



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Επιστήμης Δομικών Κατασκευών

Μάθημα: Αποκατάσταση & συντήρηση κτηρίων – μνημείων (Επιλογής 7ου εξ.)

Ιστορικά Λιθόκτιστα Μνημεία

ΔΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ & ΕΝΙΣΧΥΣΗ

Δημήτριος Νικολαΐδης, PhD Cand., MSc, DIC, Imperial College London



Ιστορικό Λιθόκτιστο Μονότοξο Γεφύρι Ελασσόνας Nikolaidis – Tastani - Pantazopoulou

ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΓΕΦΥΡΙ ΤΗΣ ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ

Αποτελέσε σημείο ιστορικών αναφορών και καταγραφών κατά τη διάρκεια της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας (1388 - 1912). Η παλαιότερη αναφορά εμφανίζεται το 1446 μ.Χ. στο παλαιότερο ληξιαρχικό βιβλίο (icmal defteri) που έχει διασωθεί, ενώ μεταγενέστερες αναφορές παρουσιάζονται από τον Τούρκο περιηγητή Εβλιγιά Τσελέμπεη (1668), Η πρώτη αναφορά για την ύπαρξη του γεφυριού χρονολογείται τον 15ο αιώνα, γεγονός που συνάδει με τις πρακτικές δόμησης και τα υφιστάμενα υλικά που ελέγχθηκαν λεπτομερώς από το εργαστήριο του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Μεταγενέστερες παρεμβάσεις παρουσιάζονται περίπου στις αρχές του 16ου αιώνα με χρηματοδότη τον Ιμπραήμ Μπέη Εβρενός (Enrenosoğlu İbrâhim bey), εγγονό του Γαζή Αχμέτ Εβρενός (Οθωμανός στρατηγός απόγονος του γνωστού ελληνικής καταγωγής οίκου των Enrenos Oğulları, ισλαμικού κλάδου των Ουραανών. Γεννήθηκε στο Παλαιόκαστρο της Τουρκίας και πέθανε στο Γενιτζέ-ι-Βαρντάρ).



Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Μοντελοποίηση με στοιχεία SOLID

Nikolaidis – Tastani - Pantazopoulou

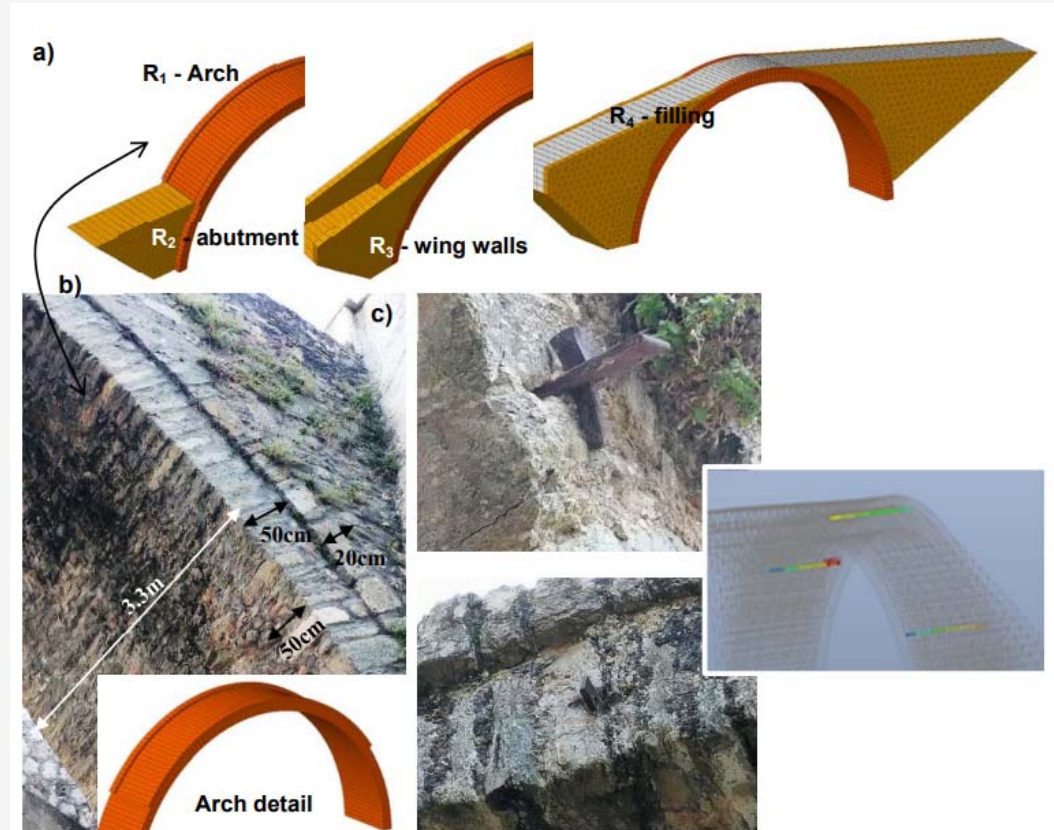
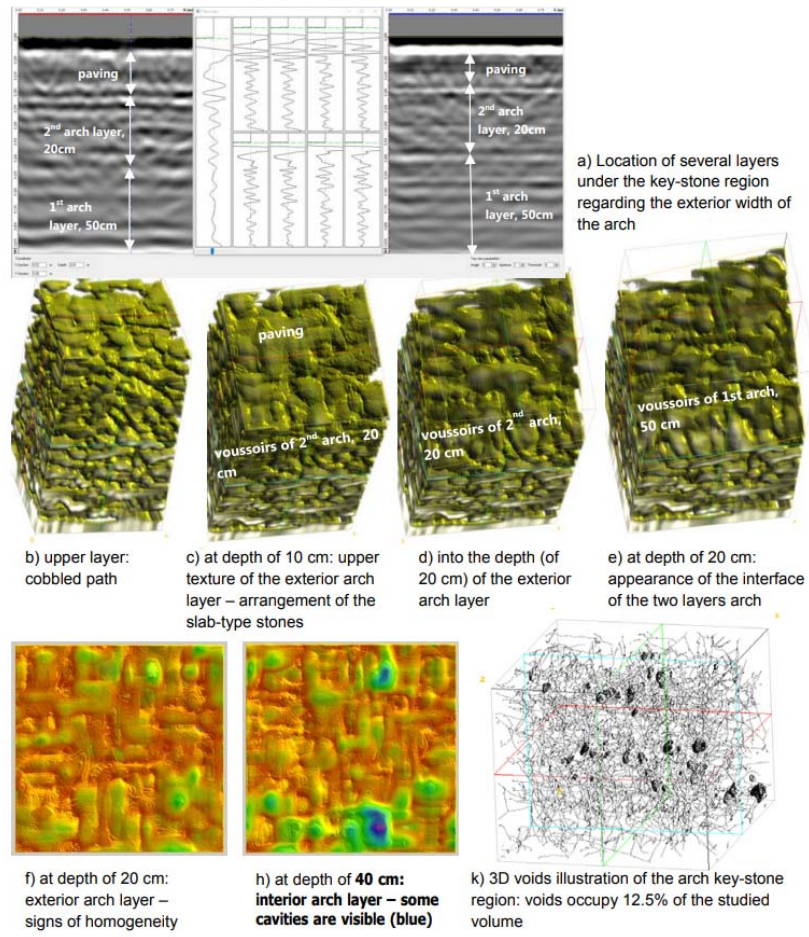


Figure 6: a) Definition of discrete masonry textures of the historical arched bridge of Elassonitis river, Elassona – Greece. b) A snapshot of the arch texture and its model. c) Iron ties for arch confinement in Gianninas Bridge -Elassona (not present in the case study).

Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – DIC (Digital Image Correlation)

Ψηφιακή ανάλυση διαστάσεων λιθοσωμάτων όψεων, Nikolaidis – Tastani - Pantazopoulou

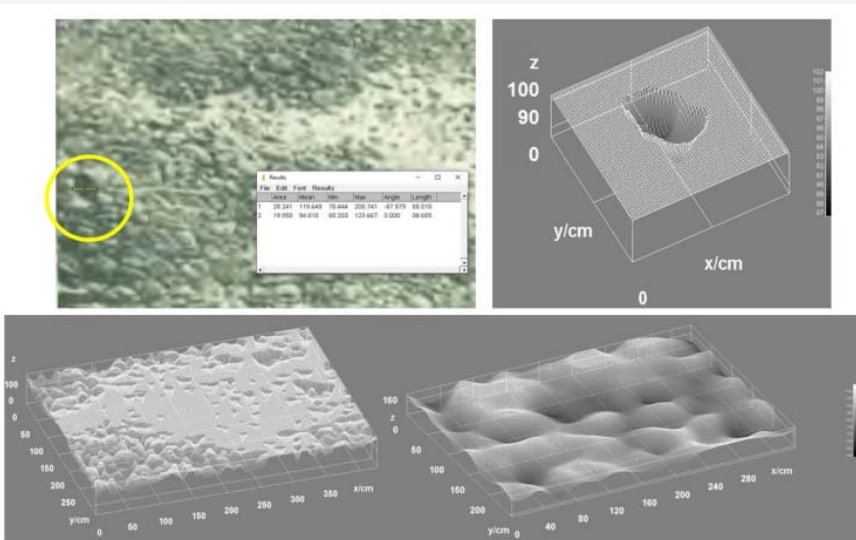


Figure 8: A 1907 photo depicts the eastern side of the abutment A_2 : A structural cavity still existing today is recognized (upper left) and used for calibration (upper right). The areas of repointed masonry are estimated (down left) via DIC as compared with the as-built one (down right).

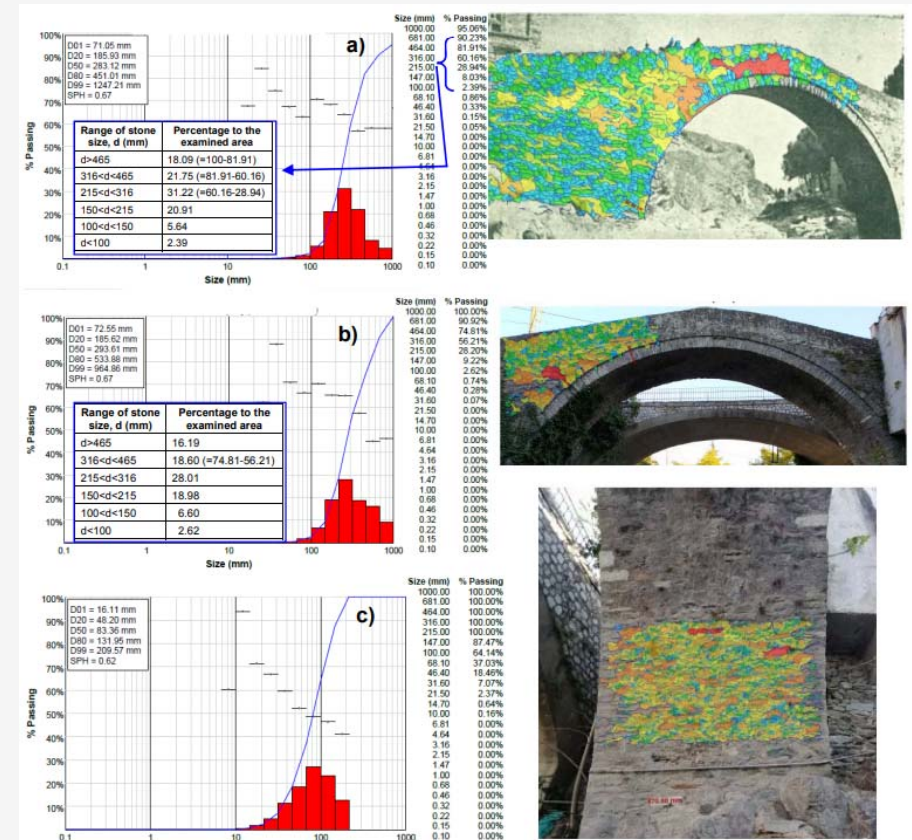


Figure 7: Digital image correlation mapping of stone masonry based on: a) a 1912 snapshot of the abutment A_2 southern side, b) a contemporary photo of the abutment A_2 northern side and c) a contemporary photo depicting the interior lower part of the abutment A_2 .

Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Βλάβες Φορέα Nikolaidis – Tastani - Pantazopoulou

International Journal of Architectural Heritage
Conservation, Analysis, and Restoration
Latest Articles

Enter keywords, authors, DOI, ORCID etc This Journal Advanced search

Submit an article Journal homepage

78 Views
0 CrossRef citations to date
0 Altmetric

Research Article
Arch Stone Bridges: Procedures for Evaluation of Structural Integrity
Nikolaidis Dimitrios, Tastani Souzanna & Pantazopoulou Stavroula
Received 19 Nov 2021, Accepted 11 Feb 2022, Published online 30 Mar 2022
Download citation <https://doi.org/10.1080/15583058.2022.2042624> Check for updates

Full Article Figures & data References Citations Metrics Reprints & Permissions Get access

ABSTRACT

In the Balkan Peninsula, the single-arched stone masonry bridge has served for centuries as an essential part of transportation infrastructure. Being exposed to the natural elements and to aging, several of these structures are in a state of disrepair that is accelerated by neglect. Nevertheless, these are important samples of the built heritage encapsulating historical materials, methods of construction and ancient craftsmanship. Still standing for over half a millennium, such bridges testify the wisdom by which the masons chose the location and form of the arch to span over torrents minimizing the wear from water scouring and floods. Preservation of the bridges that are still standing is a priority. With increasing number of bridge collapses reported in the past years under extreme flood, an immediate need emerges for methods of evaluation of the structural vulnerability and measures to enhance their resilience. Using as a case study a bridge built in fifteenth century in Greece, this paper unfolds the essential attributes of a comprehensive assessment framework that combines non-destructive evaluation techniques to reveal information about technologies and details, with a numerical investigation of the resilience of the structure to floods and seismic hazards in order to identify risks of bridge integrity.

KEYWORDS: Arch stone bridge evaluation flood seismic hazards structural integrity

Related research

People also read Recommended articles Cited by

The Historical Bridge of Koussa-Egirus, Greece: Documentation of the Structural System >
Vasiliki Palieraki et al. International Journal of Architectural Heritage Published online: 9 Mar 2022

Investigation of Drift-based Damage Limit States for Historical Masonry Structures >
Aioide Agiropou et al. International Journal of Architectural Heritage Published online: 7 Apr 2022

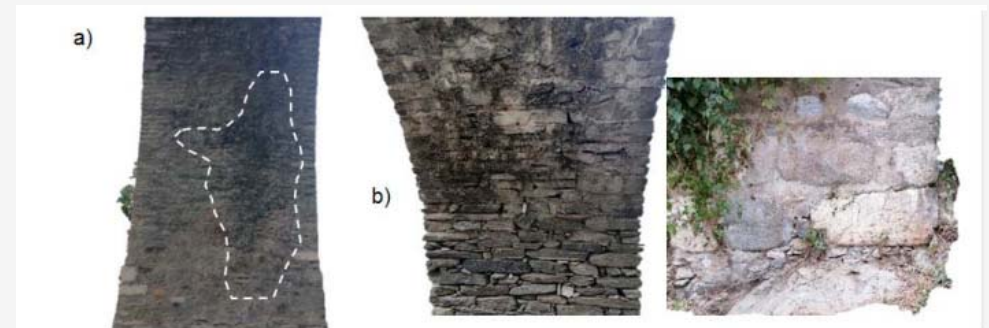


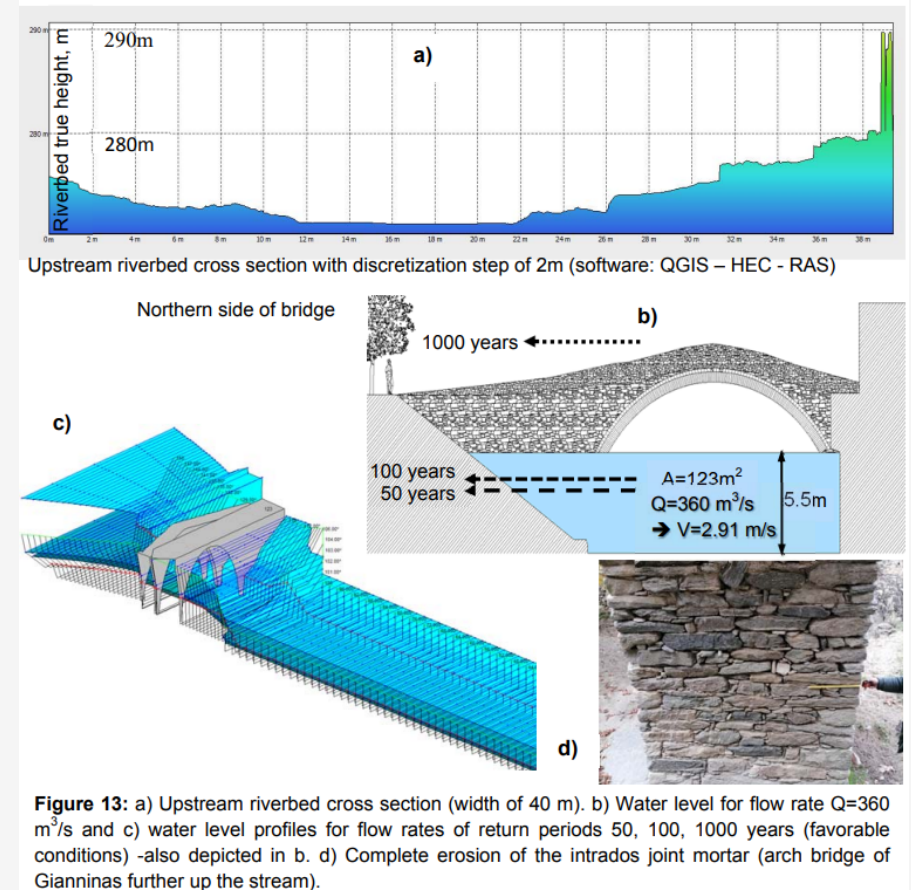
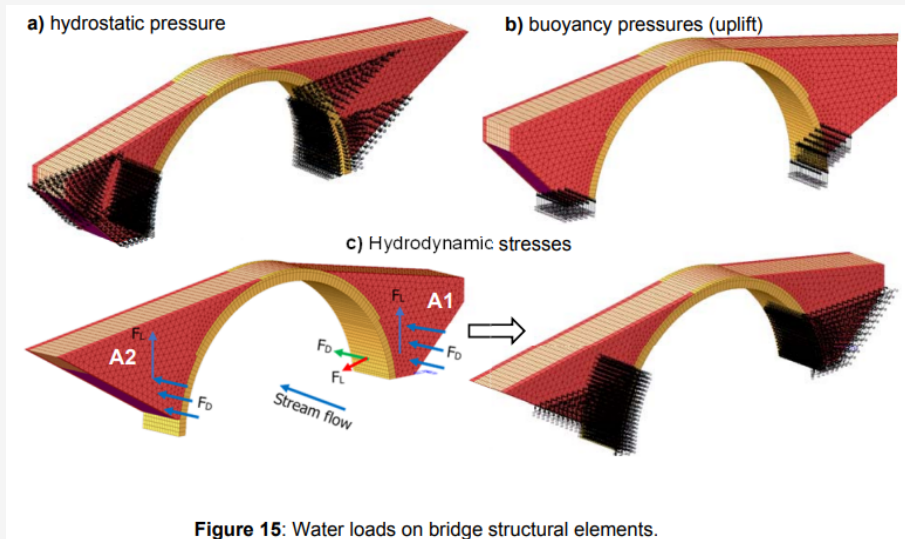
Figure 11: Joint mortar leaching due to a) the rainwater runoff (lower part on the barrel surface) and b) the river flow hydrodynamic loads (on abutments).



Figure 12: A zig-zag crack through the joint mortar in the bridge (left). An example of implications of incompatible repointing mortar in a historic stone masonry building (right).

Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Έλεγχος σε υδροδυναμικά φορτία

Nikolaidis – Tastani - Pantazopoulou



Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Έλεγχος σε υδροδυναμικά φορτία

Nikolaidis – Tastani - Pantazopoulou

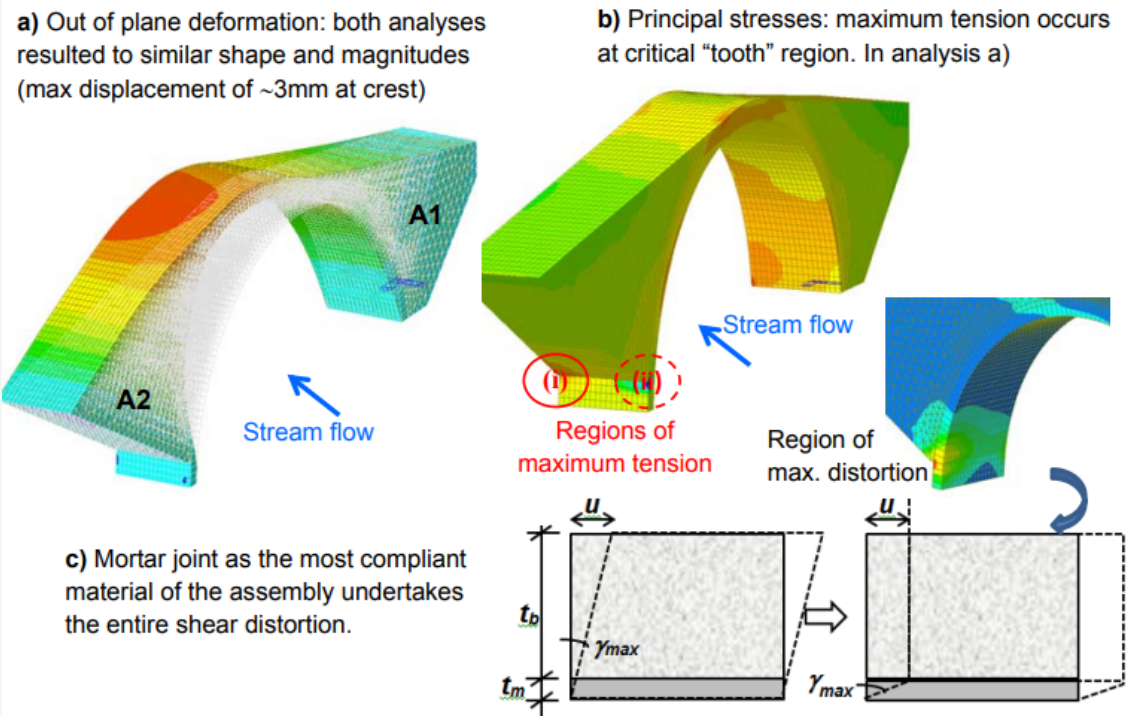


Figure 16: Analysis results for assessment against flooding.

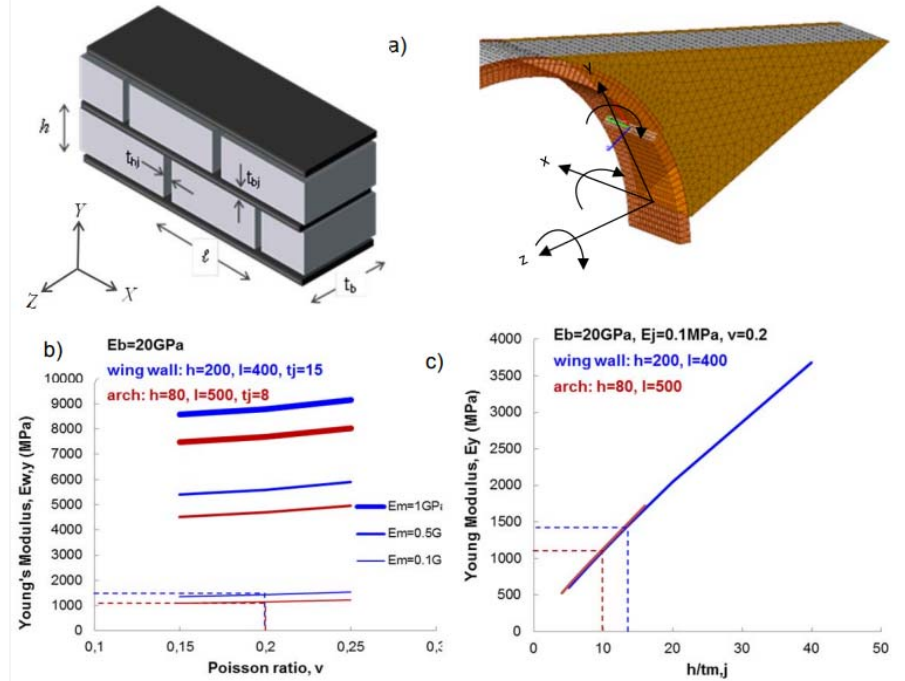


Figure 14: Pande et al. (1989): a) masonry element and axes orientation for the arc. b) Influence of mortar modulus E_m (thicker line corresponds to higher E_m value) on the weaker Modulus $E_{w,y}$ of two types of masonry. c) Size effect (h/t_j) of assembly materials on $E_{w,y}$ variation.

Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Έλεγχος σε σεισμικά φορτία

Σεισμός 3ης & 4ης Μαρτίου 2021 - Ελασσόνα ,Nikolaidis – Tastani - Pantazoroulou

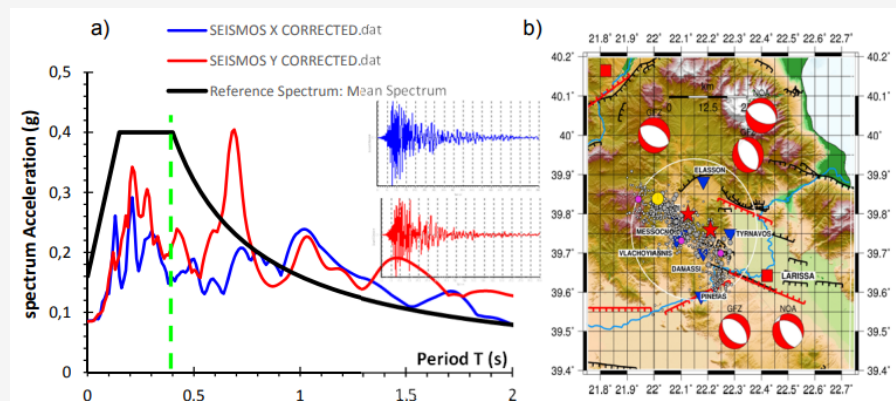


Figure 17. a) EN 1998-1 acceleration spectrum ($p_{ga}=0.16g$, soil category A - black curve) and time history spectra recorded in the 2021 main seismic event (red: Y dir., blue: X dir.). b) Location of epicenters of the seismic shaking chain of aftershocks after the main event (ITSAK 2021).

