΙΚΟΥ

### 4.1 Γενικά

Ο ιδιαίτερα ψαθυρός χαρακτήρας του φέροντα οργανισμού του Καθολικού καθιστά απαγορευτική την κατάτμηση, μεταφορά και επανασύνδεση των τμημάτων του κτίσματος στη νέα του θέση. Αποφασίσθηκε έτσι η ολόσωμη μεταφορά του. Βασική προϋπόθεση για οποιαδήποτε μέθοδο μεταφοράς αποτελεί η στερέωση, ενίσχυση και ακαμπτοποίηση του Καθολικού.

Κρίσιμα μεγέθη για την επιλογή της μεθόδου μεταφοράς αποτελούν αφενός το βάρος του κτίσματος, που θα φθάσει τα 3000 kN μαζί με τις κατασκευές ακαμπτοποίησης, και αφετέρου η απόσταση και η υψομετρική διαφορά μεταξύ παλιάς και νέας θέσης (107.5 και 28.5 m αντίστοιχα).

Μεταφορές αυτού του τύπου έχουν γίνει στο παρελθόν τόσο διεθνώς όσο και στον ελληνικό χώρο κατά την τελευταία δεκαετία.

Ενδεικτικά αναφέρονται οι μεταφορές λιθόκτιστων ή πλινθόκτιστων κτισμάτων που έγιναν πρόσφατα στην Ελλάδα:

- α. Ολόσωμη μεταφορά εκκλησίας Αγ. Σαράντα στην Κηφισιά [2] (βάρος 1200 k N)
- β. Ολόσωμη μεταφορά παρεκκλησίου Πέτρου και Παύλου στο νέο αεροδρόμιο των Σπάτων [3] (βάρος 3000 kN)
- γ. Ολόσωμη μεταφορά διατηρητέου κτιρίου ΟΣΕ στη Θεσσαλονίκη [4] (βάρος 20000 kN)

Είναι χαρακτηριστικό ότι όλες οι παραπάνω μεταφορές έγιναν με πολύ μικρή (ή και μηδενική) κλίση της οδού μεταφοράς.

#### 4.2 Εναλλακτικές μέθοδοι μεταφοράς του Καθολικού

Η προκαταρκτική φάση της προμελέτης μεταφοράς περιέλαβε συλλογή στοιχείων για τις τρεις παραπάνω περιπτώσεις μεταφοράς και διερεύνηση των δυνατοτήτων των διατιθέμενων μέσων ανύψωσης και μεταφοράς στον ελληνικό χώρο, καθώς και των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των αντίστοιχων εναλλακτικών μεθόδων μεταφοράς του Καθολικού. Έτσι μελετήθηκαν συγκριτικά οι ακόλουθες μέθοδοι:

1. Εφάπαξ ανύψωση, περιστροφή και απόθεση στη νέα θέση με γερανό
2. Διαδοχικές ανυψώσεις, περιστροφές και αποθέσεις με γερανό
3. Ανύψωση με γερανό και μεταφορά οδικώς με ειδική πλατφόρμα
4. Υδραυλική ανύψωση με ειδική πλατφόρμα και μεταφορά οδικώς
5. Υδραυλική ανύψωση με σύστημα γρύλων και μεταφορά επί σιδηροτροχιών, εναλλακτικά:
  - (α) σε πολυγωνική οδό με μικρή κλίση και διαδοχικές στροφές
  - (β) σε ευθεία οδό με μεγάλη κλίση

Οι τρεις πρώτες μέθοδοι απορρίφθηκαν κυρίως για τεχνικούς αλλά και για οικονομικούς λόγους. Σημειώνεται ιδιαίτερα ότι η ανύψωση με γερανό είναι επικίνδυνη για ψαθυρές κατασκευές λόγω κραδασμών.

Η τέταρτη μέθοδος απορρίφθηκε λόγω του υψηλού κόστους των υποθεμελιώσεων για το πέρασμα και την απομάκρυνση της πλατφόρμας κάτω από το κτίσμα στην αρχική και στην τελική θέση αντίστοιχα, καθώς και της μεγάλου μήκους και πλάτους οδού μεταφοράς υπό μικρή κλίση. Ομοίως η λύση 5(α) απορρίφθηκε λόγω του πολύ μεγάλου κόστους κατασκευής των στροφείων.