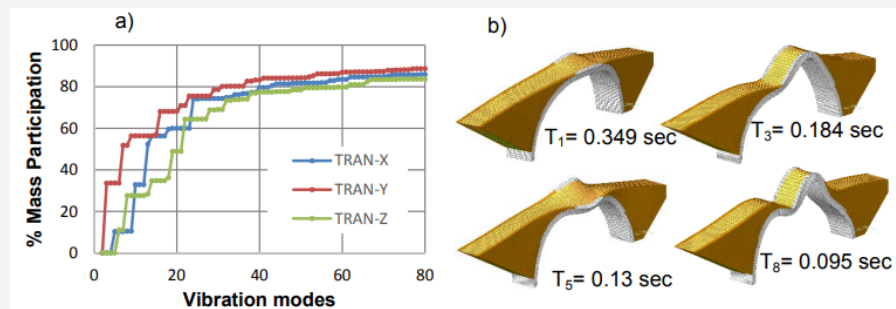


Figure 18. Mass participation ratios for the modes of the bridge. (b) Principal Translational Modes

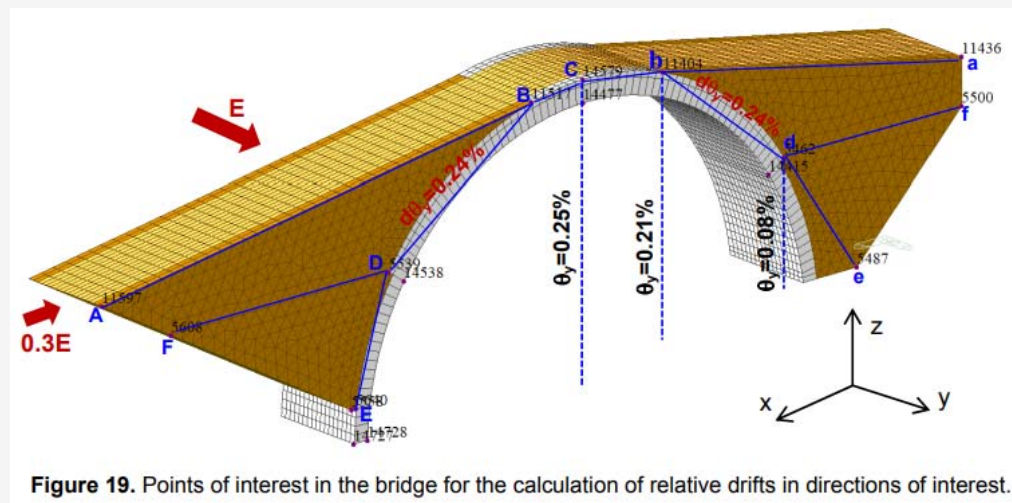
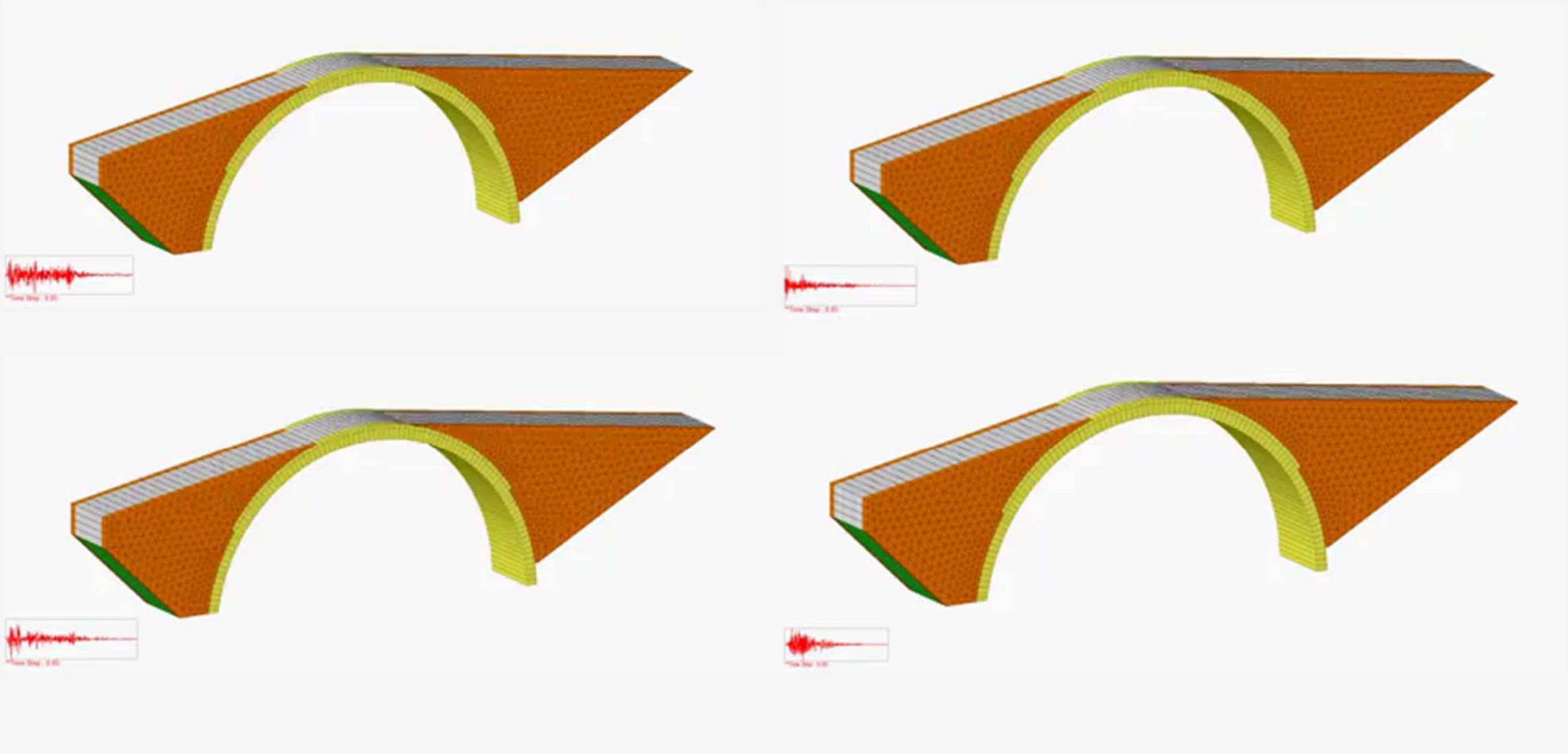
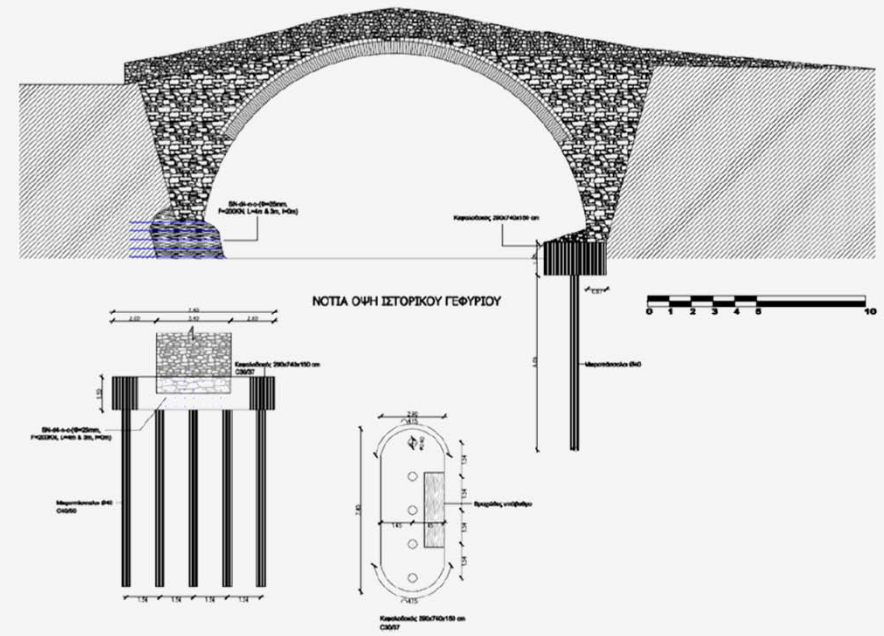
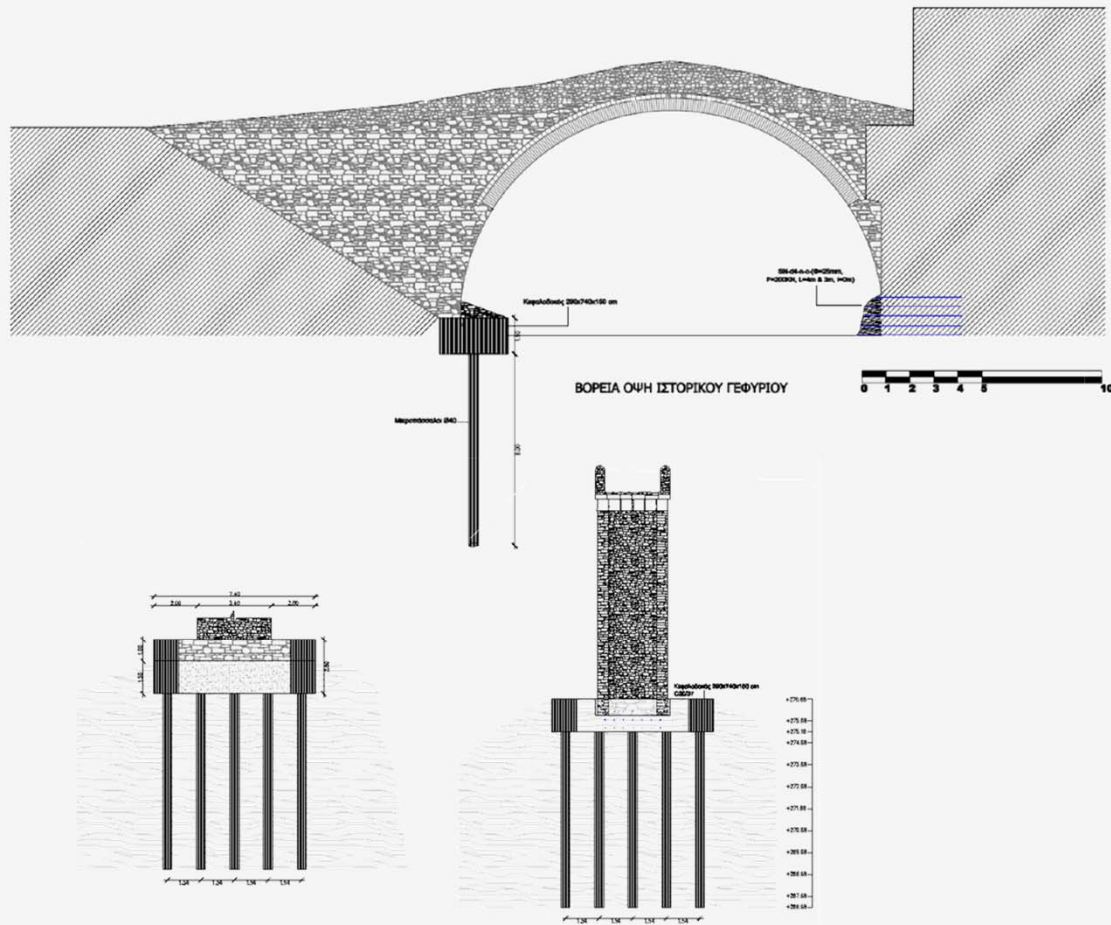


Figure 19. Points of interest in the bridge for the calculation of relative drifts in directions of interest.

Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Έλεγχος σε σεισμικά φορτία
Σεισμός 3ης & 4ης Μαρτίου 2021 – Ελασσόνα, Nikolaidis – Tastani - Pantazopoulou

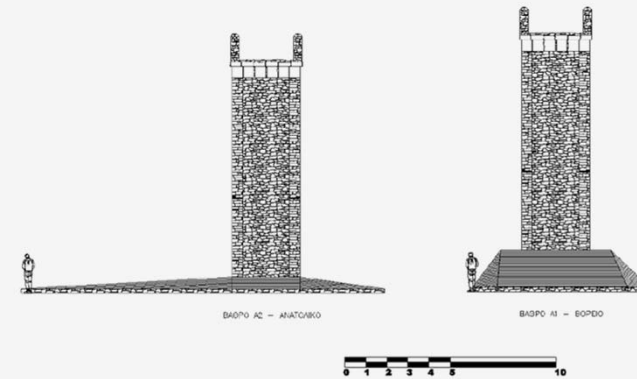
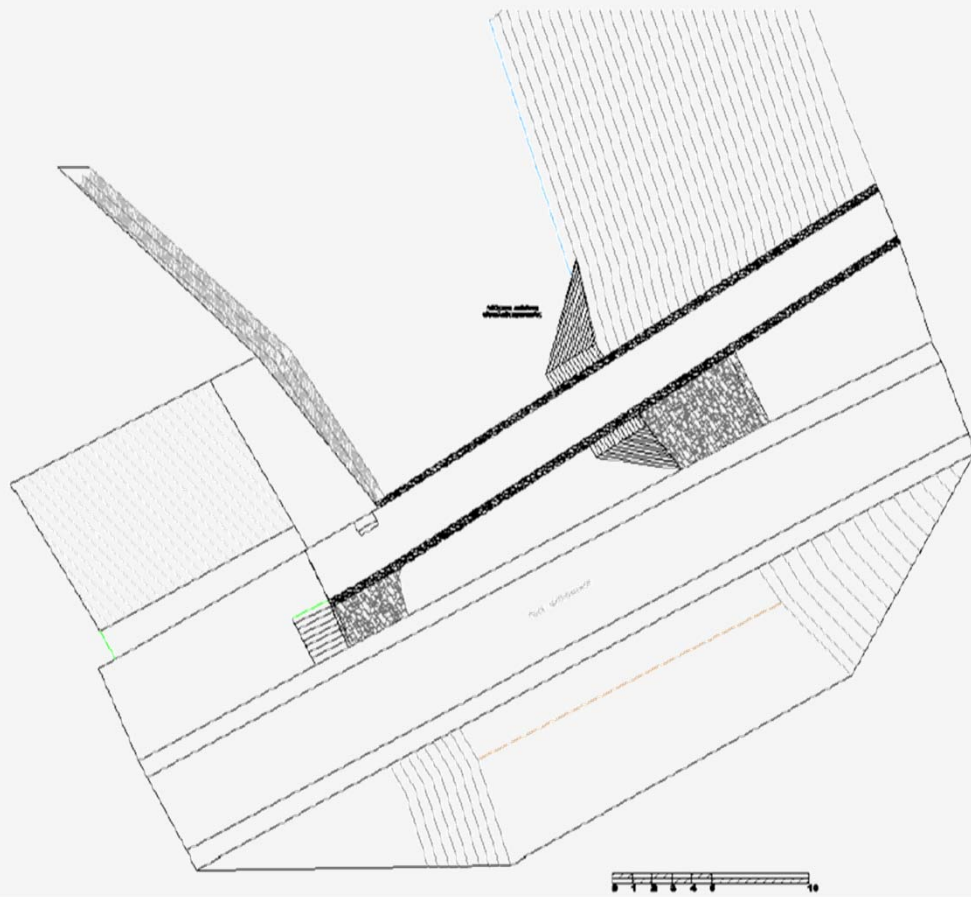


Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Προτάσεις Αποκατάστασης

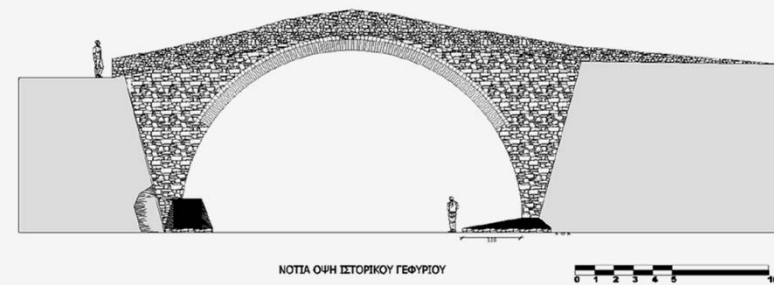


Σχέδιο 12: Σχέδιο ενίσχυσης ακροβάθρου Α2 και τοίχος υδραυλικής προστασίας

Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας –Προτάσεις Αποκατάστασης

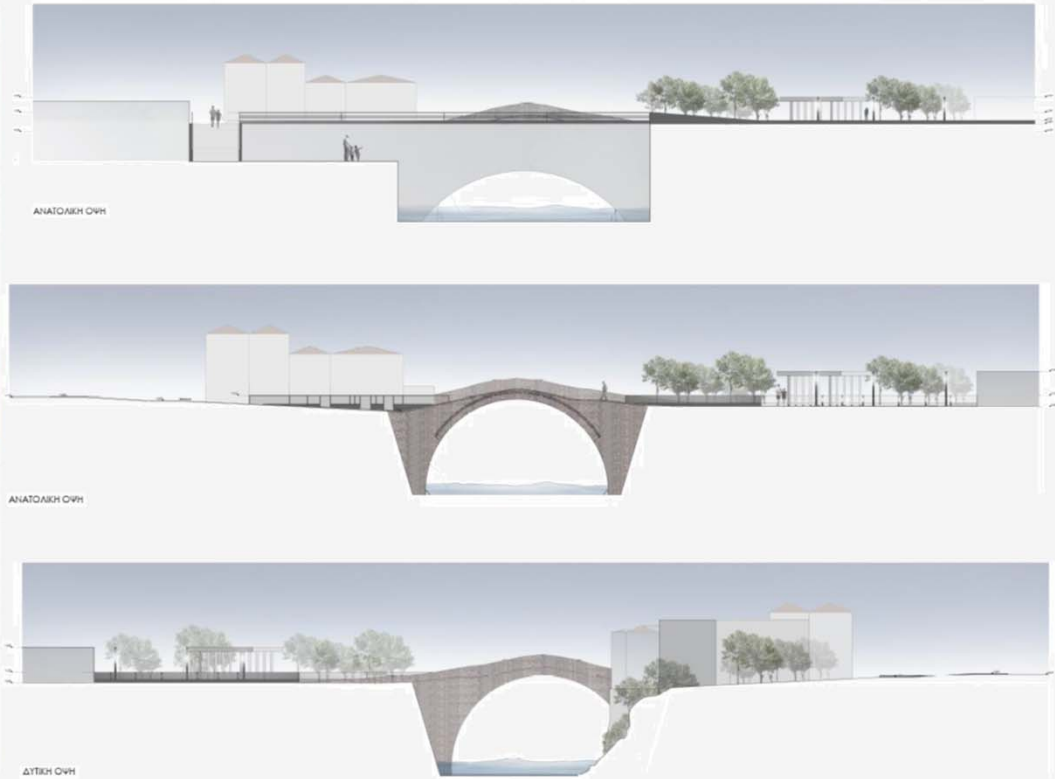
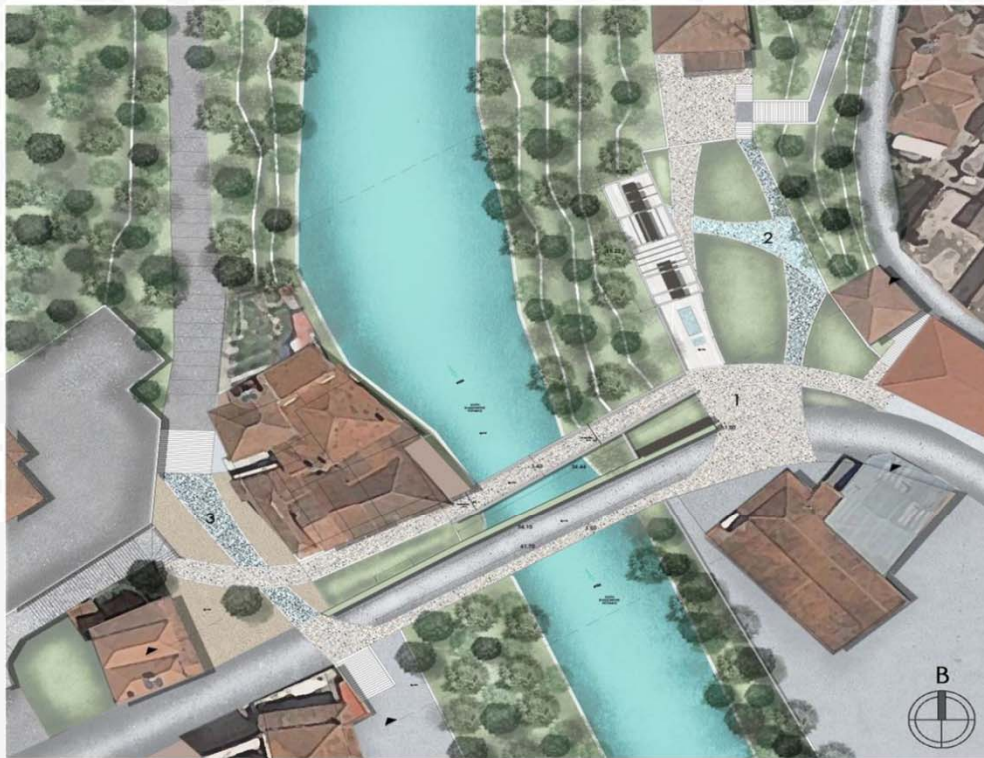


Σχέδιο 16: Όψεις βάθρων Γεφυριού - Προτεινόμενη αποκατάσταση βάθρων με κατασκευή λιθόκτιστης επένδυσης υδραυλικής προστασίας στα δύο βάθρα και ενίσχυση της βραχομάζας με σκυρίια.



Σχέδιο 14: Νότια Όψη Γεφυριού - Προτεινόμενη αποκατάσταση βάθρων με κατασκευή λιθόκτιστης επένδυσης υδραυλικής προστασίας στα δύο βάθρα και ενίσχυση της βραχομάζας με σκυρίια.

Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Αρχιτεκτονική Πρόταση Ανάδειξης Αντώνης Μόρας & συνεργάτες



Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Αρχιτεκτονική Πρόταση Ανάδειξης Αντώνης Μόρας & συνεργάτες



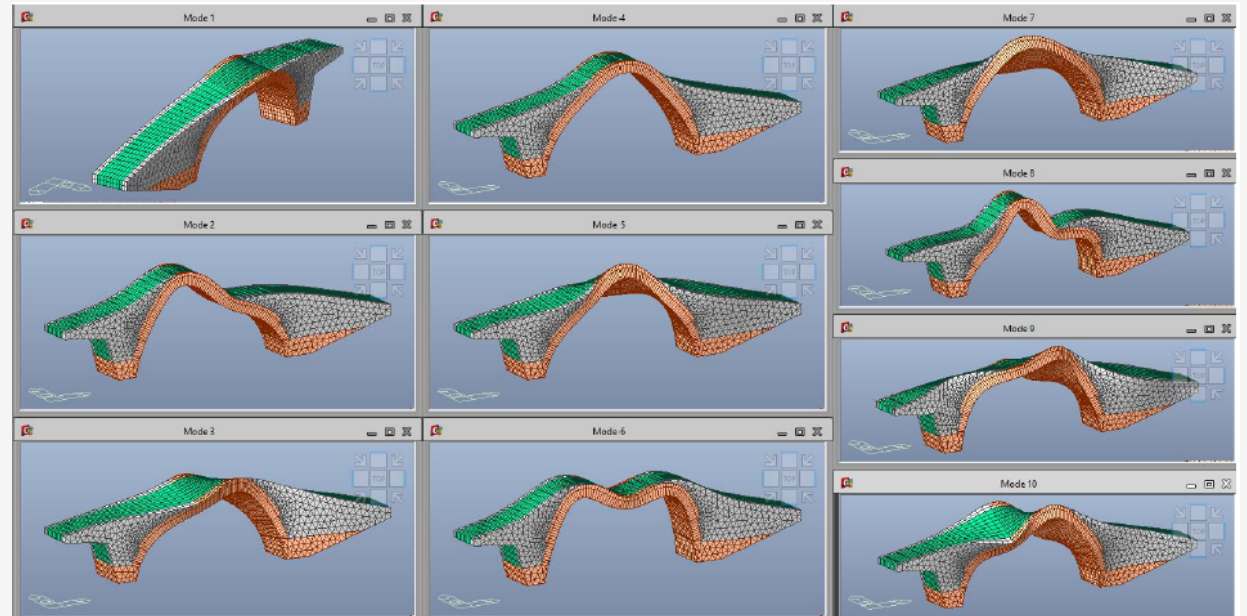
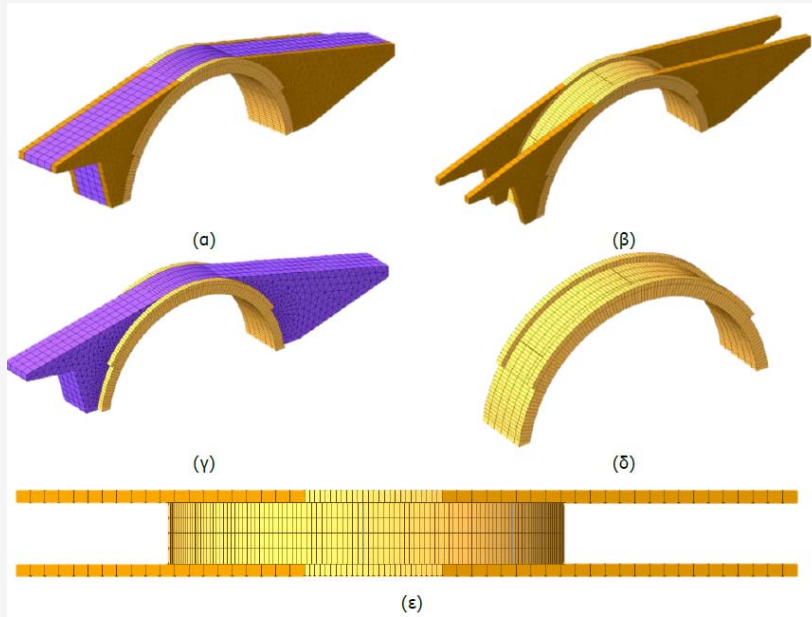
Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Αρχιτεκτονική Πρόταση Ανάδειξης Αντώνης Μόρας & συνεργάτες



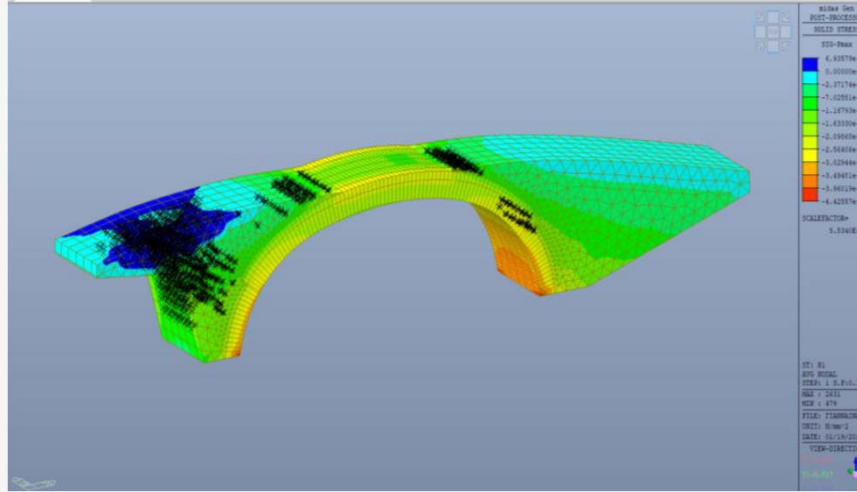
Ιστορικό Γεφύρι Ελασσόνας – Αρχιτεκτονική Πρόταση Ανάδειξης
Αντώνης Μόρας & συνεργάτες



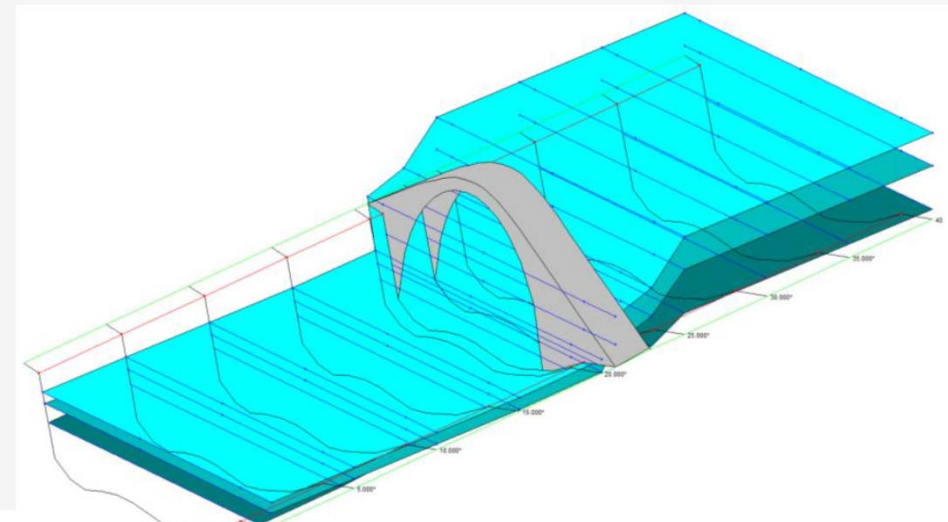
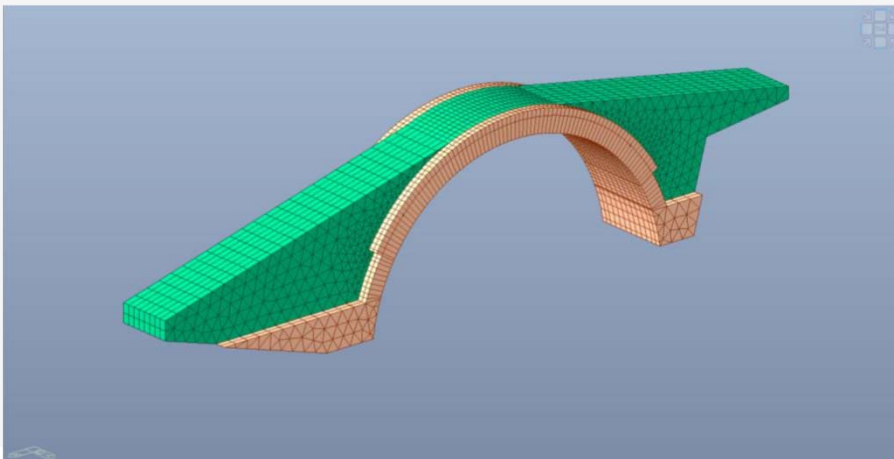
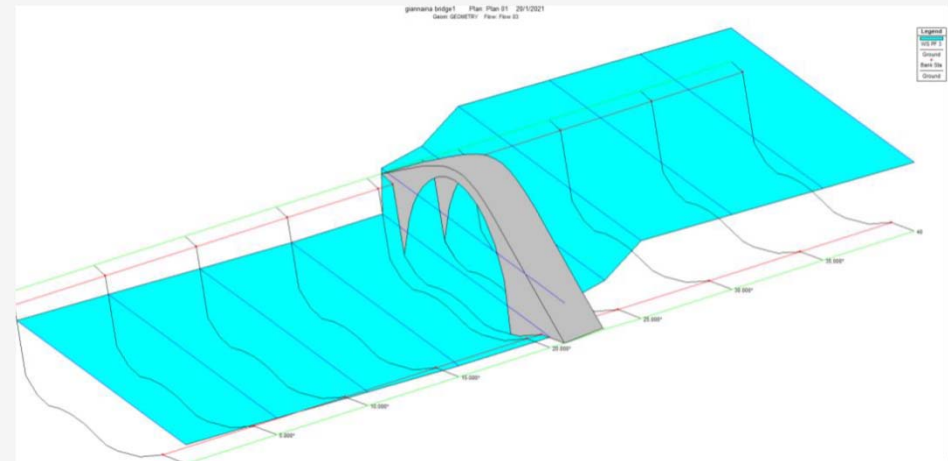
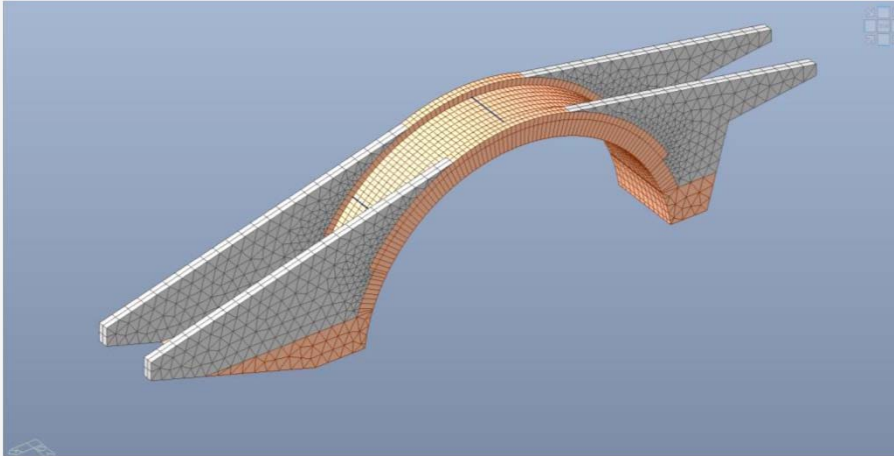
Ιστορικό Γεφύρι Γιάνναινας - Ελασσόνα



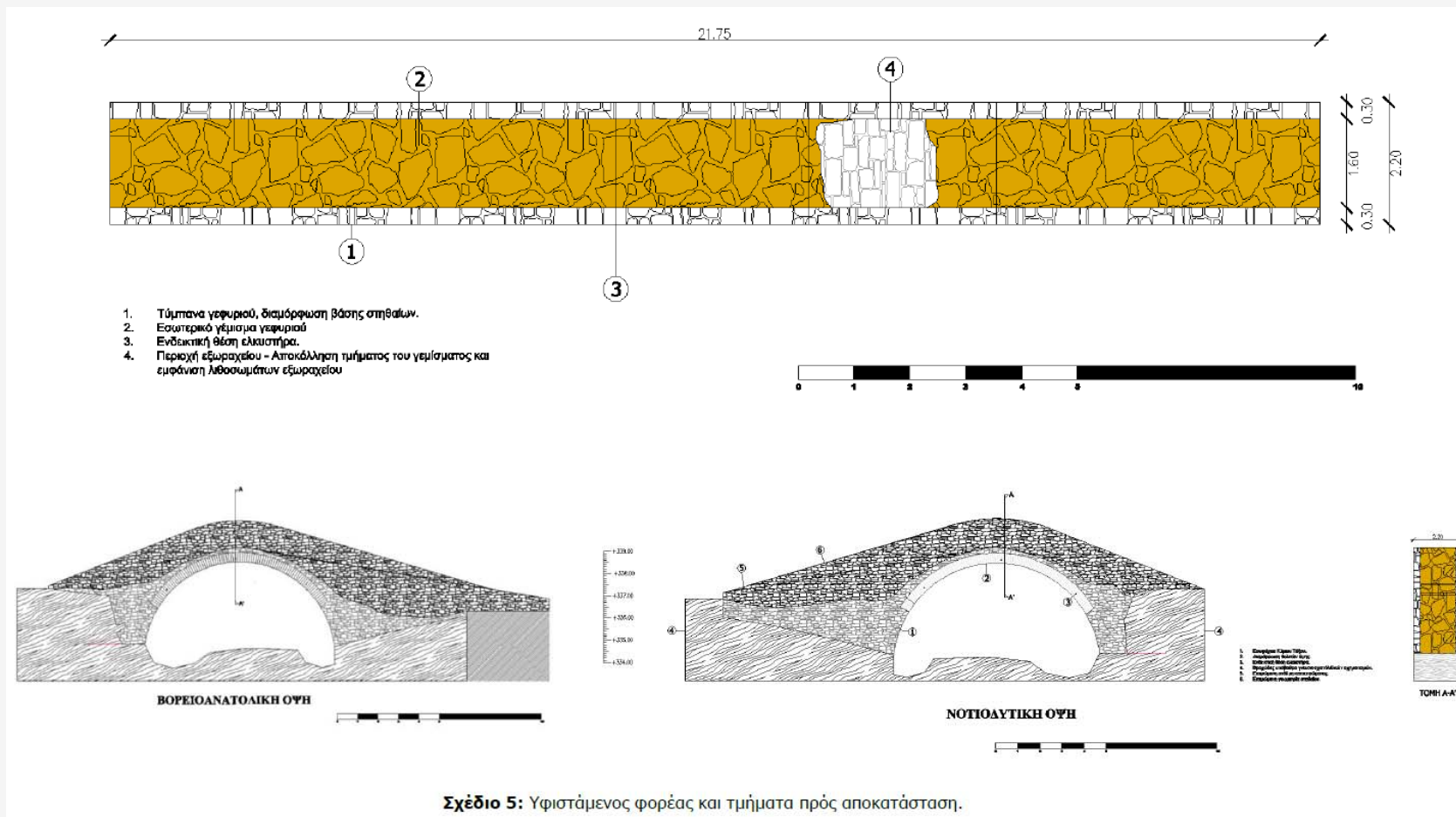
Ιστορικό Γεφύρι Γιάνναινας - Ελασσόνα



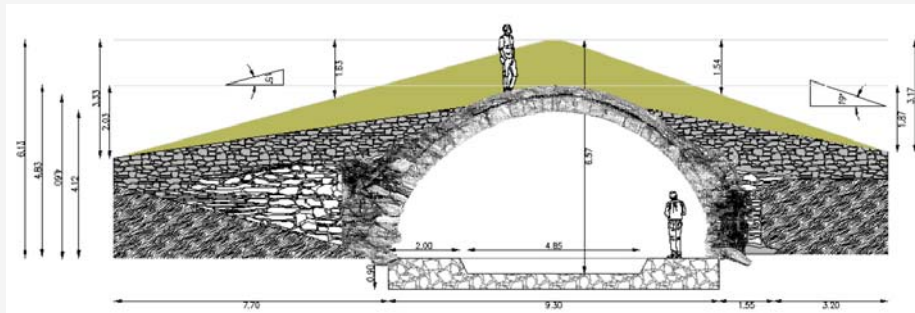
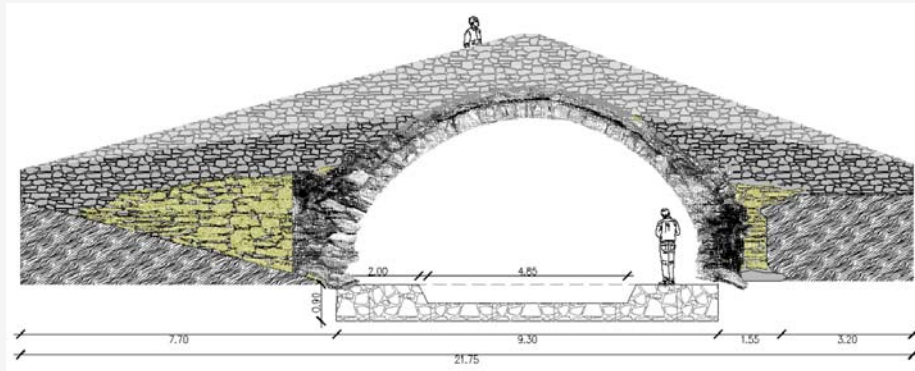
Ιστορικό Γεφύρι Γιάνναινας - Ελασσόνα



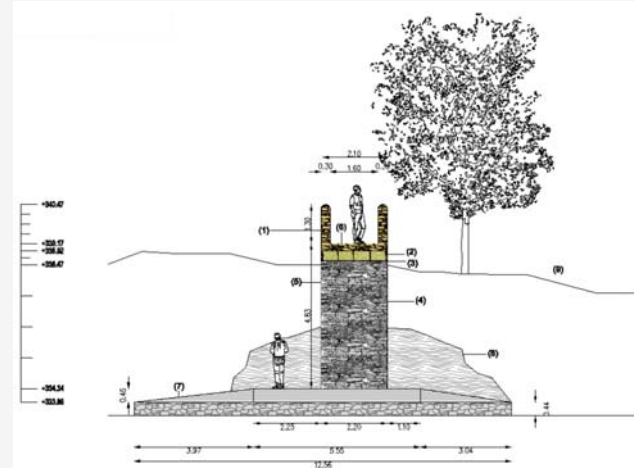
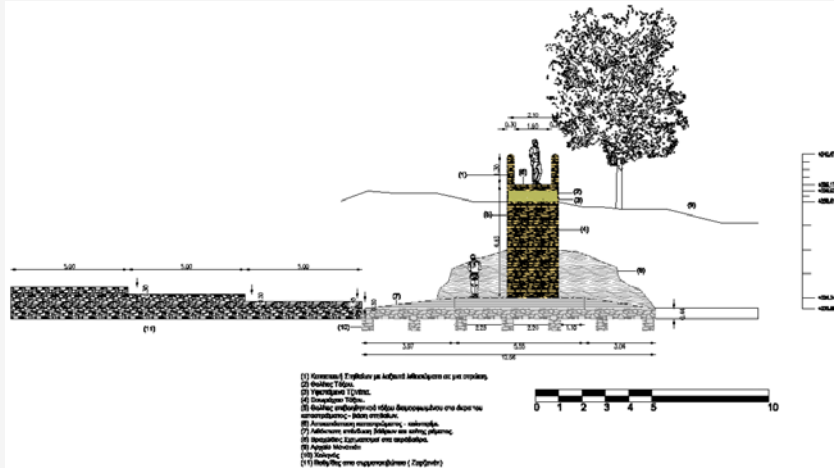
Ιστορικό Γεφύρι Γιάνναινας – Ελασσόνα - Αποκαταστάσεις



Ιστορικό Γεφύρι Γιάνναινας – Ελασσόνα - Αποκαταστάσεις



Ιστορικό Γεφύρι Γιάνναινας – Ελασσόνα - Αποκαταστάσεις



Εικόνα 159: Διαμόρφωση καταστρώματος (α) Υφιστάμενη κατάσταση - Βάθρο Α2, (β) Τελική μορφή καταστρώματος – Βάθρο Α2.

Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας



Ο Ναός θεμελιώθηκε το έτος 1885 και εγκαινιάστηκε το 1906.
Το 1996 κηρύχτηκε διατηρητέος με Φ.Ε.Κ.:
153/Β/13-3-96, ΥΠΠΟ/ΑΡΧ/Β1/Φ32/49605/1496ΠΕ .



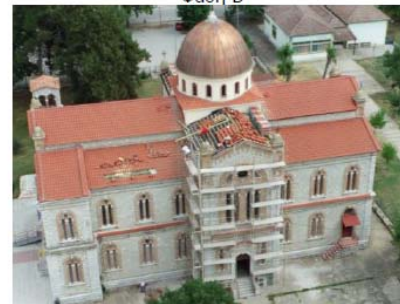
Φάση - Α



Φάση-Β



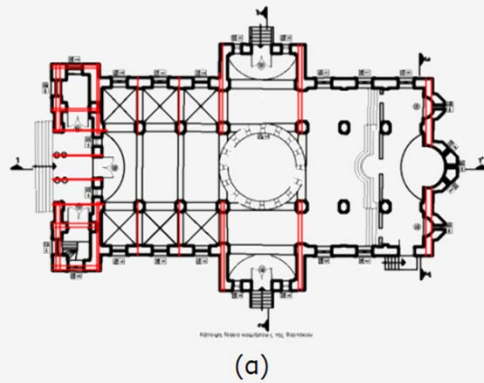
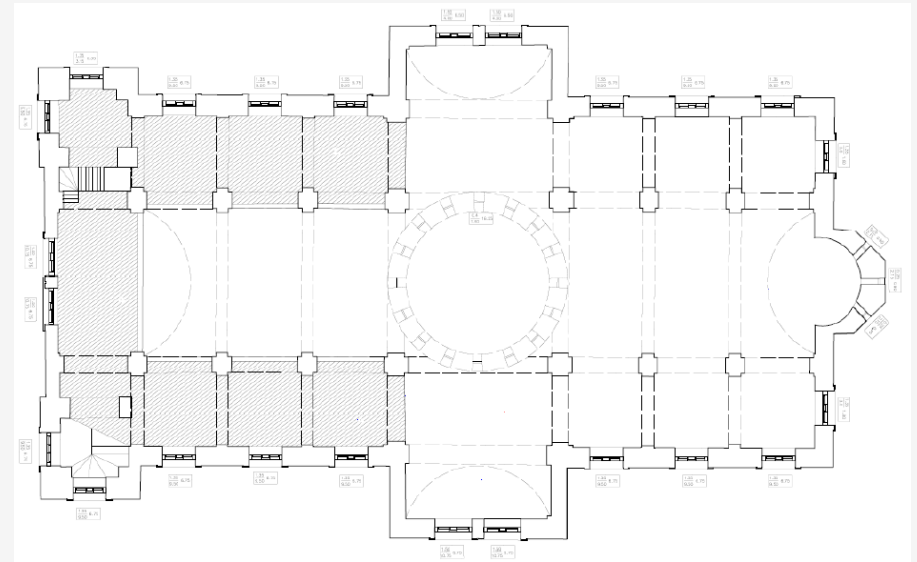
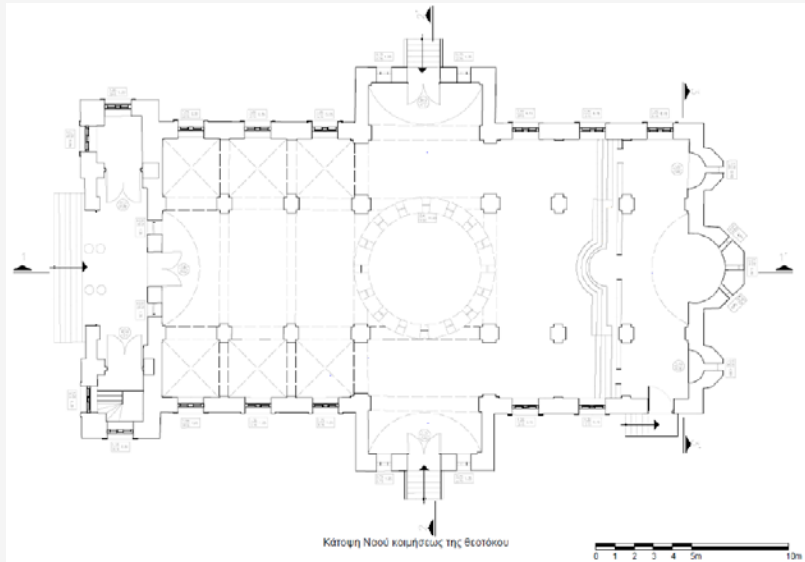
Φάση - Γ



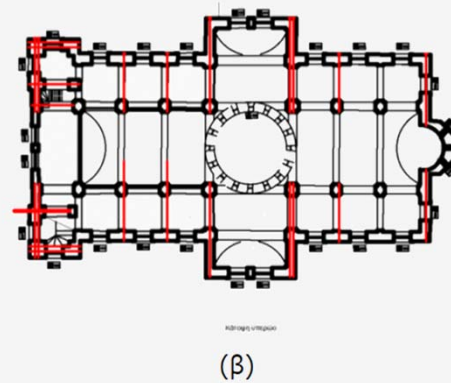
Φάση -Δ Σημερινή κατάσταση

Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας

Κατόψεις Υφιστάμενου Φορέα

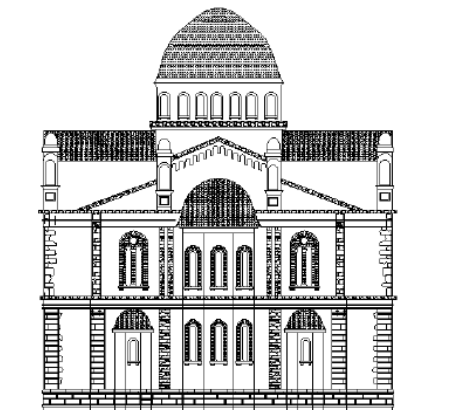


(α)



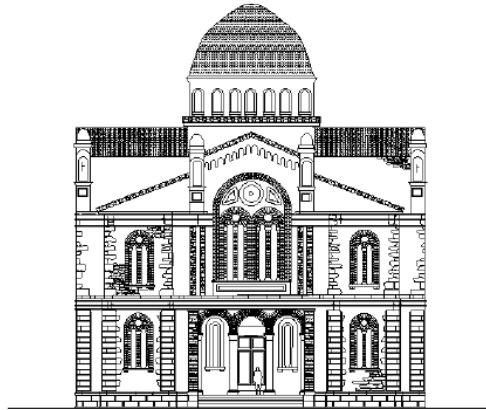
(β)

Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Όψεις Υφιστάμενου Φορέα.



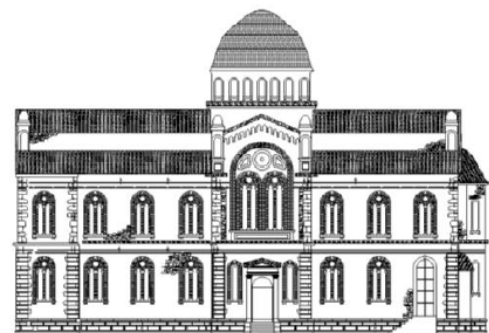
Ανατολική όψη

(α)



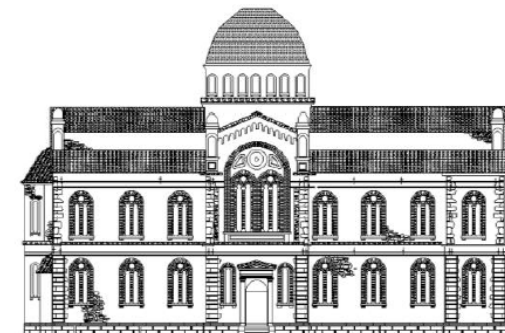
Δυτική όψη

(β)



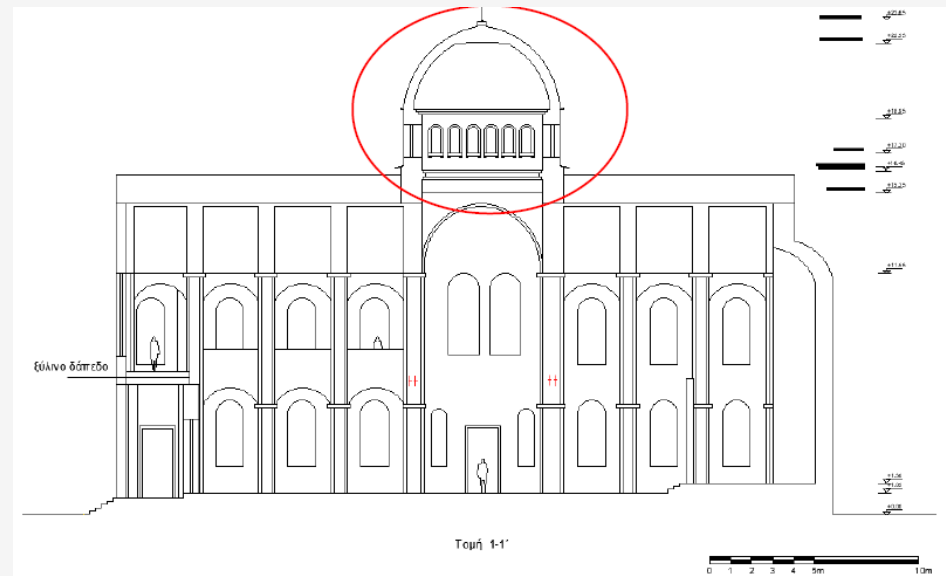
Βόρεια όψη

(γ)

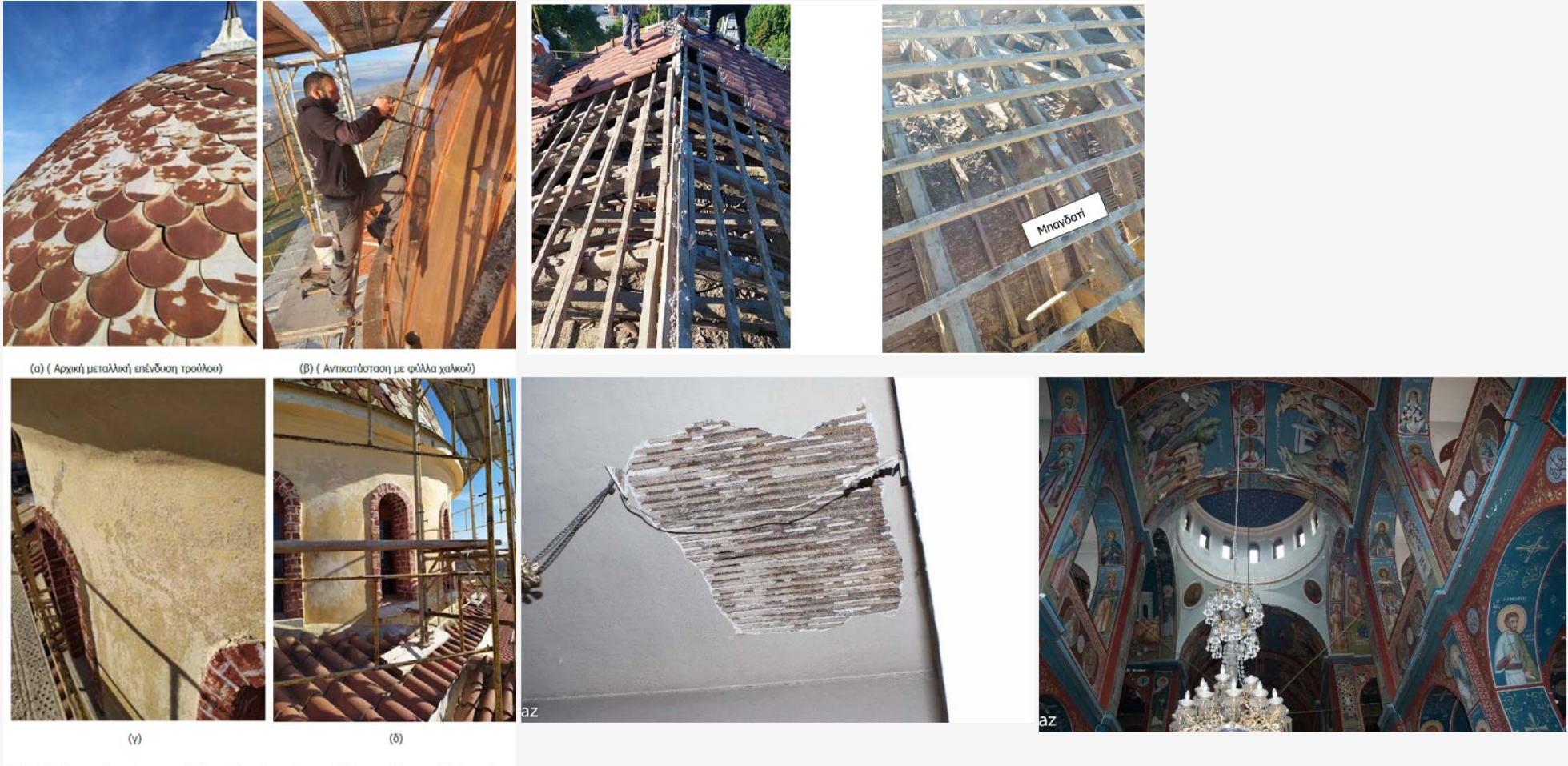


Νότια όψη

(δ)