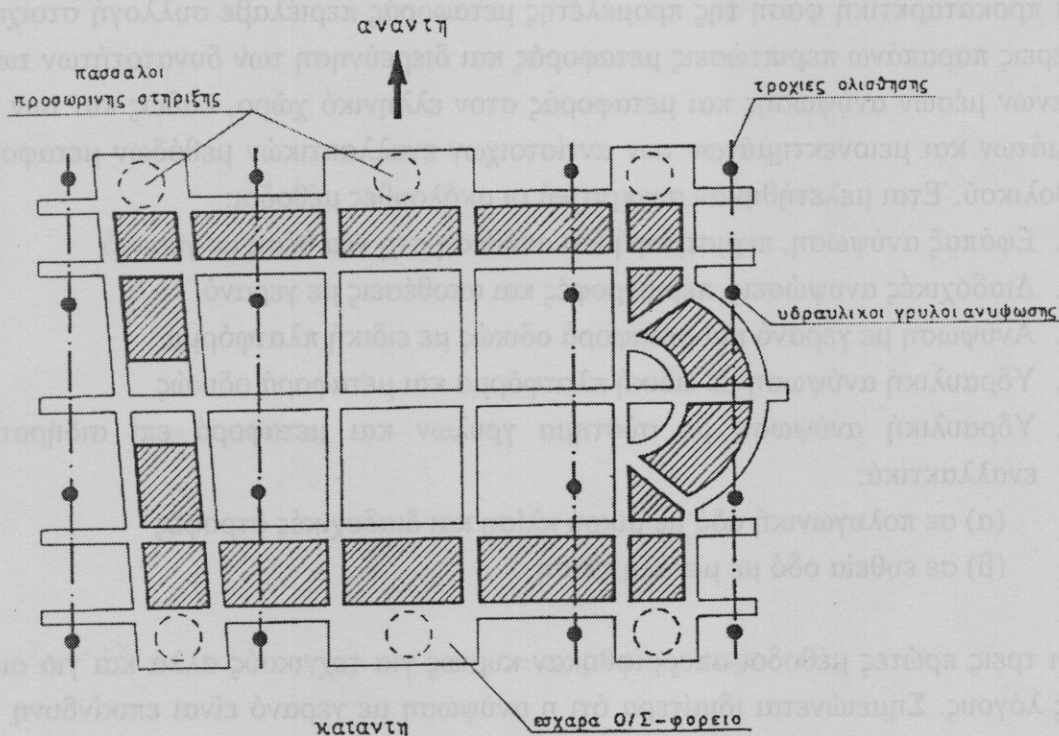
#### 4.3 Προμελέτη της μεθόδου μεταφοράς

Η υδραυλική ανύψωση με σύστημα γρύλων και η ολίσθηση επί ευθείας οδού με μεγάλη κλίση (26.3 %) συγκεντρώνει σειρά πλεονεκτημάτων, απαιτεί όμως ειδικό σύστημα ελάχιστης ελκτικής ικανότητας  $H = W * \text{tg}\phi = 3000 \text{ kN} * 0.263 \approx 800 \text{ kN}$  το οποίο να λειτουργεί υδραυλικά, ώστε να εξασφαλίζει ομαλή κίνηση και συγχρόνως να παρέχει

ασφάλεια έναντι κινδύνου ολίσθησης προς τα κατάντη. Παρόμοια συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως στη γεφυροποιία (συστήματα προώθησης ή προβολοδόμησης) και στην κατασκευή μεγάλων υποθαλάσσιων έργων και χαρακτηρίζονται ως συστήματα 'αναρρίχησης επί καλωδίου' (Strand Moving Units: SMU system).