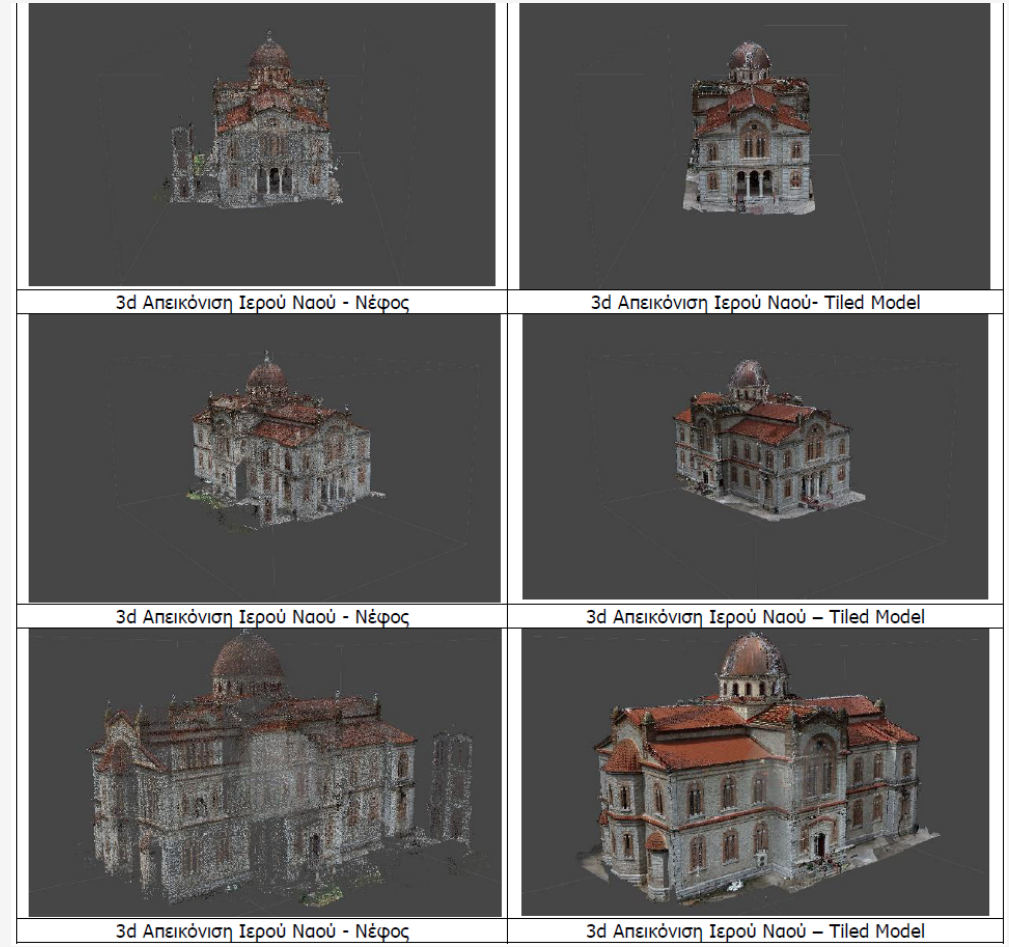
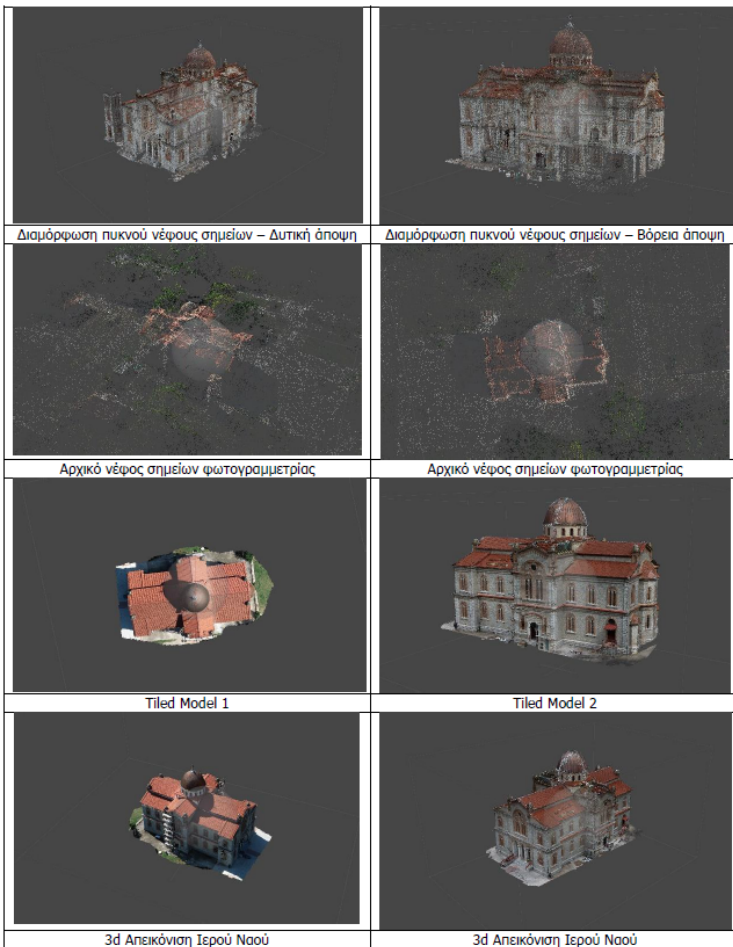


Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Πρόσφατες επισκευές – διάκριση δομικών στοιχείων στέγης



Εικόνα 9: Πρόσφατες Επισκευές από την Π. Θεσσαλίας, Αντικατάσταση επένδυσης τρούλου με χαλκό, υγραμόνωση στέγης και αντικατάσταση κεράμωσης.

Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Φωτογραμμετρικό Μοντέλο – Χάρτα Βενετίας



Παράδειγμα Φωτογραμμετρικού Μοντέλου DJI Matrice 300 RTK Zenmuse

Perspective 30°

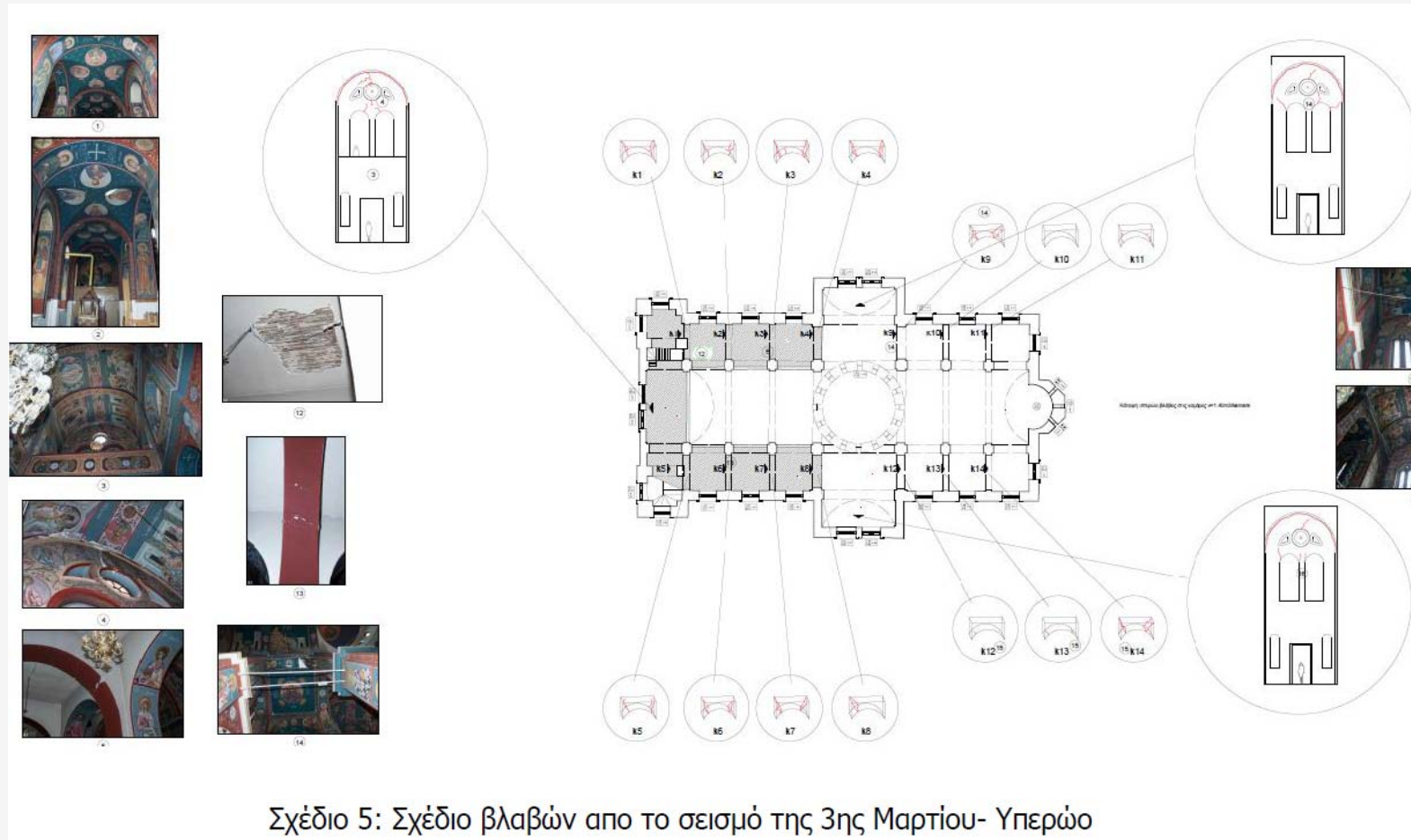
Snap: Axis, 2D



faces: 1,550,767 vertices: 777,264

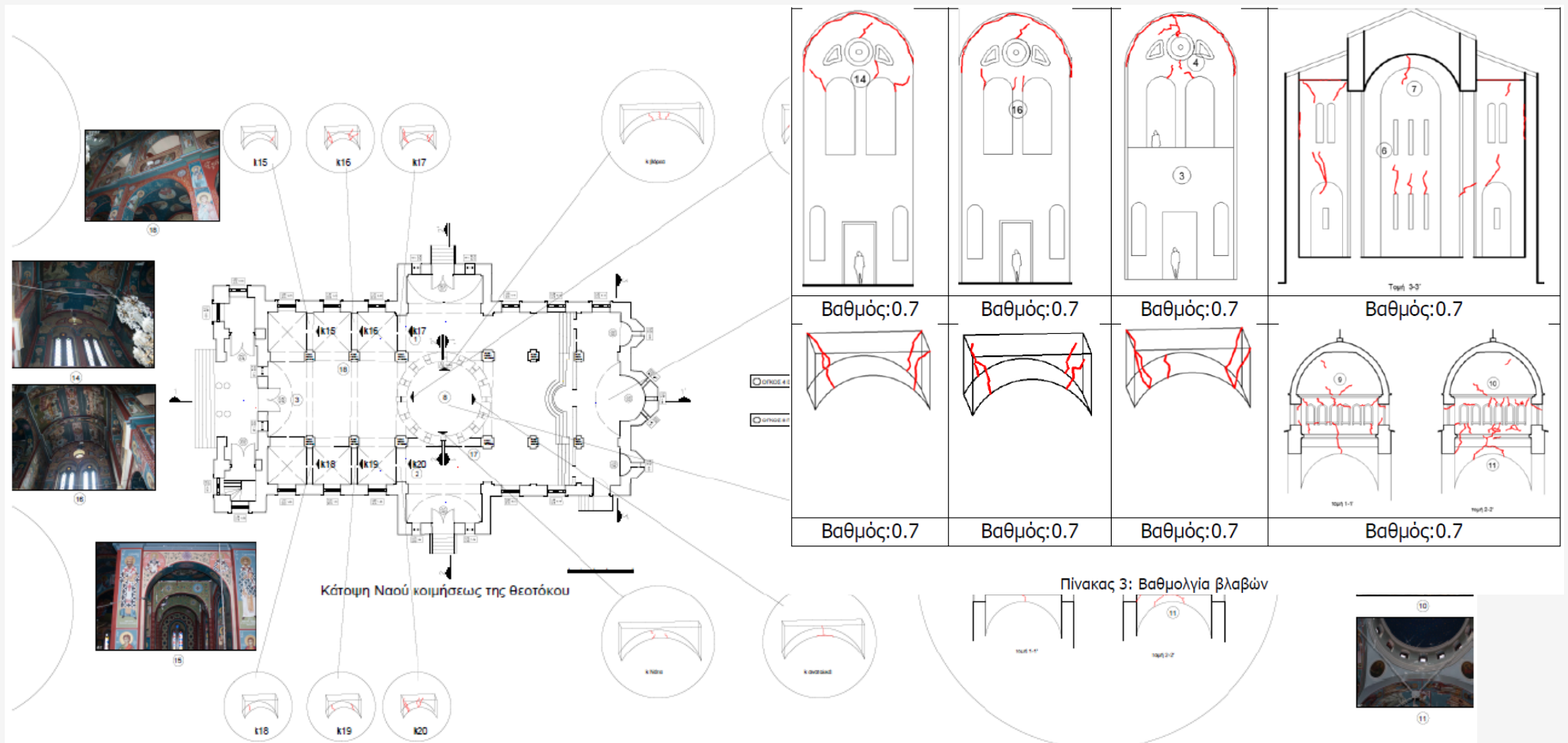


Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Σχέδια Βλαβών μετά το σεισμό της 3ης & 4ης Μαρτίου 2021



Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας

Σχέδια Βλαβών μετά το σεισμό της 3ης & 4ης Μαρτίου 2021

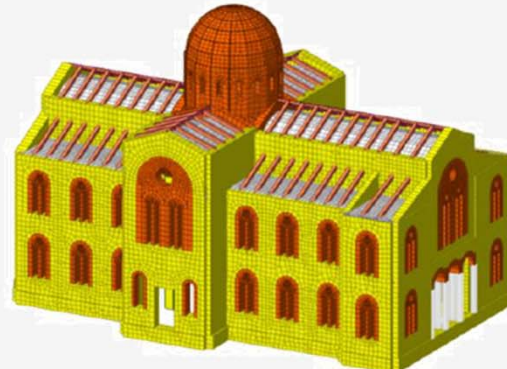


Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας

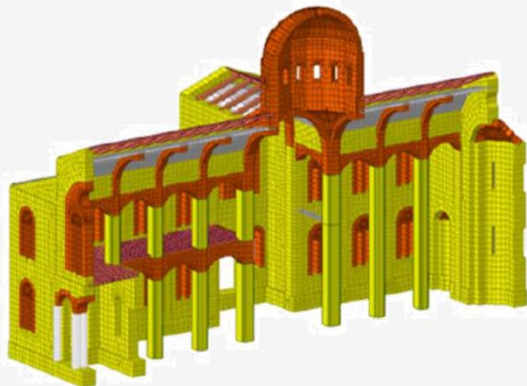
Μοντελοποίηση Φορέα – Midas Gen



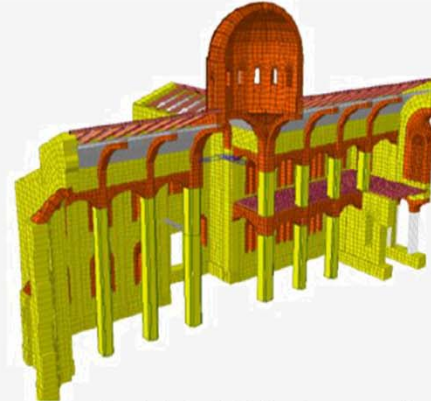
ΝΔ άποψη – Διαχωρισμός υλικών φέρουσας τοιχοποιίας



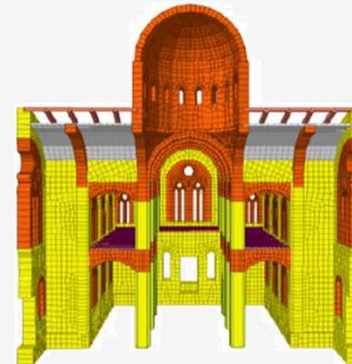
ΒΔ άποψη – Διαχωρισμός υλικών φέρουσας τοιχοποιίας



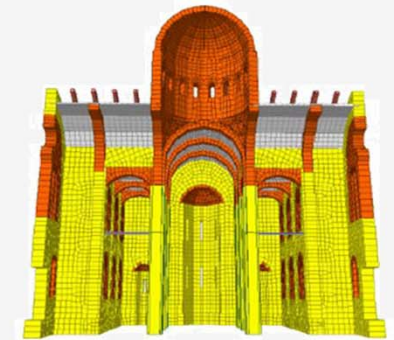
Βόρειο τμήμα Ναού (Τομή ΑΑ') – Διαχωρισμός υλικών φέρουσας τοιχοποιίας



Νότιο τμήμα Ναού (Τομή ΑΑ') – Διαχωρισμός υλικών φέρουσας τοιχοποιίας

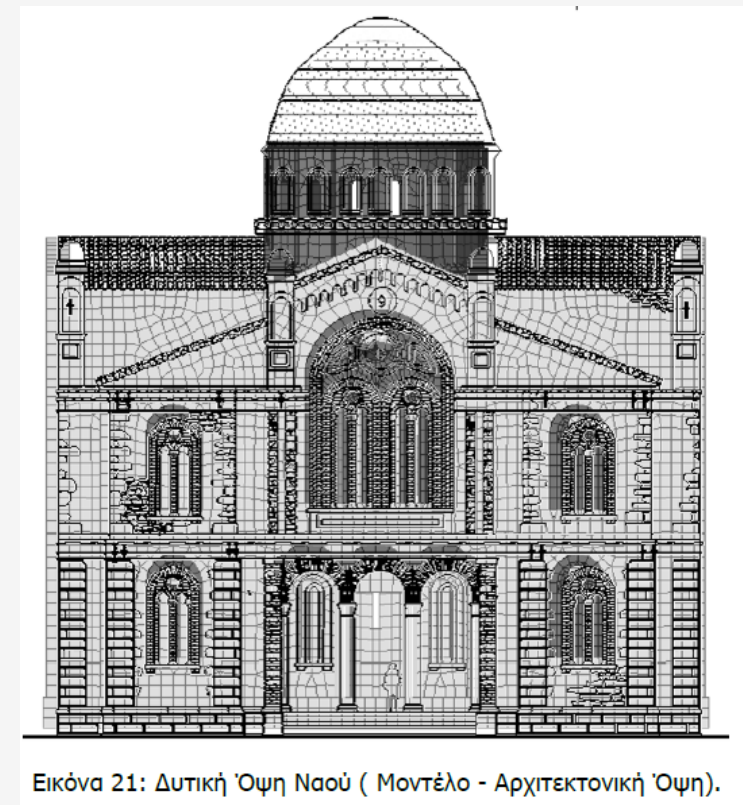
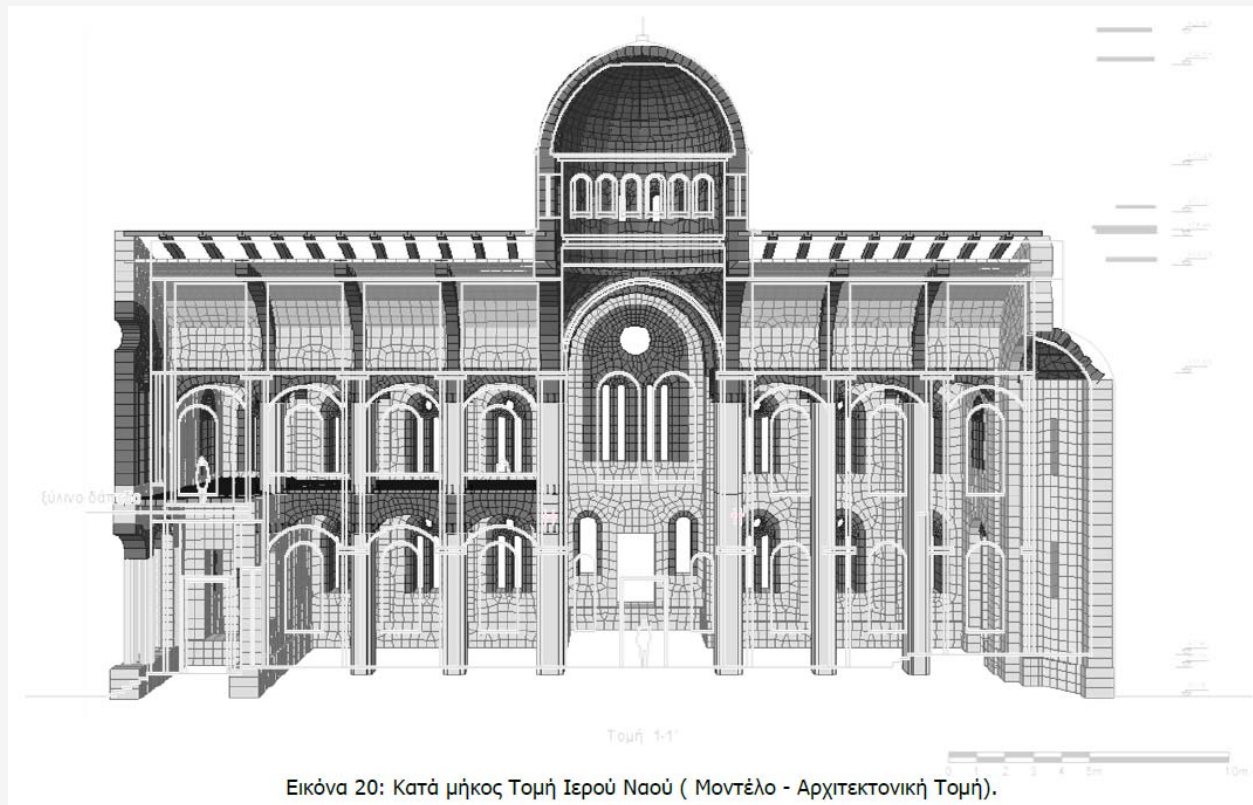


Δυτικό τμήμα Ναού (Τομή ΒΒ') – Διαχωρισμός υλικών φέρουσας τοιχοποιίας

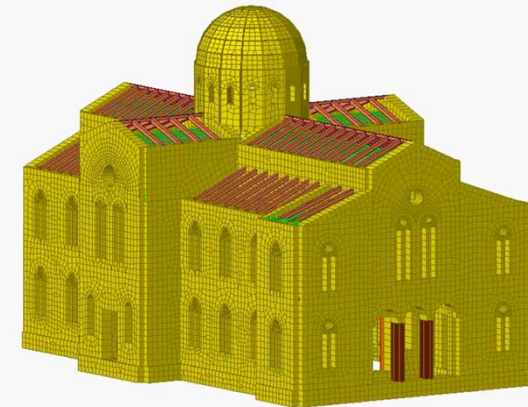
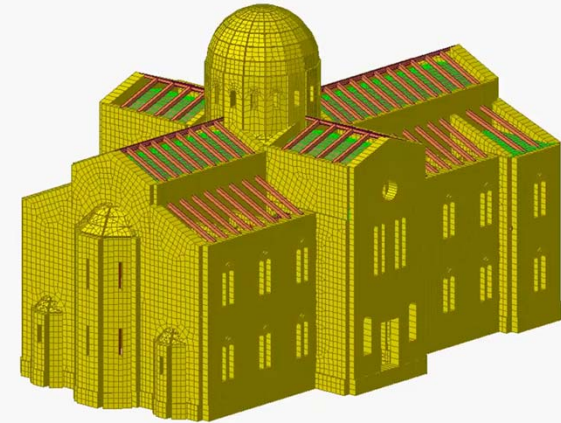
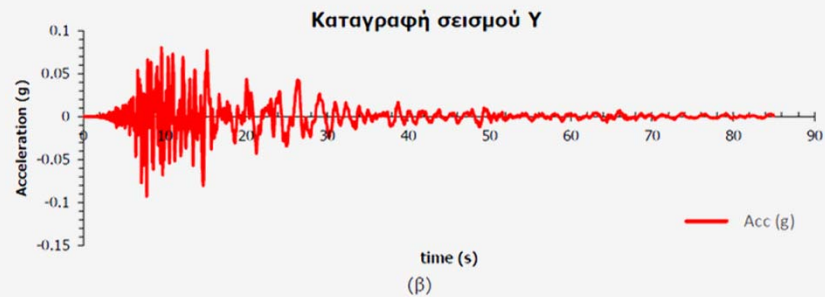
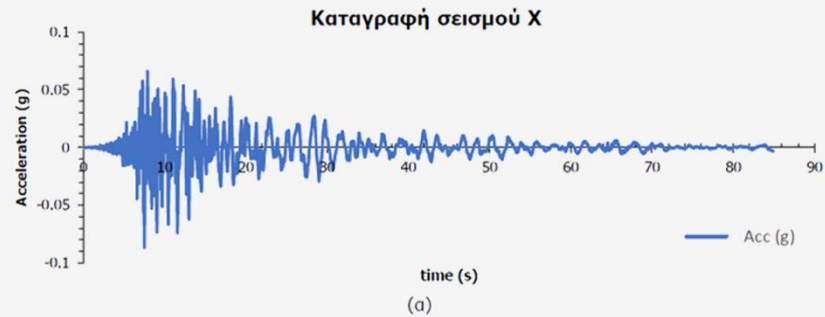


Ανατολικό τμήμα Ναού (Τομή ΒΒ') – Διαχωρισμός υλικών φέρουσας τοιχοποιίας

Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Ταύτιση Μοντέλου Midas Gen & Αρχιτεκτονικών

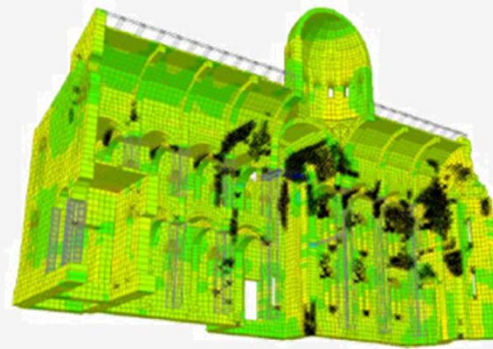
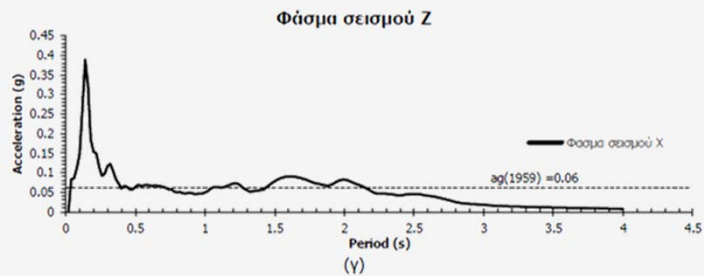
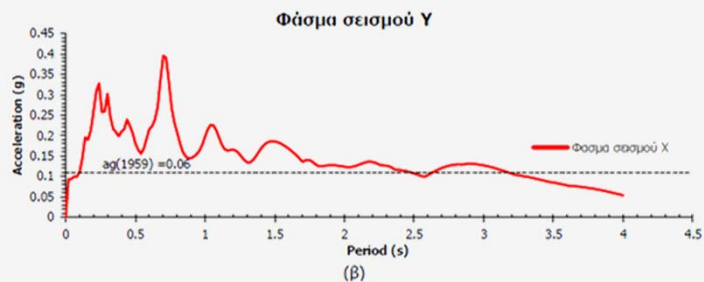
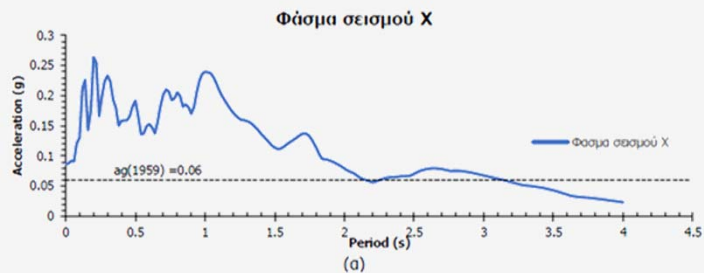


Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Συμπεριφορά Ιερού Ναού κατά τη σεισμική διέγερση της 3^{ης} Μαρτίου

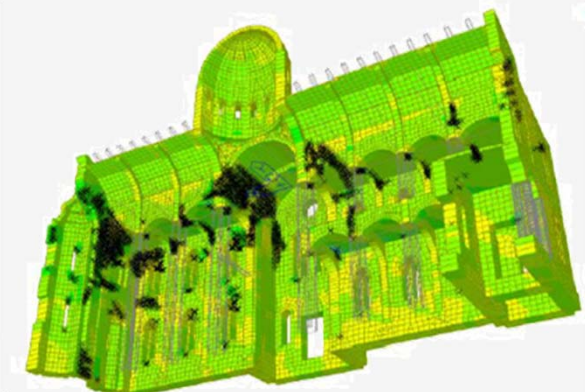


Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας

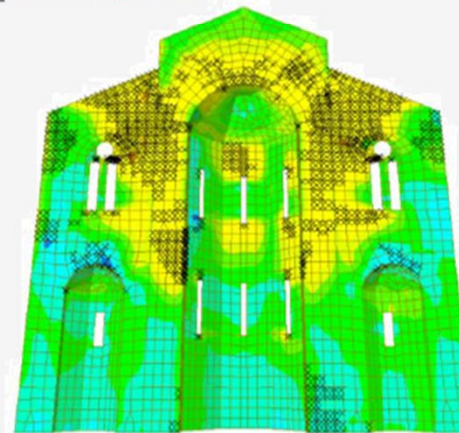
Μη Γραμμική Ανάλυση – Μοντέλο Pande – Ρηγματώσεις Φορέα



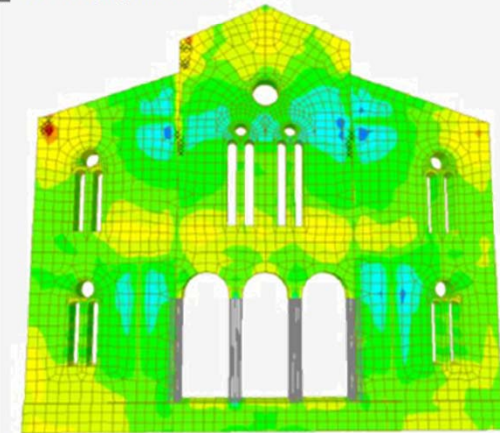
SW+Ex βήμα 10° 100%



SW+Ex βήμα 10° 100%



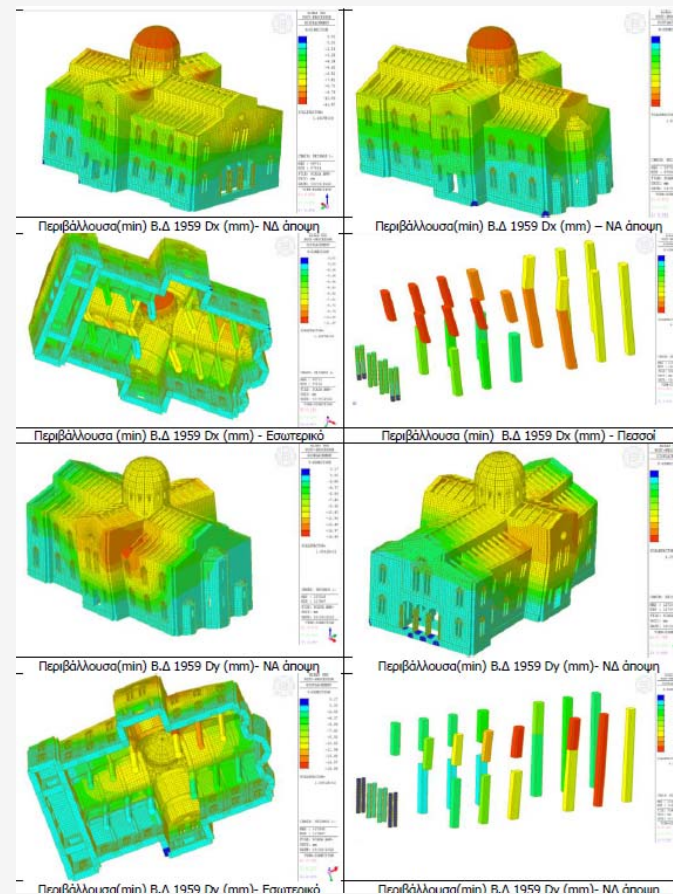
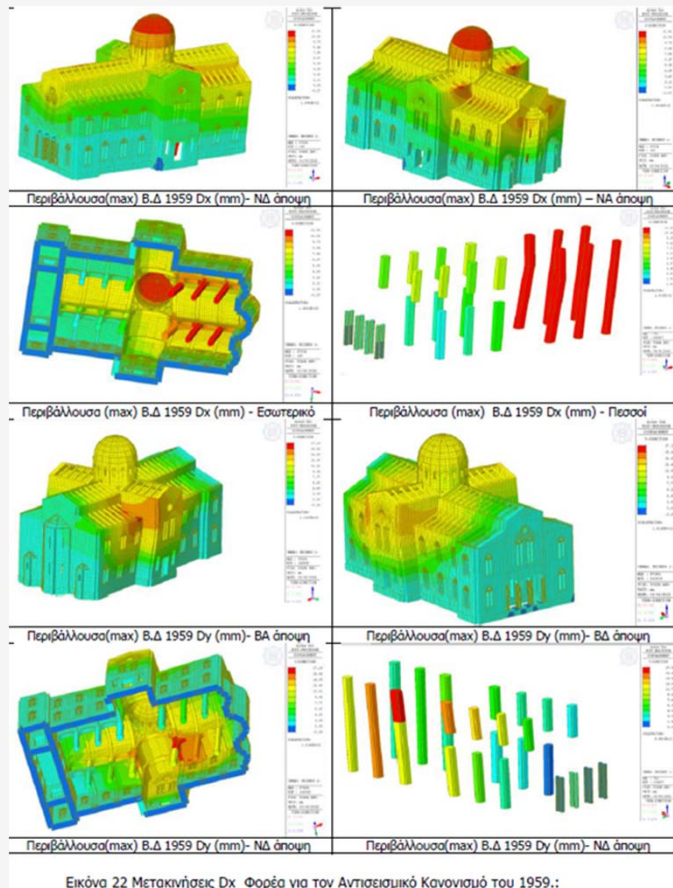
SW+Ex βήμα 10° 100%



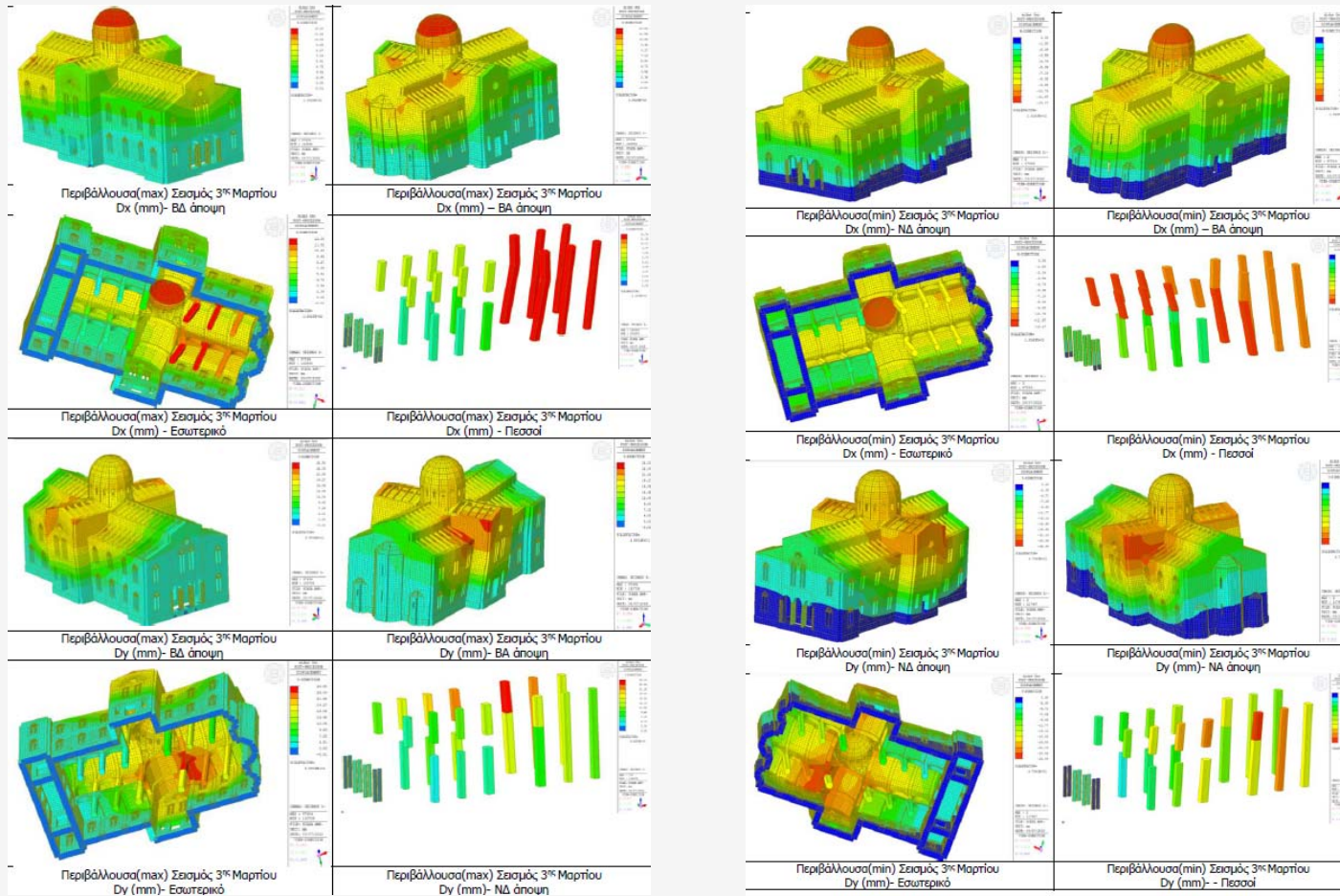
SW+Ex βήμα 10° 100%

Διάγραμμα 5: Μετατροπή χρονιοιστοριών σεισμού σε ελαστικά φάσματα, (α) Φάσμα σεισμού E_x, (β) E_y, (γ) E_z.

Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Μετακινήσεις Φορέα σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959

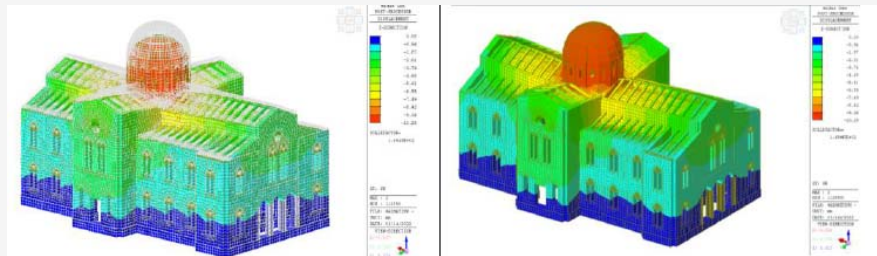


Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Μετακινήσεις Φορέα για τον σεισμό της 3^{ης} & 4^{ης} Μαρτίου 2021

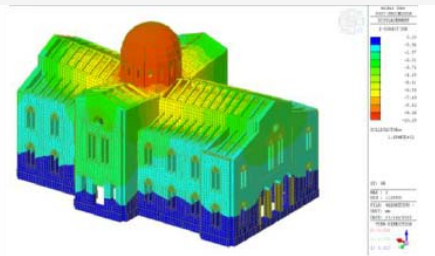


Εικόνα 25: Μετακινήσεις Dx ,φορέα για το φάσμα του σεισμού της 3ης Μαρτίου 2021.

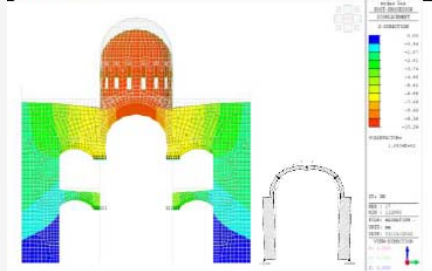
Έλεγχος συμπεριφοράς τοξοστοιχιών ΠΡΙΝ και ΜΕΤΑ τη προσθήκη ελκυστήρων



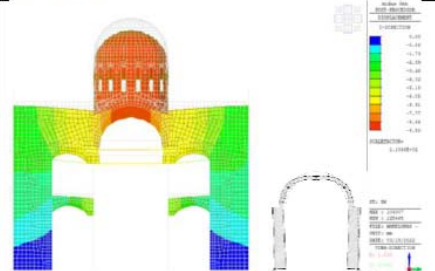
Επιρροή ίδιου βάρους - Μέγιστη βύθιση Dz = 10.29mm



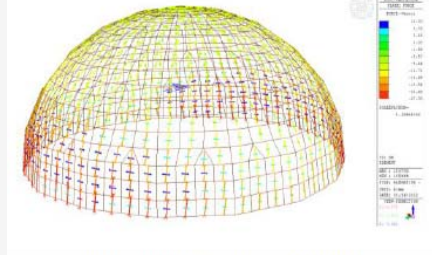
Επιρροή ίδιου βάρους - Μέγιστη βύθιση Dz = 10.29mm



Μετακινήσεις Υφιστάμενου φορέα στο I.B (mm)



Μετακινήσεις μετά τη προσθήκη ελκυστήρων (mm)



Κατανομή δυνάμεων στο θόλο I.B



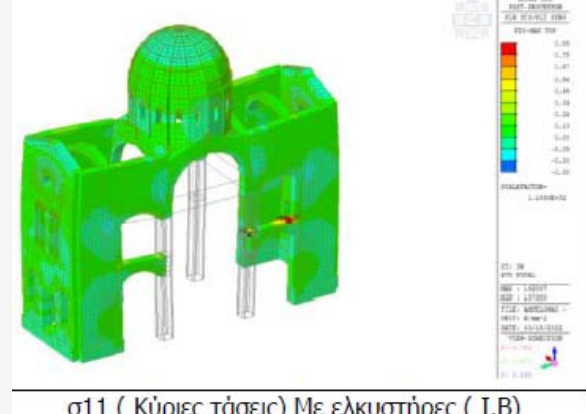
Κατανομή δυνάμεων στο θόλο μετά τη τοποθέτηση ελκυστήρων I.B



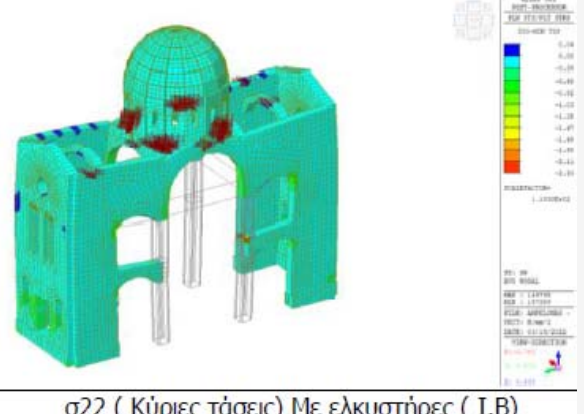
Διανύσματα δυνάμεων I.B



Διανύσματα δυνάμεων I.B με ελκυστήρες



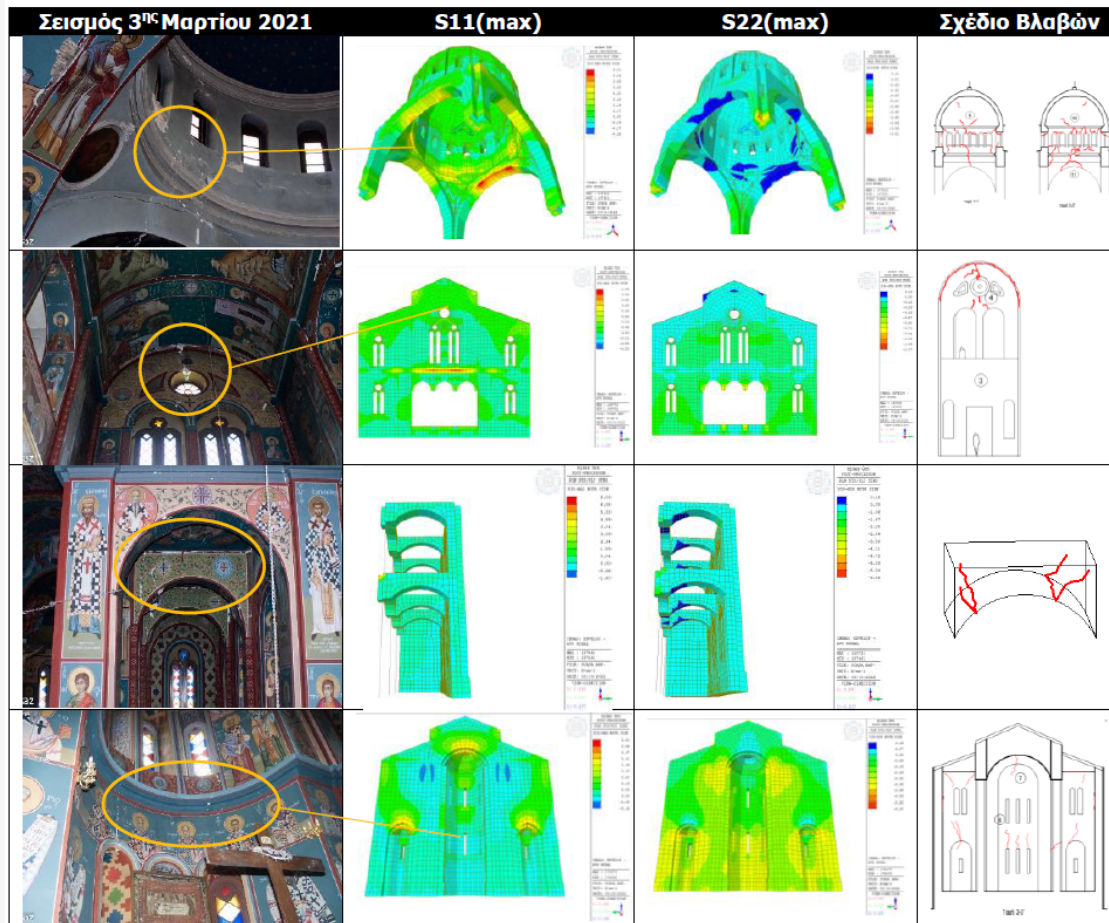
σ11 (Κύριες τάσεις) Με ελκυστήρες (I.B)



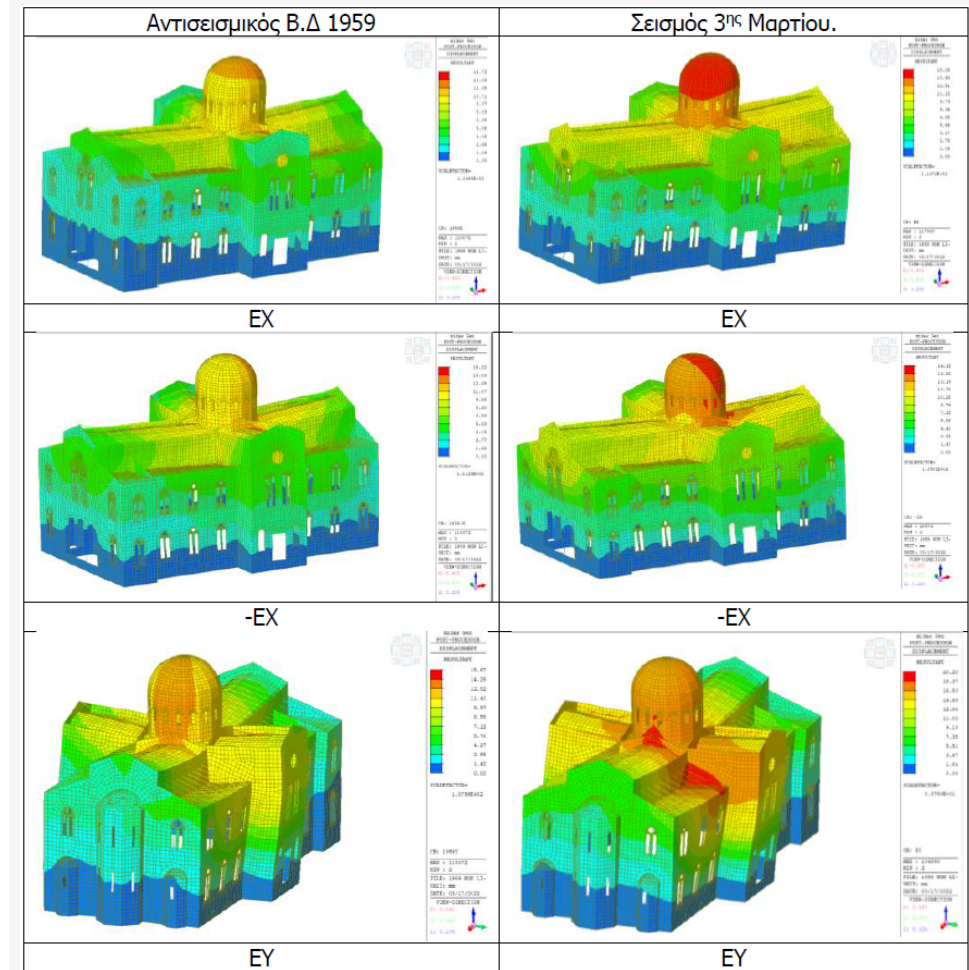
σ22 (Κύριες τάσεις) Με ελκυστήρες (I.B)

Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας

Ταύτιση βλαβών από αναλυτικά μοντέλα – σύγκριση παλαιού κανονισμού

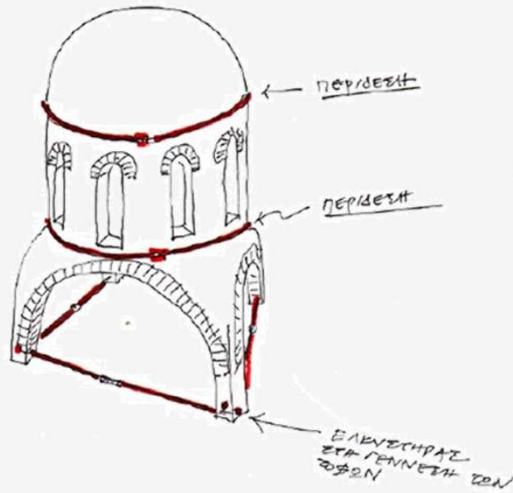


Πίνακας 16: Τεκμηρίωση υφιστάμενων βλαβών από αναλυτικά μοντέλα.

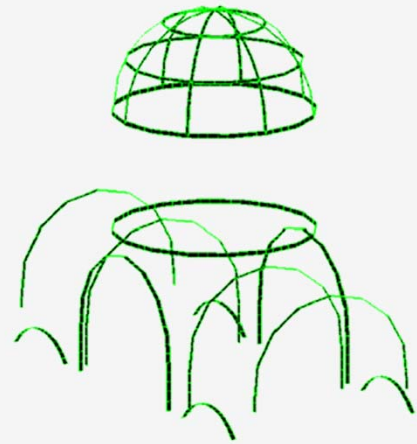


Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας

Προτάσεις Αποκατάστασης και Αναβάθμισης



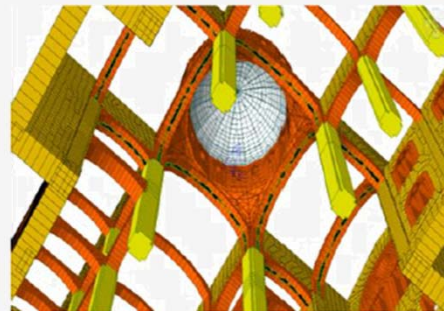
(α)



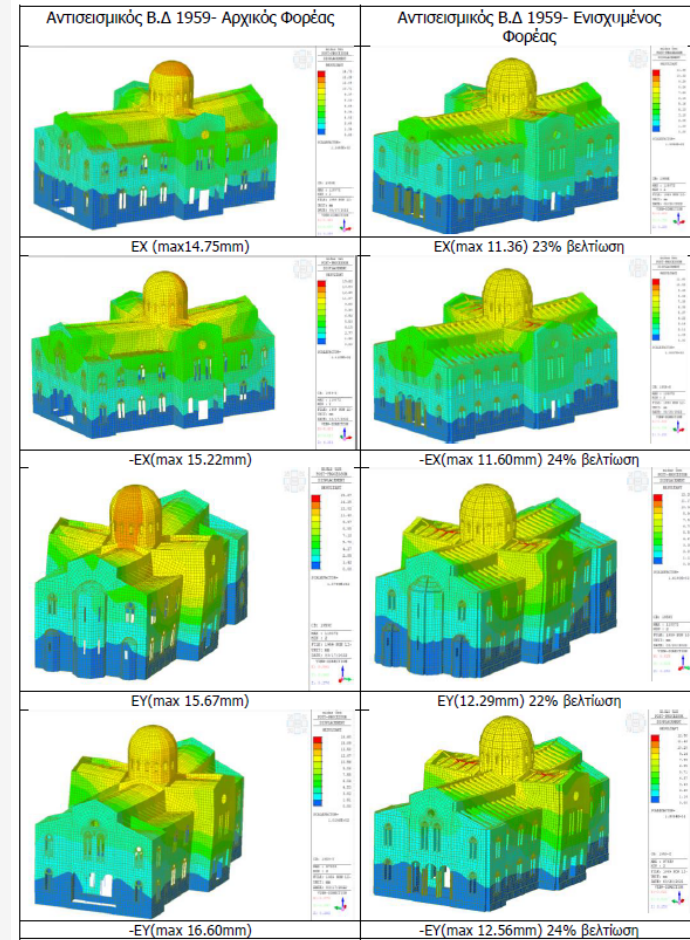
(β)



(γ)



(δ)

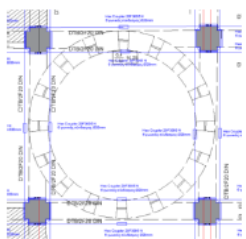


Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας

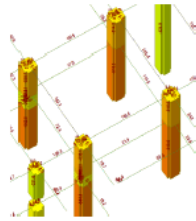
Διαστασιολόγηση Ελκυστήρων

Υποστυλώματα – Κίονες (950X950mm)	
Πάχος Τοιχοποιίας t =	950 mm
Θλιπτική Αντοχή σχεδιασμού fd=	1.8 MPa
Εφελκυστική Αντοχή Σχεδιασμού ftd =	0.04 MPa
Μέση Διατμητική Τάση Τοιχοποιίας αποουσία κατ. Φορτίων. Fvo =	0.028 MPa
Συντελεστής Ασφαλείας για έλεγχο σε ολίσθηση κατά μήκος των οριζόντιων αρμών γη=	1.5
Μέση ορθή τάση λόγω κατακόρυφων φορτίων σσ=	0.53 MPa
Συντελεστής τριβής μ=	0.4
Αντοχή διαρροής ράβδου χάλυβα (ελαστήρας) fy=	235 MPa
Συντελεστής ασφαλείας χάλυβα γs=	1.15
Επιλογή ελκυστήρα	
Midas gen tie force	118
Max tie bar force per tie	59.00 KN
Διάμετρος D	20.00 mm
Ar =	314.16 mm ²
fy =	235.00 MPa
d απαιτούμενο =	19.17 mm
Έλεγχος επιλογής διαμέτρου =	OK
Μεταλλική Πλάκα	
a	950.00 mm
b	300.00 mm
tw	5.00 mm
ft,e	239.40 KN
ft,δ	621.93 KN
ft,θ	513.00 KN
ft	239.40 KN
Check	Επάρκεια Τοιχοποιίας