Η προμελέτη μεταφοράς προβλέπει τις ακόλουθες εργασίες και φάσεις:

- α. Στερέωση και ενίσχυση του Καθολικού (βρίσκεται σε εξέλιξη)
- β. Κατασκευή φορείου από δοκιδωτή εσχάρα οπλισμένου σκυροδέματος κάτω από το δάπεδο του Καθολικού. Οι διασταυρούμενες δοκοί διήκουν κατά μήκος ή διαπερνούν τη λιθοδομή θεμελίωσης (σχήμα 4)



Σχήμα 4: Διάταξη εσχάρας δοκών Ο.Σ. στη θεμελίωση, θέσεις πασσάλων, γρύλων ανύψωσης και τροχιών ολίσθησης

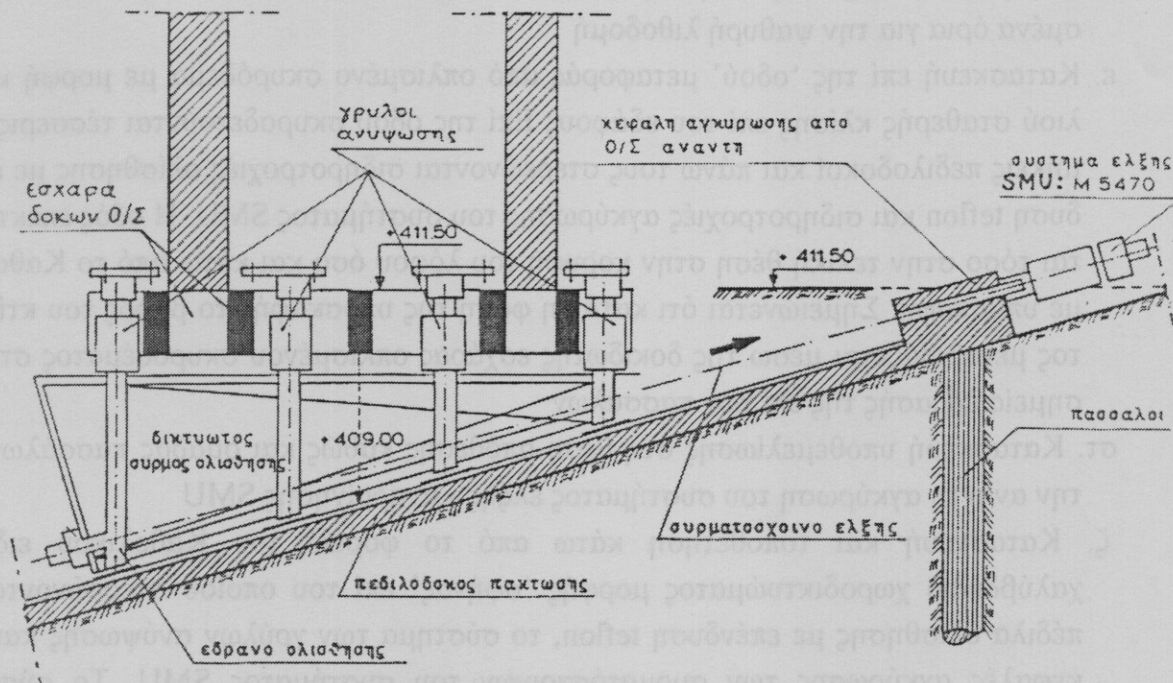
Figure 4: Layout of R.C. beams grid at the foundation, arrangement of the piles, lifting jacks and tracks of sliding

- γ. Κατασκευή έξι (6) τουλάχιστον πασσάλων έξω από την περίμετρο του κτίσματος για την έδραση της δοκιδωτής εσχάρας
- δ. Ακαμπτοποίηση του Καθολικού με χαλύβδινο εξωτερικό πλαίσιο και εσωτερικό χωροδικτύωμα τα οποία συνδέονται στέρεα στη δοκιδωτή εσχάρα. Επί του μεταλλικού νάρθηκα στερεώνονται μεταλλότυποι οι οποίοι περισφίγγουν ελαφρά τους τοίχους του Καθολικού με παρεμβολή αφρώδους υλικού. Το όλο σύστημα πρέπει να ελεγ-