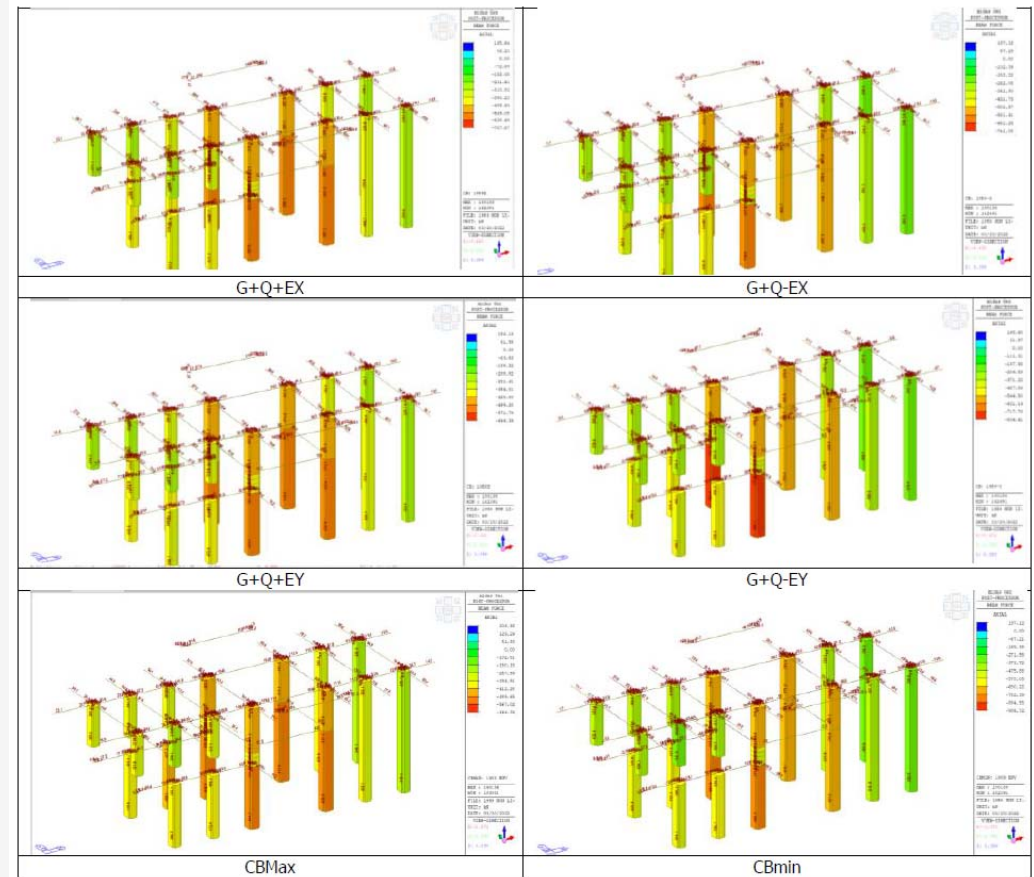
Πίνακας 19: Έλεγχος ελκυστήρων -τοιχοποιίας (950X950,850 mm)



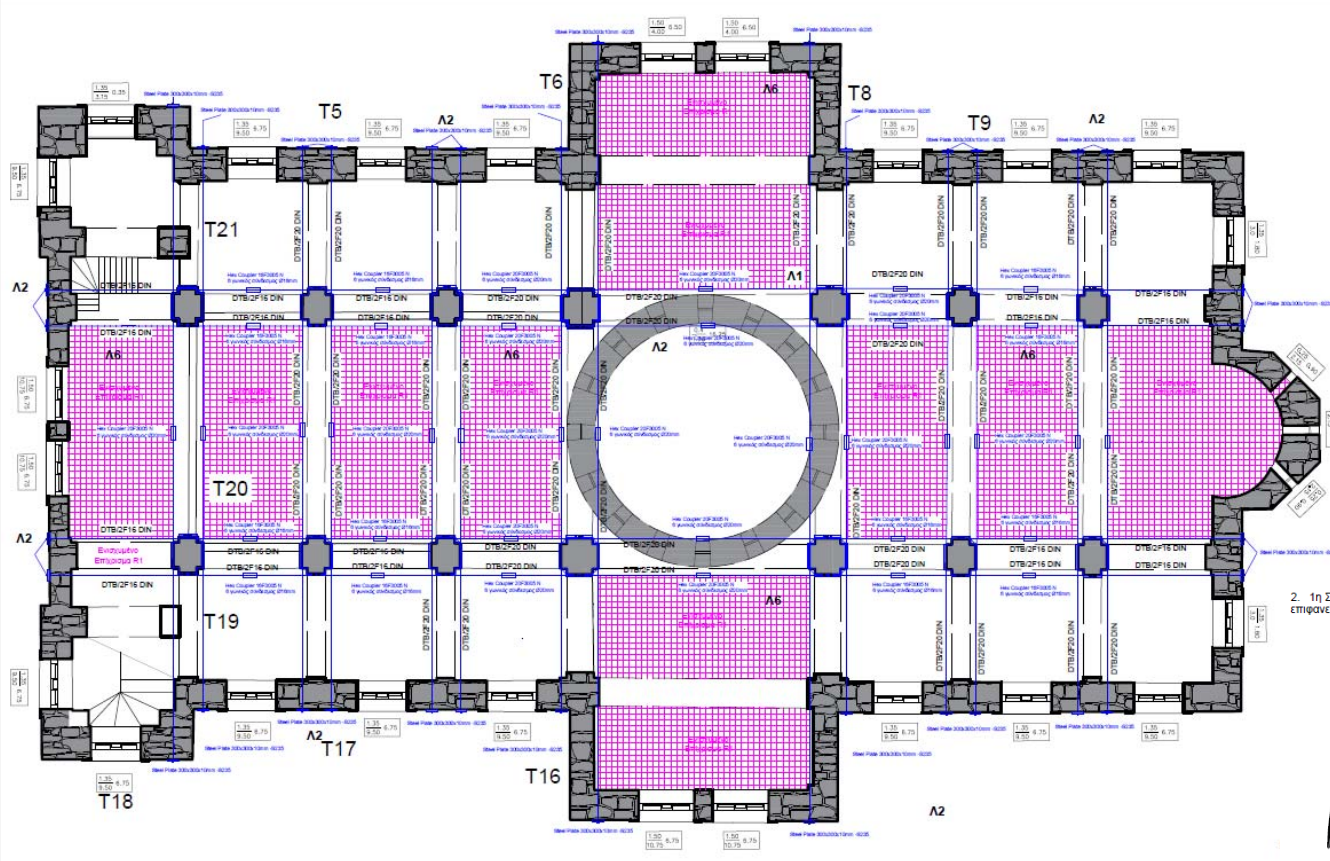
(α)



(β)



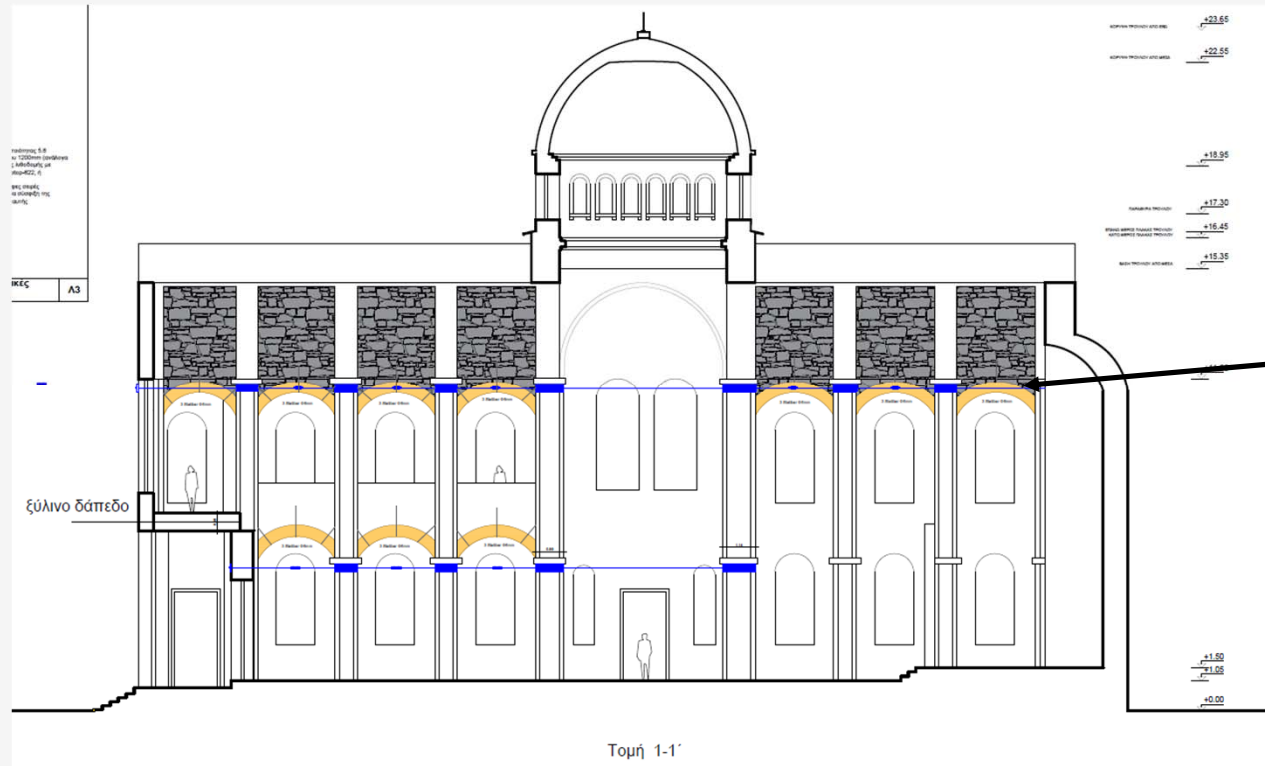
Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας Ενίσχυση Οροφής (Μπαγδατί) με TRM



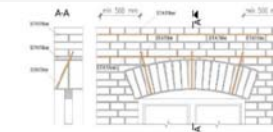
-
1. Αποξήλωση μουσαμά.
 2. 1η Στρώση - Τελική στρώση ειδικού κονιάματος R1.
 3. Τοποθέτηση πλέγματος ενίσχυσης και κάρφωμα στην υφιστάμενη ξυλεία
 4. Διαμορφωση τελικής στρώσης κονιάματος ενίσχυσης - Μπαγδατί

Ιερός Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου – Αμπελώνας Λάρισας

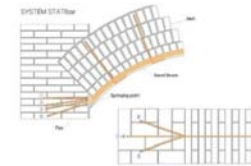
Ενίσχυση τόξων με οπλισμούς λιθοσυρραφής



ST-SHEAR-
FLEXURE



ST
FLEXURE



Ενίσχυση υπέρθυρων – τοξωτών διαμορφώσεων σε ανοίγματα

Λιθοσυρραφή τοιχοποιίας με ανοξείδωτες ελικοειδής ράβδους ενδεικτικού τύπου Statibar ϕ 6-8mm /500mm.

Δέσιμο τόξου- υπέρθυρου με διαμήκη ελκυστήρα τύπου STATItie.

Ενίσχυση τοξωτών τμημάτων

Διατμητική και εφελκυστική ενίσχυση τόξου με αγκύρωση ραβδών στις περιοχές γενέσεων.

Εφαρμογή με STATIbar ή/και STATItie

Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι - Τύρναβος

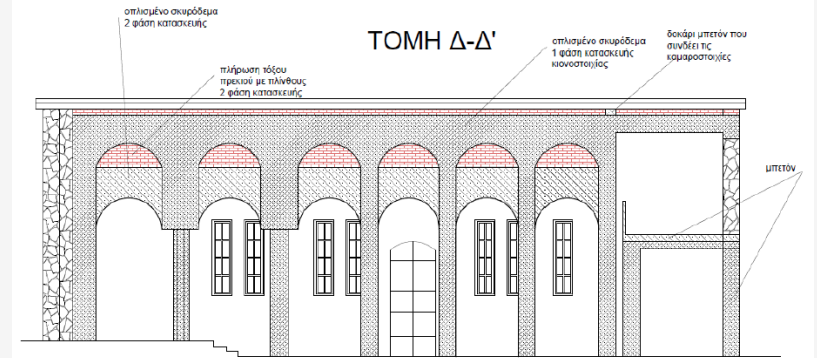
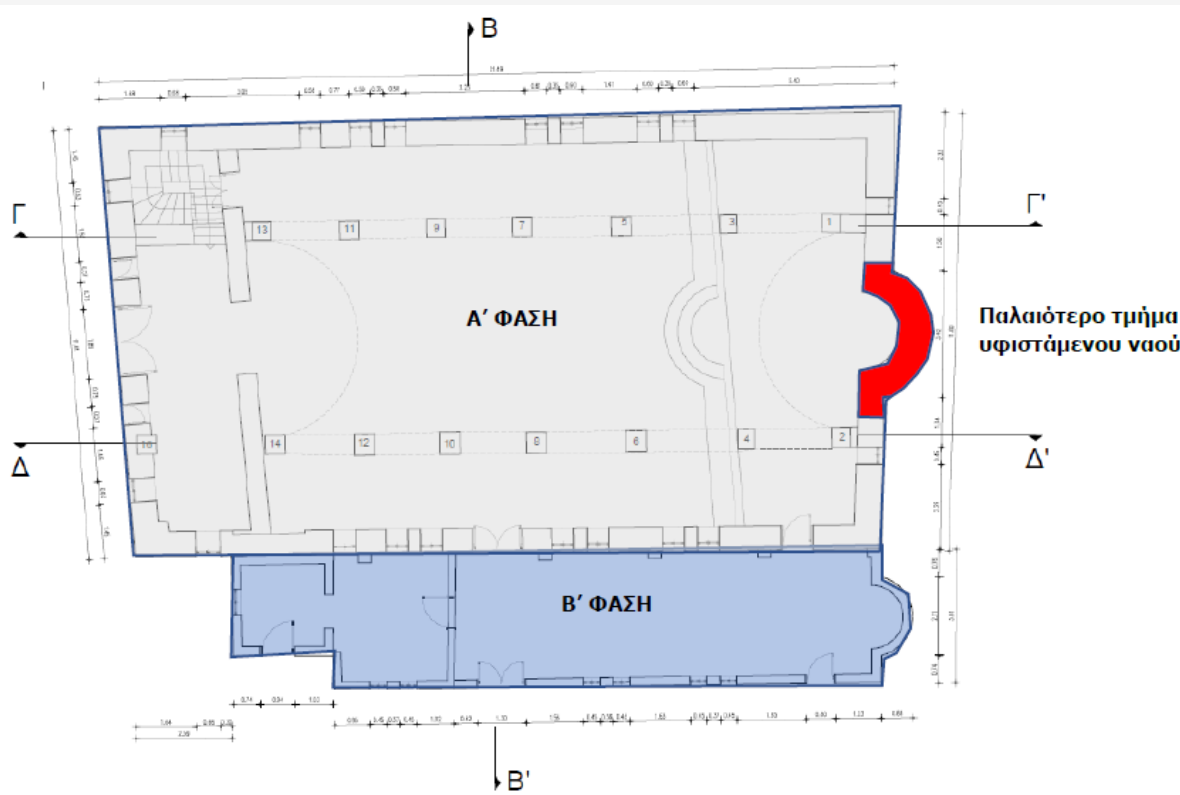


Εικόνα 2: Δορυφορική εικόνα Δαμασίου



Εικόνα 3: Χάρτης εδαφικής επιτάχυνσης σεισμού 3ης & 4ης Μαρτίου 2021

Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Κατόψεις Φορέα και διάκριση δόμησης



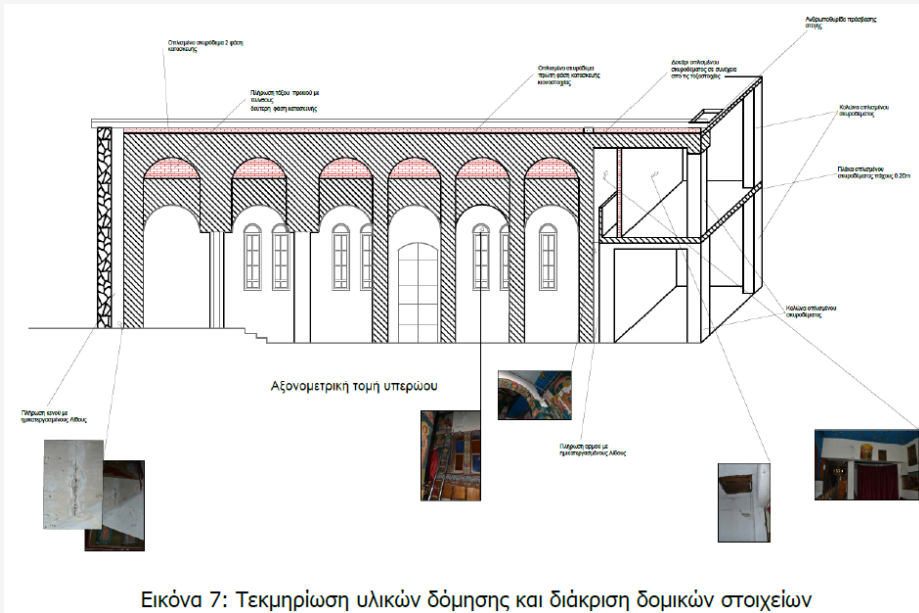
Εικόνα 5: Τομή ΔΔ', Διαφοροποίηση δόμησης και υφιστάμενα υλικά



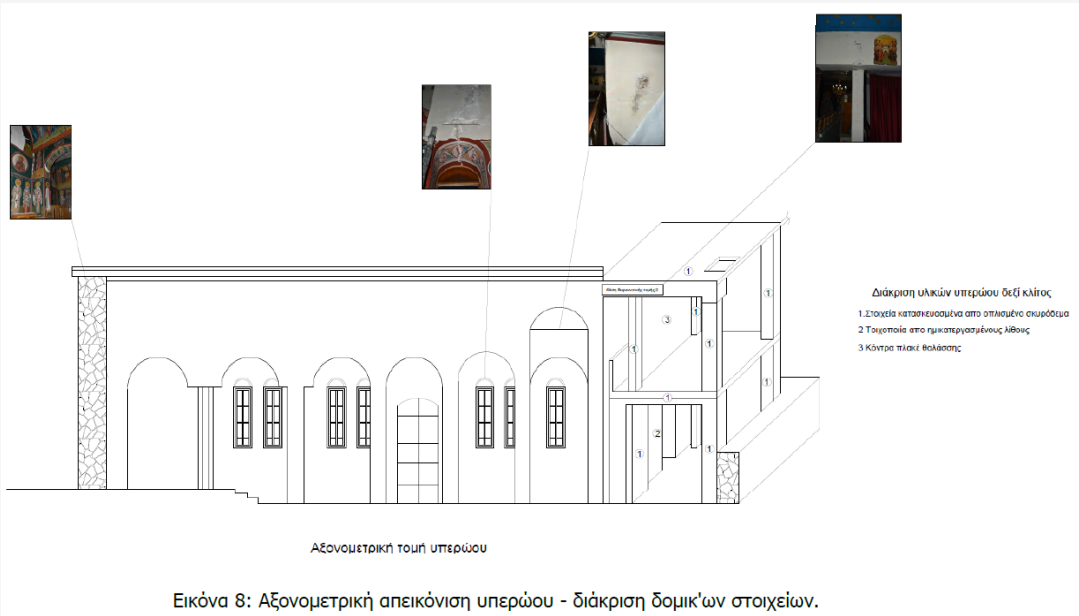
Εικόνα 6: Φάσεις κατασκευής - Α φάση :1966, Β φάση:1999

Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος

Τεκμηρίωση Δόμησης



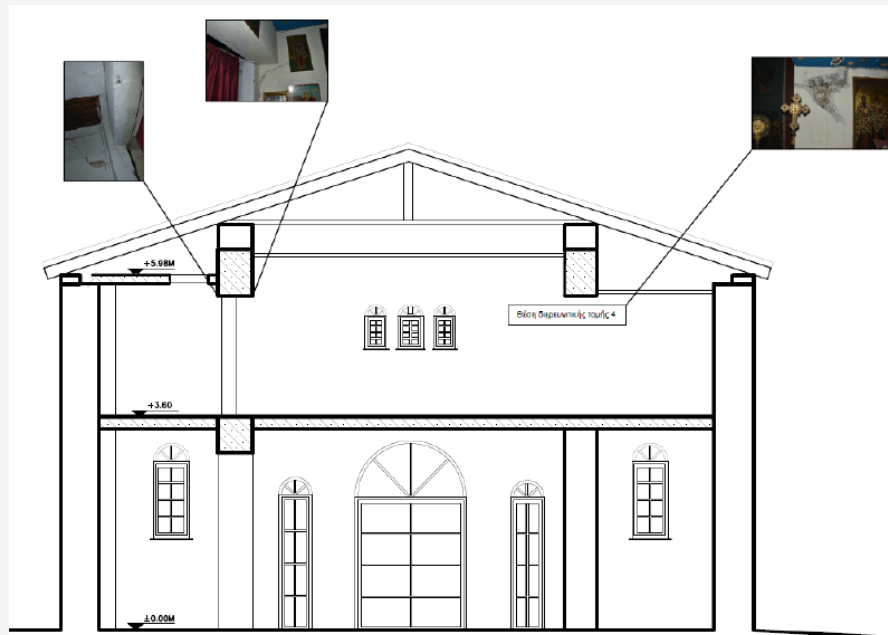
Εικόνα 7: Τεκμηρίωση υλικών δόμησης και διάκριση δομικών στοιχείων



Εικόνα 8: Αξονομετρική απεικόνιση υπερώου - διάκριση δομικών στοιχείων.

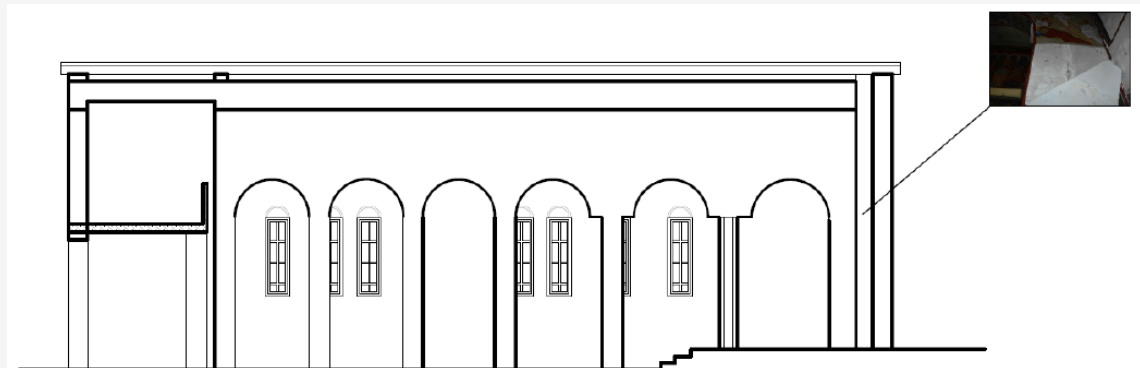
Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος

Τεκμηρίωση Δόμησης



ΤΟΜΗ Ε-Ε'

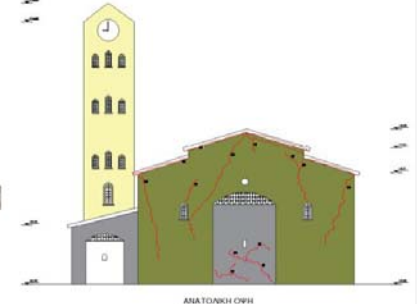
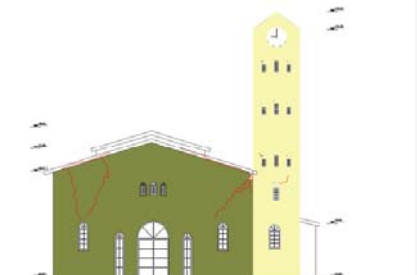
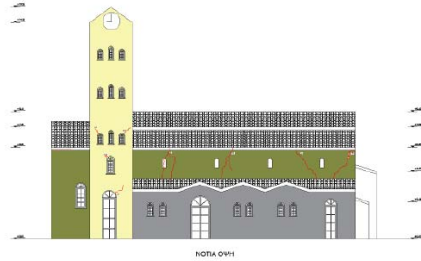
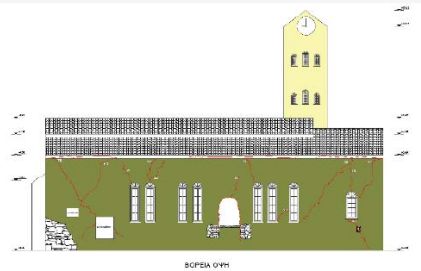
Εικόνα 9: Τομή ΕΕ' - Διάκριση δομικών στοιχείων.



ΤΟΜΗ Γ-Γ'

Εικόνα 10: Τομή ΓΓ', διάκριση δομικών στοιχείων.

Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Αποτύπωση Βλαβών – Φωτογραμμετρική Ανάλυση



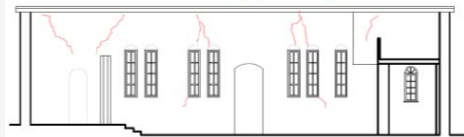
Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Σχέδια Βλαβών σεισμού 3ης & 4ης Μαρτίου 2021



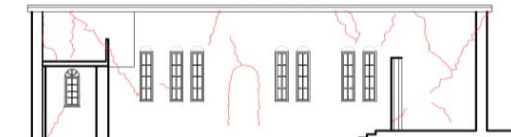
(α) Δυτική Όψη, διάταξη ρηγματώσεων σε εκτός επιπέδου κάμψη εσωτερικά



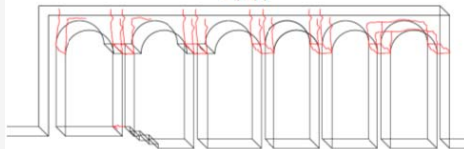
(β) Ανατολική Όψη, διάταξη ρηγματώσεων σε εκτός επιπέδου κάμψη, εξωτερικά



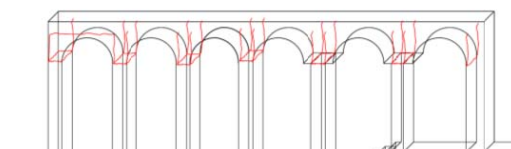
(γ) Εσωτερικές ρηγματώσεις λιθοδομής Νότιας Όψης



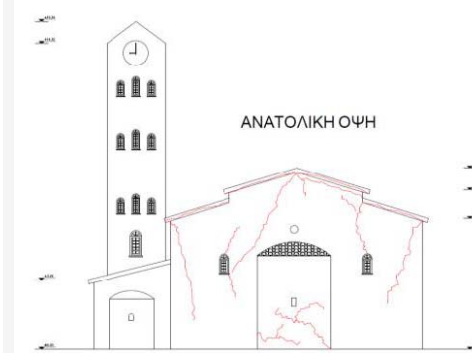
(δ) Εσωτερικές ρηγματώσεις Βόρειας Όψης



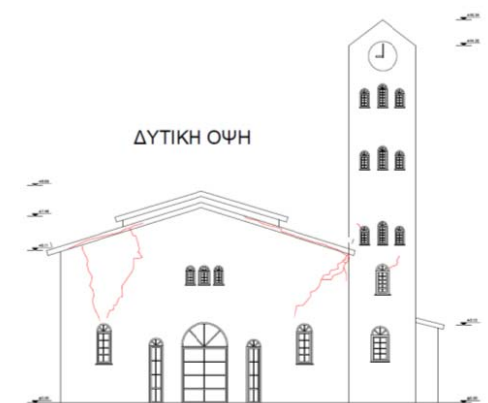
(ε) Βόρεια διάταξη τοξοστοιχίας – θέσεις ρηγματώσεων στις περιοχές της κεφαλής των υποστυλωμάτων, ολίσθηση στη περιοχή του ψυχρού αρμού.