- χθεί ώστε να περιορίζει τις παραμορφώσεις κατά τη μεταφορά κάτω από καθορισμένα όρια για την ψαθυρή λιθοδομή
- ε. Κατασκευή επί της 'οδού' μεταφοράς από οπλισμένο σκυρόδεμα με μορφή καναλιού σταθερής κλίσης επί του εδάφους. Επί της οδού σκυροδετούνται τέσσερις διαμήκεις πεδιλοδοκοί και πάνω τους στερεώνονται σιδηροτροχιές ολίσθησης με επένδυση teflon και σιδηροτροχιές αγκύρωσης του συστήματος SMU. Η οδός επεκτείνεται τόσο στην τελική θέση στην κορυφή του λόφου όσο και κάτω από το Καθολικό με υποσκαφή. Σημειώνεται ότι κατά τη φάση της υποσκαφής το βάρος του κτίσματος μεταβιβάζεται μέσω της δοκιδωτής εσχάρας οπλισμένου σκυροδέματος στα έξι σημεία έδρασής της επί των πασσάλων
- στ. Κατασκευή υποθεμελίωσης στη θέση απόθεσης καθώς και ομάδας πασσάλων για την ανάντη αγκύρωση του συστήματος έλξης - αναρρίχησης SMU
- ζ. Κατασκευή και τοποθέτηση κάτω από το φορείο του Καθολικού ειδικού χαλύβδινου χωροδικτύωματος μορφής 'σφήνας' επί του οποίου στερεώνονται τα πέδιλα ολίσθησης με επένδυση teflon, το σύστημα των γρύλων ανύψωσης και δύο κεφαλές αγκύρωσης των συρματόσχοινων του συστήματος SMU. Το σύστημα ανύψωσης συνίσταται από τρεις ομάδες γρύλων συνδεδεμένων με δύο αυτόνομα υδραυλικά κυκλώματα (σχήμα 5)

Οι φάσεις εκτέλεσης της μεταφοράς είναι οι ακόλουθες:

- α. Οι συσκευές έλξης - αναρρίχησης SMU αγκυρώνονται στο σύστημα πασσάλων ανάντη και τις σιδηροτροχιές αγκύρωσης
- β. Ενεργοποιείται το σύστημα των γρύλων και η δοκιδωτή εσχάρα που φέρει το κτίσμα ανυψώνεται από τις θέσεις έδρασής της επί των πασσάλων (σχήμα 5)
- γ. Ενεργοποιείται το σύστημα αναρρίχησης SMU. Σε όλη τη διάρκεια αναρρίχησης οι μηχανικές ασφάλειες του συστήματος είναι κατεβασμένες στις οδοντωτές τροχιές και αποτρέπουν τυχόν ολίσθηση προς τα κατάντη σε περίπτωση δυσλειτουργίας του υδραυλικού συστήματος (σχήμα 5)
- δ. Όταν το φορτίο φθάσει στη νέα του θέση εναποτίθεται στα ήδη προετοιμασμένα σημεία έδρασης της δοκιδωτής εσχάρας. Ακολουθεί αποσυναρμολόγηση και αφαίρεση των συστημάτων έλξης και ανύψωσης καθώς και του χαλύβδινου χωροδικτύωματος - σφήνας και συμπληρώνεται η θεμελίωση (σχήμα 5). Σε όλη τη διάρκεια των φάσεων (β), (γ) και (δ) καταγράφονται με ειδικές διατάξεις οργάνων οι παραμορφώσεις του κτίσματος, της δοκιδωτής εσχάρας και του υποκείμενου χωροδικτύωματος - σφήνας
- ε. Αποσυναρμολογούνται οι μεταλλότυποι εξασφάλισης των τοίχων και το χωροδικτύωμα ακαμπτοποίησης εξωτερικά και εσωτερικά του Καθολικού και τέλος διαμορφώνεται το δάπεδο του ισογείου



Σχήμα 5: Τομή γενικής διάταξης ανύψωσης και έλξης  
 Figure 5: Section of the general lifting and pulling layout