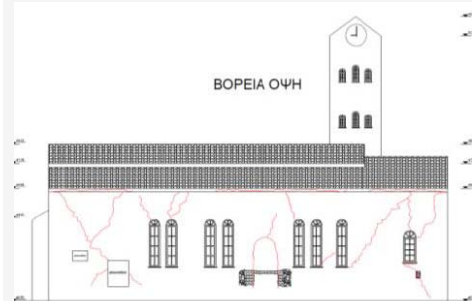
(στ) Βόρεια διάταξη τοξοστοιχίας – θέσεις ρηγματώσεων στις περιοχές της κεφαλής των υποστυλωμάτων, ολίσθηση στη περιοχή του ψυχρού αρμού.



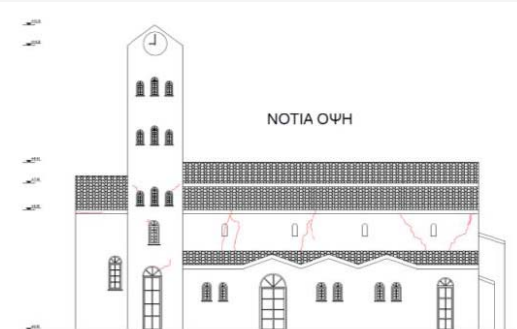
(ζ) Ρηγματώσεις εκτός επιπέδου Ανατολικής Όψης



(η) Εκτός επιπέδου ρηγματώσεις Δυτικής Όψης

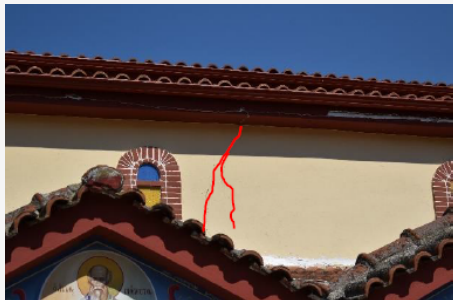


(θ) Εκτός επιπέδου ρηγματώσεις Βόρειας Όψης

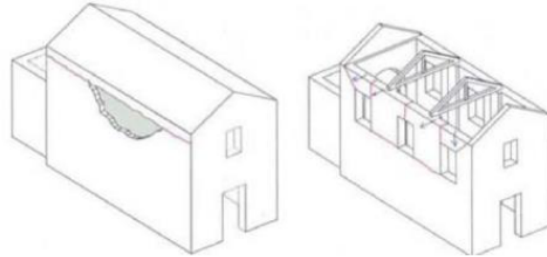


(ι) Εκτός επιπέδου ρηγματώσεις Νότιας Όψης

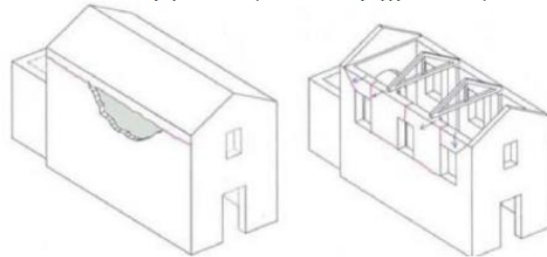
Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Βλάβες Φορέα λόγω του σεισμού 3^{ης} & 4^{ης} Μαρτίου 2021



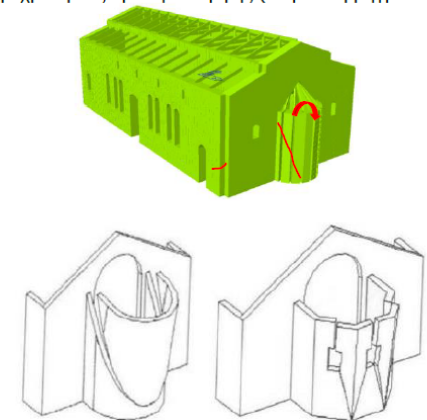
Νότια Όψη – Εκτός επιπέδου ρηγματώσεις



Νότια Όψη – Εκτός επιπέδου ρηγματώσεις



Εκτός επιπέδου ρηγματώσεις λιθοδομής ιερού. Εκτεταμένη αποδιοργάνωση λιθωμάτων – κονιάματος στη βάση του και μέχρι ύψους 1μ λόγω κάμψης (καμπτική ρηγματώση).



Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος

Μη καταστροφικοί και Εργαστηριακοί έλεγχοι Υλικών



Εικόνα 13: Φωτογραφική τεκμηρίωση μετρήσεων με υπερήχους στα υποστυλώματα των τοξοστοιχιών.



(γ)

(δ)

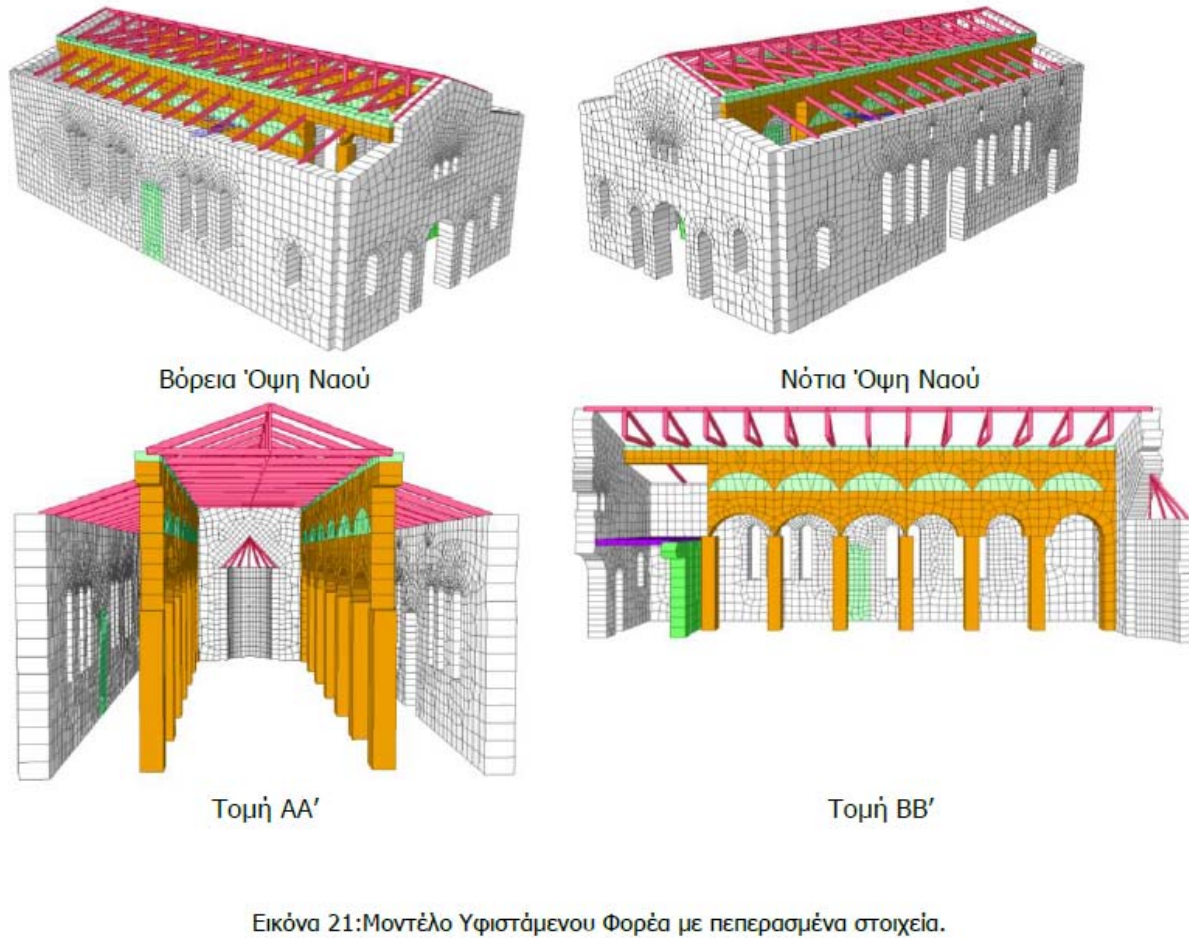


(ε)

(στ)

A/A δοκμίου	Ύψος κορμού (mm)	Ρ _{αστοχίας} (N)	Εμβαδό διατ. θραύσης (mm ²)	Εφελκυστική αντοχή f _{tm} (MPa)	Θλιπτική αντοχή f _{mc} (MPa)*
K1	167	-	396.22	-	-
K2	156	140.6	606.22	0.23	1.38
K3	155	173.7	337.73	0.51	3.06
K4	161	170.8	592.77	0.29	0.87
K5	155	32.0	241.31	0.13	0.78
K6	152	93.4	527.28	0.18	1.08
K7	160	93.55	290.41	0.32	1.92

Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Μοντελοποίηση Υφιστάμενου Φορέα



Εικόνα 21: Μοντέλο Υφιστάμενου Φορέα με πεπερασμένα στοιχεία.

Υλικό	E (MPa)		ν	Kg/m ³
	UNC	CR		
Λιθοδομή	1700	850	0.2	2100
Τοιχοποιία από συμπαγείς πλίνθους	1900	950	0.2	1800
Σκυρόδεμα C12/15	2.7085x10 ⁴	SR	0.2	2500
Σκυρόδεμα C16/20	2.8607x10 ⁴	SR	0.2	2500
Σκυρόδεμα C8/10	2.5 x10 ⁴	SR	0.2	2500

*SR: Λαμβάνεται συντελεστής μειώσης δυσκαμψίας 50%

Πίνακας 7: Ιδιότητες Υλικών Μοντέλου.

Δομικό Στοιχείο	Τύπος στοιχείου	Διαστάσεις
Τοξωτά δοκάρια Ο/Σ	shell	55cm – γεωμετρία επιφανειακού
Υποστυλώματα Ο/Σ	1-D Γραμμικά	50X50 – ορθογωνική διατομή
Λιθοδομή 70cm	shell	70cm
Λιθοδομή 55cm	shell	55cm

Πίνακας 8: Γεωμετρικά δεδομένα στοιχείων μοντέλου.

Ερήμην τιμές από Ευρωκώδικα 8 μέρος 3:

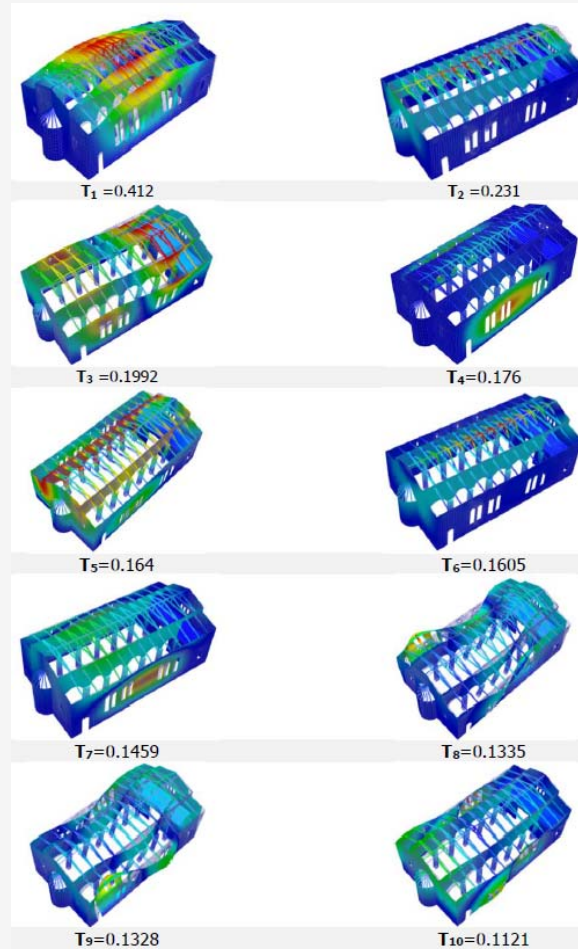
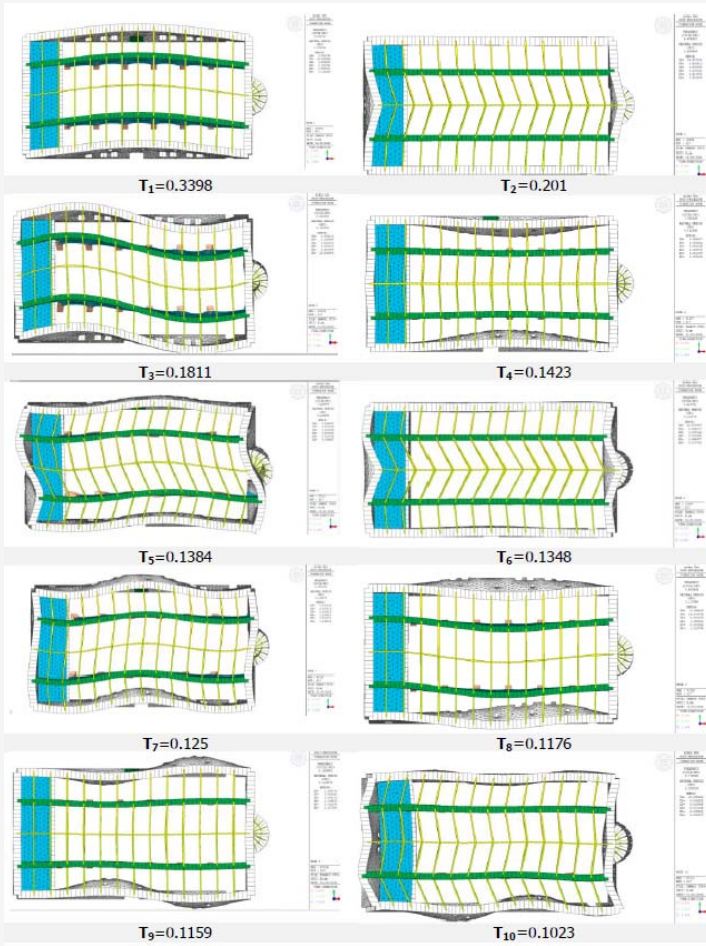
Το αναμενόμενο Μέτρο Ελαστικότητας για τις λιθοδομές του Ναού είναι E=1080MPa, μικρότερο δηλαδή από αυτό που υπολογίστηκε. Η τιμή αυτή δεν θα χρησιμοποιηθεί, ωστόσο για λόγους πληρότητας αναφέρεται στη παρούσα Τεχνική Έκθεση.

Type of masonry	f [MPa]	f _t [MPa]	f _{td} [MPa]	E [MPa]	G [MPa]	w [kN/m ³]
Irregular stone masonry	mean	1.5	0.039	-	870	290
	c.o.v.	0.29	0.24	-	0.21	0.21
Roughly cut stone masonry, with wythes of irregular thickness	mean	2.5	0.065	-	1230	410
	c.o.v.	0.20	0.19	-	0.17	0.17
Uncut stonework with good texture	mean	3.2	0.097	-	1740	580
	c.o.v.	0.19	0.14	-	0.14	0.14
Masonry of irregular soft stone blocks	mean	1.8	0.052	-	1080	360
	c.o.v.	0.23	0.14	-	0.17	0.17
Regular masonry of soft stone blocks	mean	2.6	-	0.145	1410	470
	c.o.v.	0.23	-	0.31	0.15	0.15
Squared stone masonry	mean	7.0	-	0.220	2800	860
	c.o.v.	0.14	-	0.14	0.14	0.09
Solid brick masonry and lime mortar	mean	3.4	0.114	0.160	1500	500
	c.o.v.	0.26	0.21	0.21	0.20	0.20
Semisolid brick masonry with cement-lime mortar (perforations< 40%)	mean	6.5	-	0.280	4550	1138
	c.o.v.	0.24	-	0.14	0.24	0.24

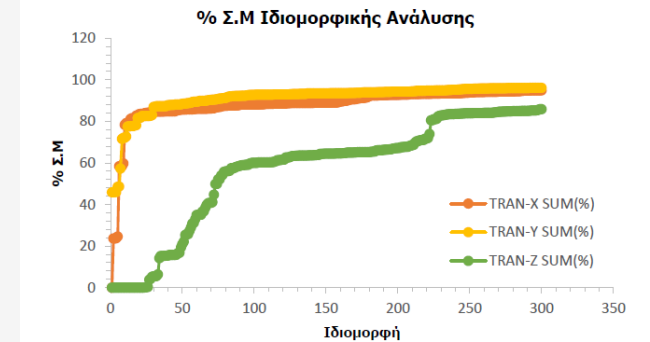
Πίνακας 9: Ερήμην τιμές αντοχών και μέτρου ελαστικότητας Λιθοδομών - Τοιχοποιιών κατα Ευρωκώδικα 8 μέρος 3.

Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος

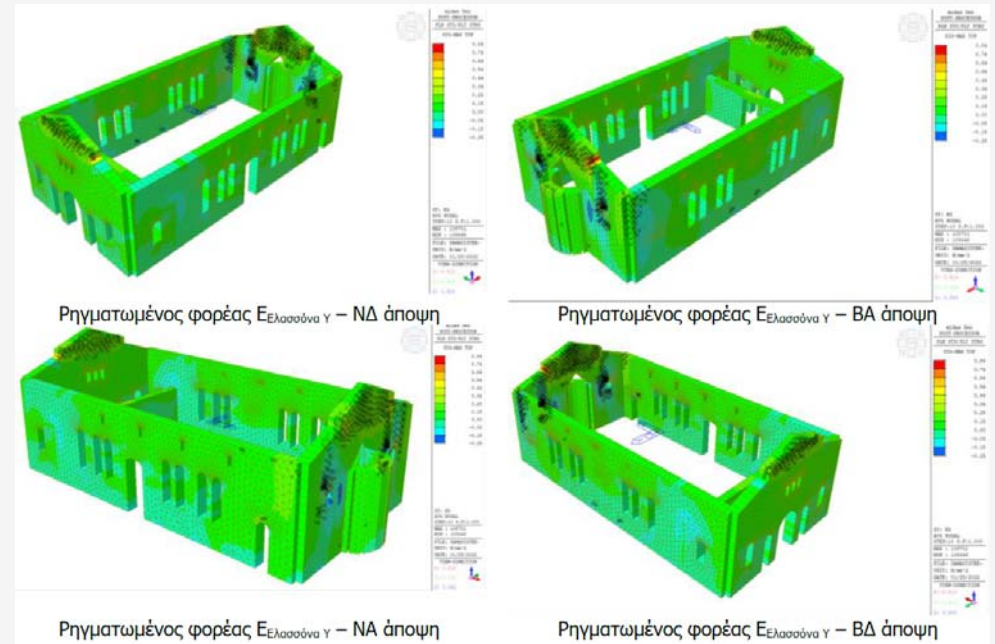
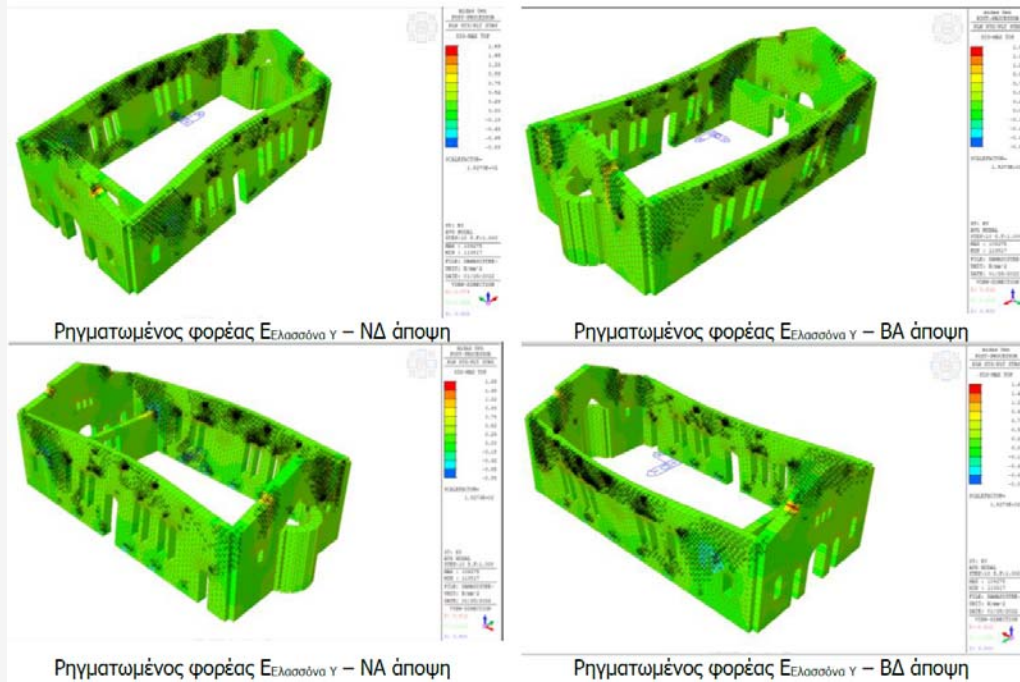
Ιδιομορφική Ανάλυση Υφιστάμενου Φορέα – Midas Gen & Scada Pro



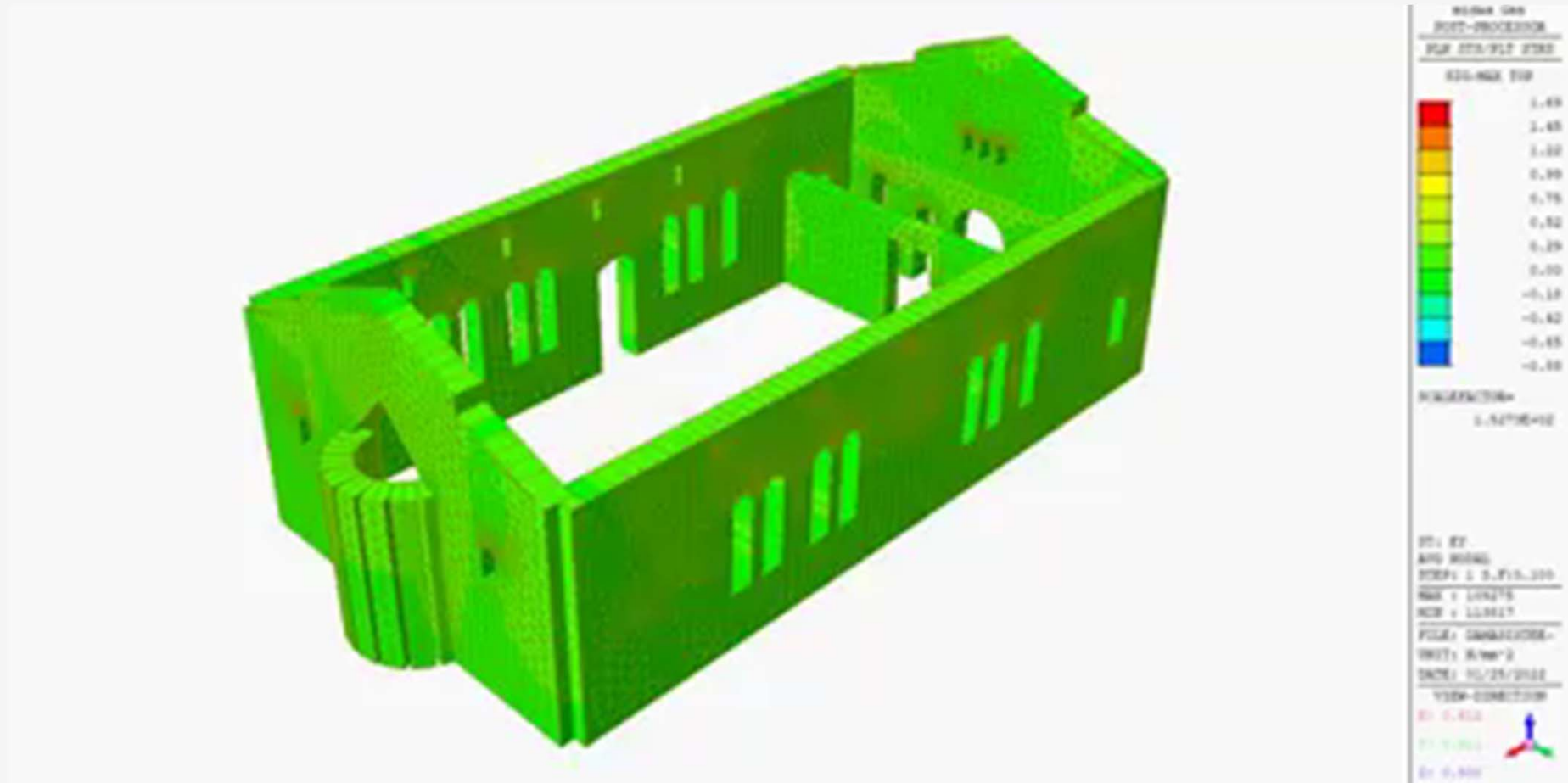
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.0001	0.0001	45.8644	45.8644	0	0
2	23.6575	23.6576	0	45.8644	0.0001	0.0001
3	0.004	23.6616	0.143	46.0074	0	0.0001
4	0.0649	23.7265	0.0004	46.0078	0.0032	0.0033
5	0.8446	24.571	2.6014	48.6092	0	0.0033
6	33.8479	58.4189	0.0601	48.6693	0	0.0033
7	0	58.4189	8.607	57.2763	0	0.0033
8	0.0465	58.4654	14.3738	71.6501	0	0.0033
9	1.2948	59.7602	0.4929	72.143	0.0002	0.0035
10	18.6956	78.4558	0.0063	72.1493	0.0193	0.0228



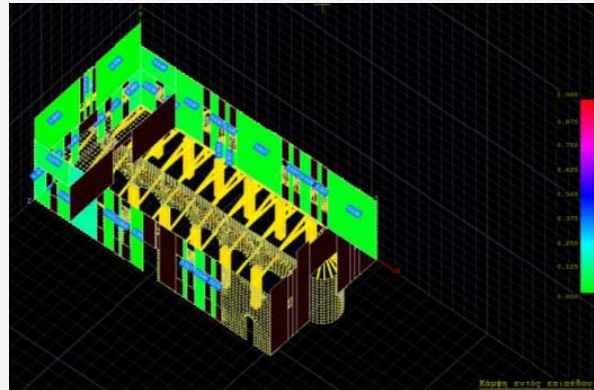
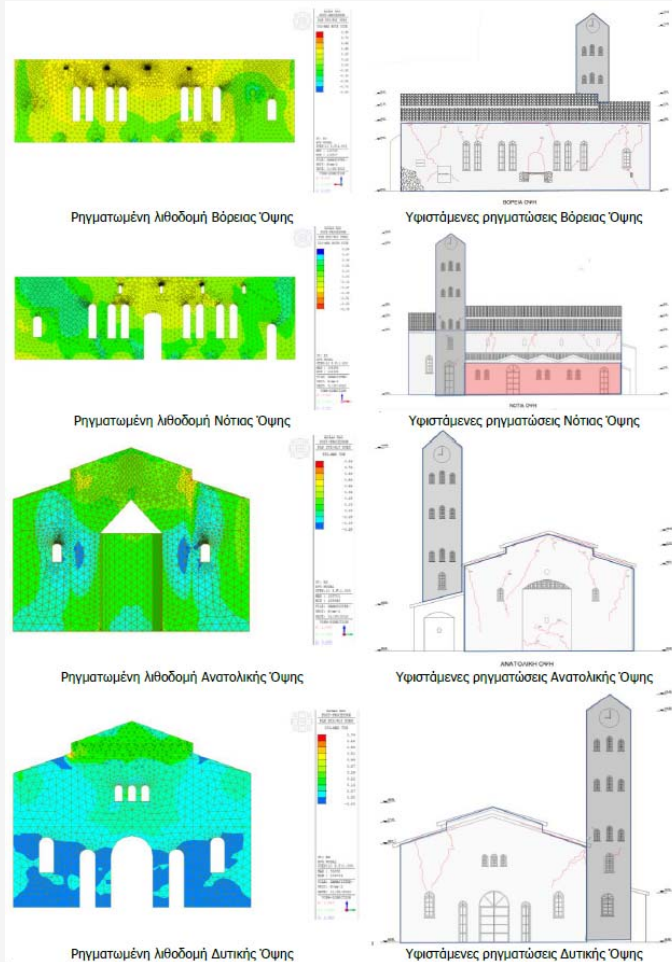
Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Μη Γραμμική Ανάλυση Midas Gen – Μοντέλο Pande



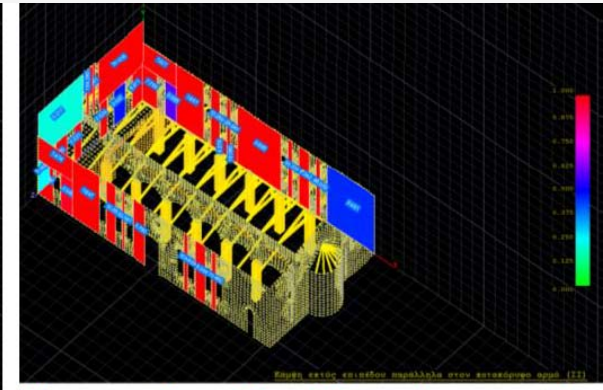
Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος
Μη Γραμμική Ανάλυση Midas Gen – Μοντέλο Pande



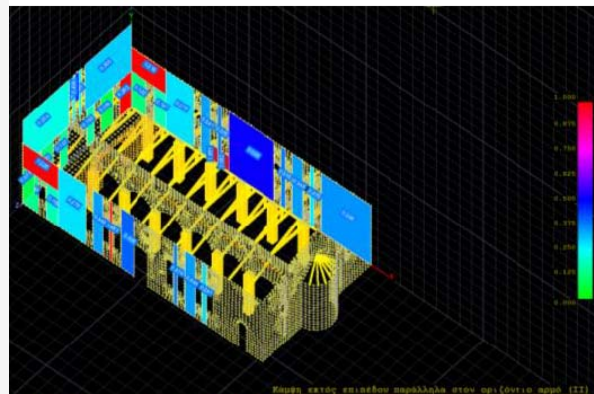
Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Έλεγχος Επάρκειας Δομικών Στοιχείων



Κάμψη εντός επιπέδου- Υπάρχουν στοιχεία σε αστοχία (Ενίσχυση τοπικά με οπλισμό σε εγκοπές).