**Ευχαριστίες:** Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται προς τη ΔΕΗ για τη χρηματοδότηση του ερευνητικού προγράμματος. Αξίζει να αναφερθεί η συμμετοχή της πολιτ. μηχανικού, αναστηλώτριας Γεωργίας Μπέη στις στατικές αναλύσεις.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βογιατζής Σ. Αρχιτ. Μηχ., Κατρή Β. Πολιτ. Μηχ.: **Αποτύπωση, Παθολογία, Φωτογραφική Τεκμηρίωση, Τεχνική Έκθεση Αποκατάστασης Συγκροτήματος Μονής**, 11<sup>η</sup> ΕΒΑ
2. Σταθόπουλος Σ. Δρ. Πολιτ. Μηχ.: **Μελέτη Ολόσωμης Μεταφοράς Εκκλησίας Αγ. Σαράντα**
3. Κορρές Δ. Αρχιτ. Μηχ.: **Μελέτη Ολόσωμης Μεταφοράς Παρεκκλησίου Πέτρου και Παύλου Σπάτων**
4. Κορρές Δ. Αρχιτ. Μηχ.: **Μελέτη Ολόσωμης μεταφοράς Διατηρητέου Κτιρίου ΟΣΕ στη Θεσσαλονίκη**

**Γ. Πενέλης,**

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Τ.Θ. 482, 540 06 Θεσσαλονίκη.

**Κ. Στυλιανίδης,**

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Τ.Θ. 482, 540 06 Θεσσαλονίκη.

**Χ. Ιγνατάκης,**

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Τ.Θ. 482, 540 06 Θεσσαλονίκη.

**Ι. Παπαγιάννη,**

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Τ.Θ. 482, 540 06 Θεσσαλονίκη.

**Κ. Θεολογίδου,**

Αρχιτέκτων Αναστηλώτρια, 11<sup>η</sup> Εφορία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων, Αντ. Καμάρα 3, 591 00 Βέροια.

## The Strengthening and Transposition of the Church of the Torniki Monastery

**G. PENELIS**  
fessor AUTH,  
Civil Eng.

Pro-  
Dep.

**K. STYLIANIDIS**  
Professor AUTH,  
Dep. Civil Eng.

**C. IGNATAKIS**  
Professor AUTH, Dep.  
Civil Eng.

**J. PAPAYIANNI**  
Professor AUTH,  
Dep. Civil Eng.

**K. THEOLOGIDOU** Ar-  
chitect Restorer,  
11th Ephorate of Byzantine  
Antiquities

The Torniki Monastery complex situated in north-western Greece, was built during the 14th century on the banks of the Aliakmon river. Since the complex has been abandoned for a long period of time, a series of damages due to aging appeared and were intensified by the Kozani-Grevena earthquake (1995). The Church is a heavy two-storey stone masonry building, the interior of which is totally covered by frescos of high artistic and historical value. The competent authorities carried out emergency interventions, by means of temporary shoring, right after the earthquake, to prevent the collapse of the monument.

The location of the Monastery complex is programmed to be flooded by the artificial lake of the dam of St. Ilarion, which is part of the hydroelectric plant of the Greek Public Power Corporation. The only way to preserve the historic Church is its strengthening and transposition to the top of the nearby hill.

The first stage of the project referred to the design of the strengthening measures, including grouting of the cracks and gaps, deep jointing and local reconstruction of the masonry, repair of the existing wooden tie beams, installation of new steel longitudinal and transverse tie rods and measures taken to secure the frescos against unsticking.

The second stage of the project included the design of the transposition technique finally approved, which consisted of the uplift of the monument and its transposition as a whole on a linear steep sloped ramp, made of railroad tracks, to the top of the hill.

The paper constitutes a detailed presentation of the stages of the project.

---

**G. Penelis,**

Dr Civil Engineer, Department of Civil Engineering, A.U.Th, P.O. Box 482, GR - 540 06 Thessaloniki.

**K. Stylianidis,**

Dr Civil Engineer, Department of Civil Engineering, A.U.Th, P.O. Box 482, GR - 540 06 Thessaloniki.

**C. Ignatakis,**

Dr Civil Engineer, Department of Civil Engineering, A.U.Th, P.O. Box 482, GR - 540 06 Thessaloniki.

**J. Papayianni,**

Dr Civil Engineer, Department of Civil Engineering, A.U.Th, P.O. Box 482, GR - 540 06 Thessaloniki.

**K. Theologidou**

Architect Restorer, 11th Ephorate of Byzantine Antiquities, Ant. Kamara 3, GR - 591 00 Veria.