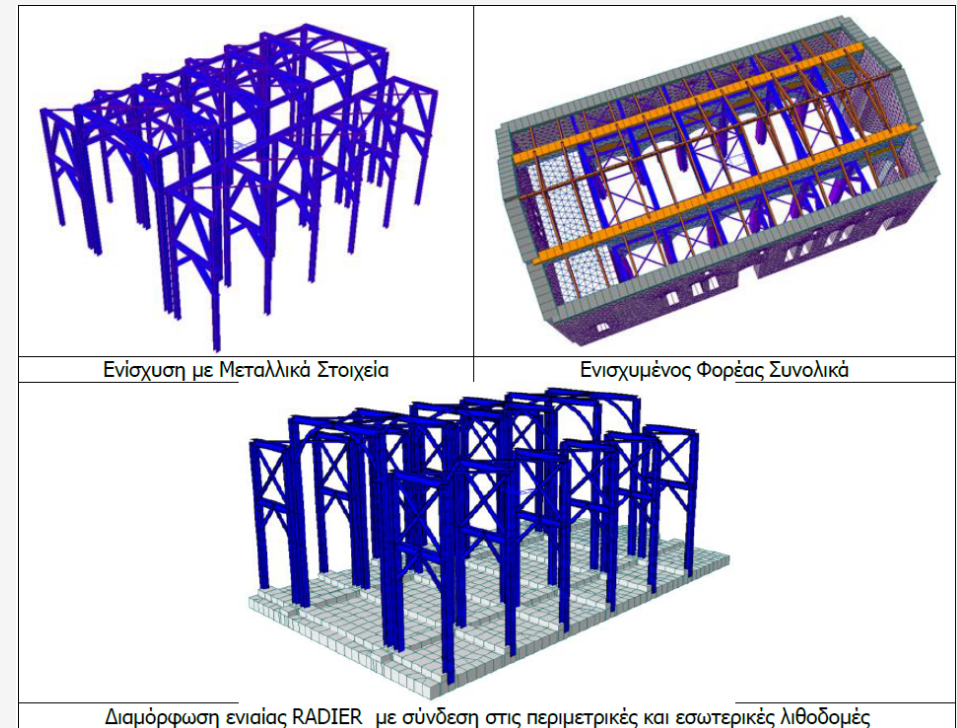
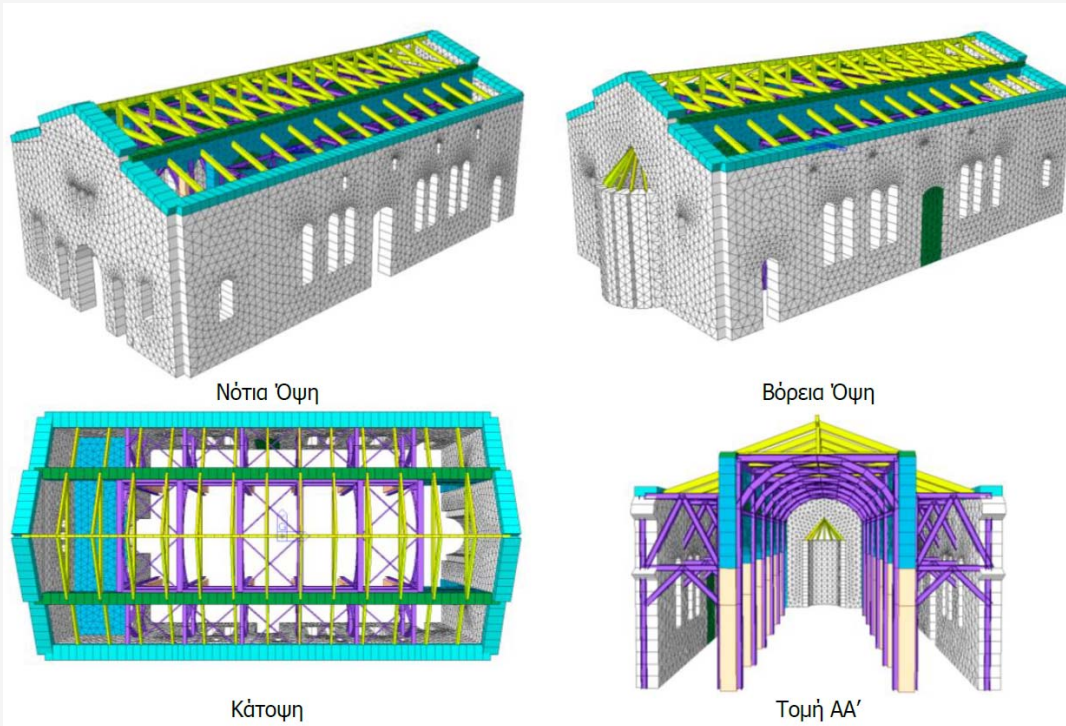


Κάμψη εκτός επιπέδου // Κατακόρυφο αρμό – Υπάρχουν στοιχεία σε αστοχία (ενίσχυση τοπικά με οπλισμό σε εγκοπές).



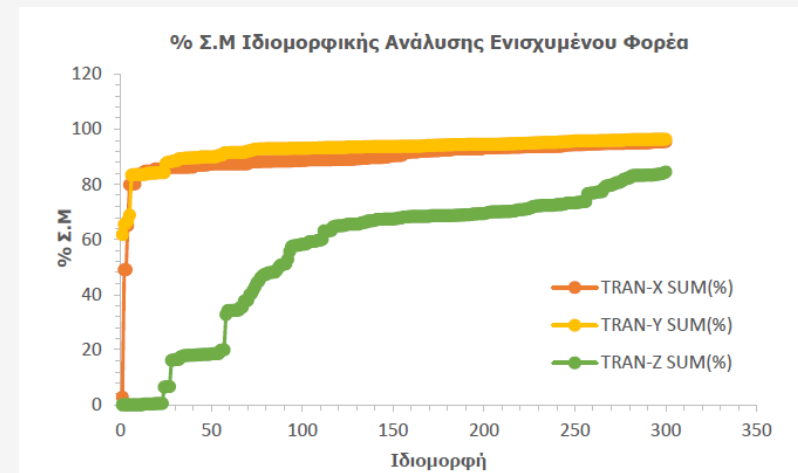
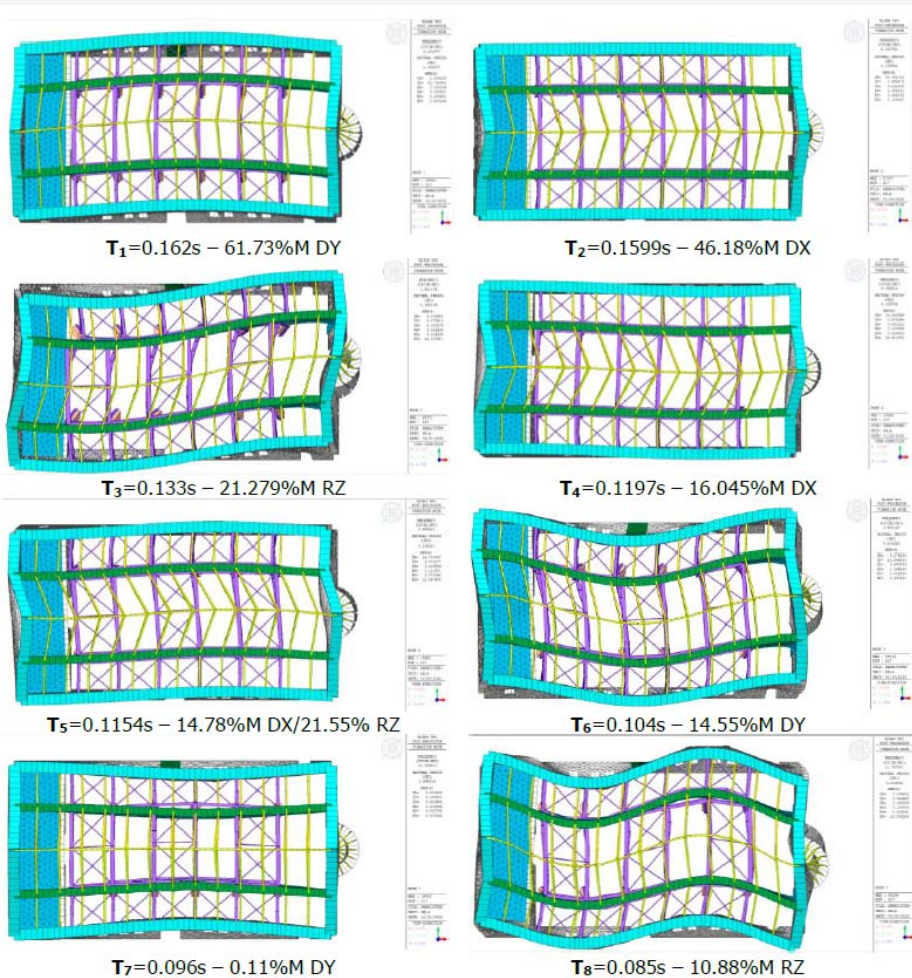
Κάμψη εκτός επιπέδου // Οριζόντιο αρμό – Υπάρχουν στοιχεία σε αστοχία (ενίσχυση τοπικά με οπλισμό σε εγκοπές).

Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Ενίσχυση Φορέα με Πρόσθετα Μεταλλικά Στοιχεία



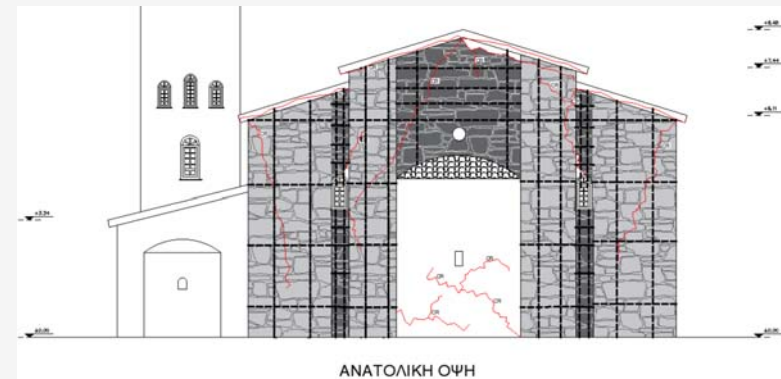
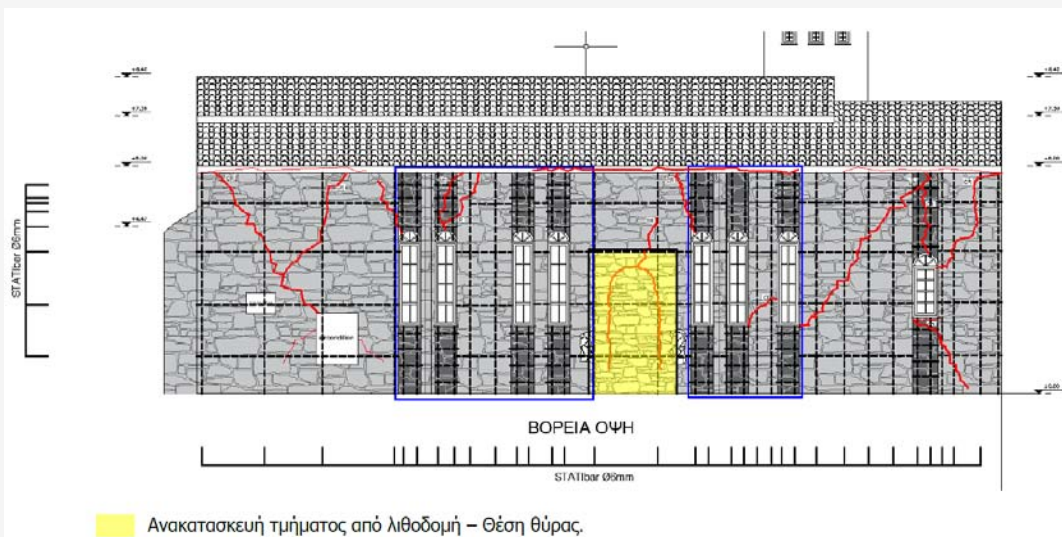
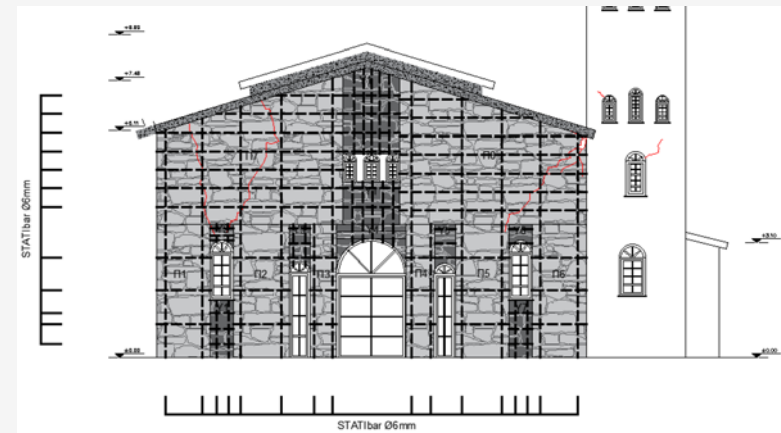
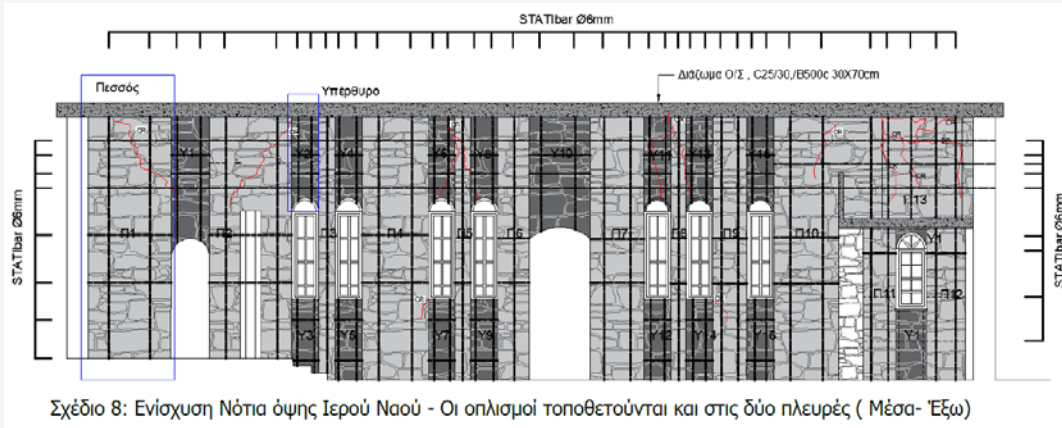
Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος

Ιδιομορφική Ανάλυση Ενισχυμένου Φορέα



Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	2.8593	2.8593	61.7308	61.7308	0	0
2	46.1811	49.0404	3.6655	65.3963	0.0018	0.0018
3	0.0086	49.0489	0.6758	66.0721	0.0001	0.0019
4	16.0425	65.0915	0.6793	66.7514	0.0013	0.0032
5	14.7849	79.8764	2.0763	68.8276	0.0005	0.0037
6	0.2763	80.1527	14.5465	83.3742	0	0.0037

Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Δαμάσι – Τύρναβος Σχέδια Ενισχύσεων – Εφαρμογή οπλισμών σε εγκοπές



Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Παλαιόκαστρο Ελασσόνας

Ο Άγιος Νικόλαος στο Παλαιόκαστρο Ελασσόνας πρόκειται για ένα ναό του 1888 σύμφωνα με την λιθανάγλυφη επιγραφή που βρίσκεται εντοιχισμένη στο κωδωνοστάσιο στην νότια όψη. Βρίσκεται νότια του χωριού σε απόσταση δεκατεσσάρων χιλιομέτρων από τη Ελάσσονα.



Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Παλαίικαστρο Ελασσόνας

Καταγραφή Βλάβών – Εφαρμογή UAV DJI Matrice 300 RTK



Δυτική Όψη Ναού:

Καταγραφή βλαβών με high resolution grid (Zenmuse – DJI Matrice 300)

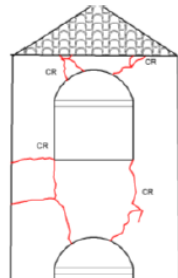


Καμπαναριό – Δυτική Όψη:

Καμπτικές ρηγματώσεις στο υπέρθυρο

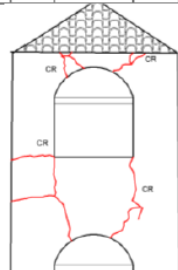
Διατμητική ολίσθηση στη βάση του πεσσού

Βλάβη Γ



Διατμητική ολίσθηση στη βάση του πεσσού

Βλάβη Γ



Ανατολική Όψη Κωδωνοστασίου

Διατμητικές ρωγμές στο υπέρθυρο του τόξου

Εφελκυστικές ρηγματώσεις στα άκρα του υπερθύρου-πεσσού

Βλάβη Γ



Βόρεια Όψη Ιερού Ναού

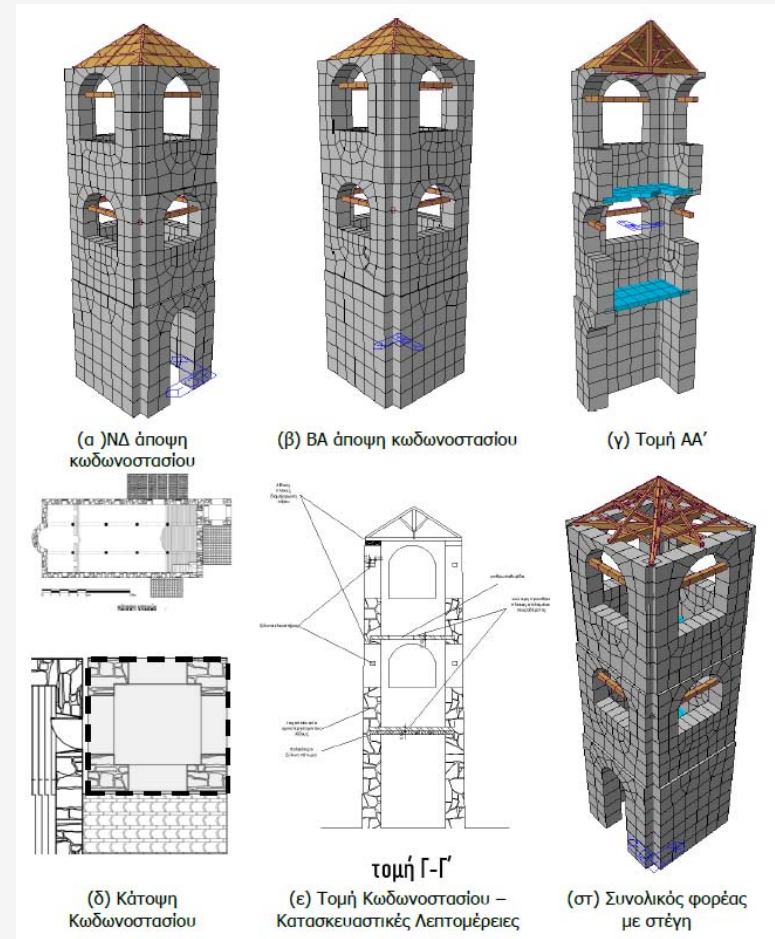
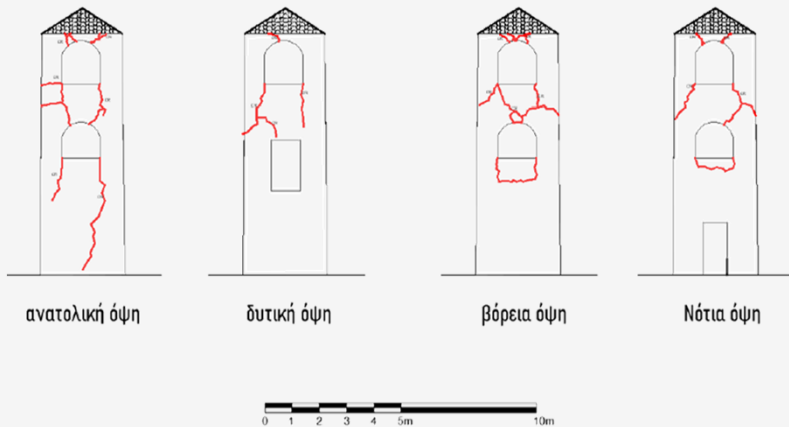
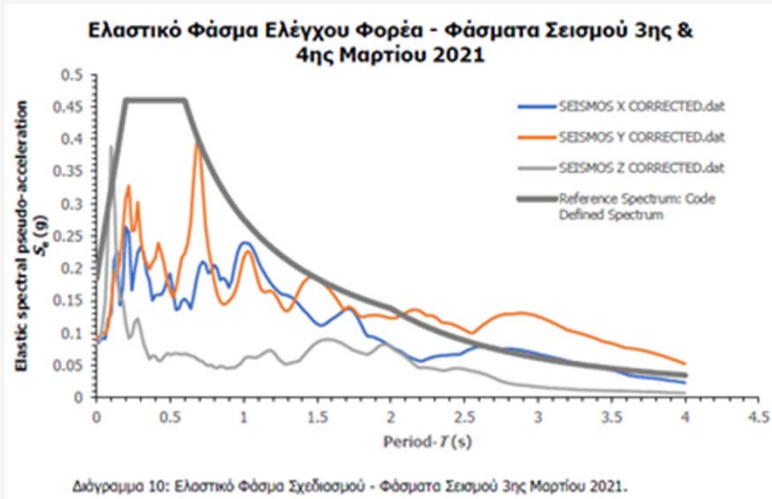


Βόρεια Όψη Κωδωνοστασίου

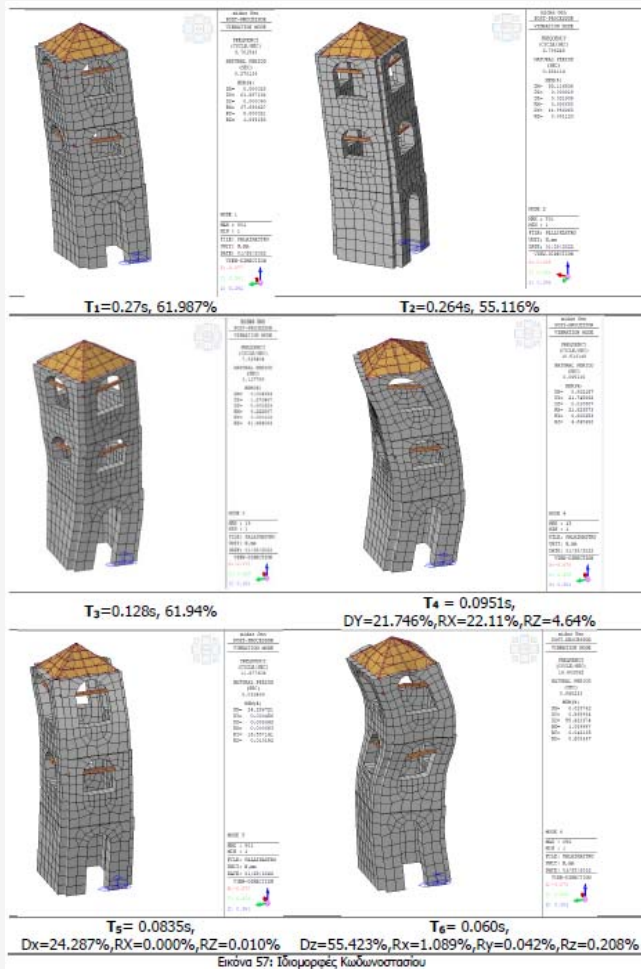
Διατμητικές ρηγματώσεις σε πεσσούς και υπέρθυρα

Βλάβη Δ

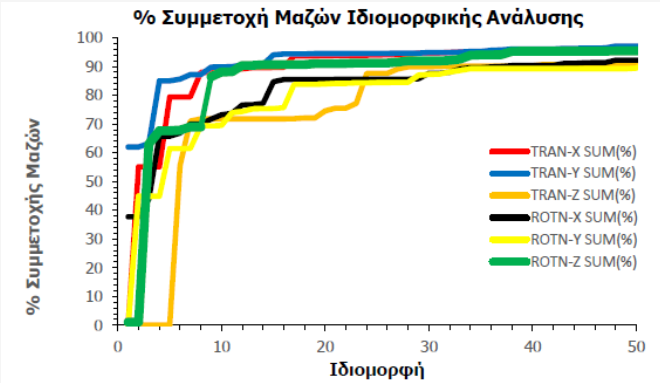
Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Παλαίκαстро Ελασσόνας Μοντελοποίηση Κωδωνοστασίου και Αποτύπωση Βλαβών



Ιερός Ναός Αγ. Νικολάου – Παλαίκαστρο Ελασσόνας Ιδιομορφική Ανάλυση Κωδωνοστασίου – Midas Gen



α/α	Συνδυασμοί Φορτίσεων
1	G+0.3Q
2	G+Q
3	G+0.3Q+EX+0.3EY
4	G+0.3Q+EX-0.3EY
5	G+0.3Q-EX+0.3EY
6	G+0.3Q-EX-0.3EY

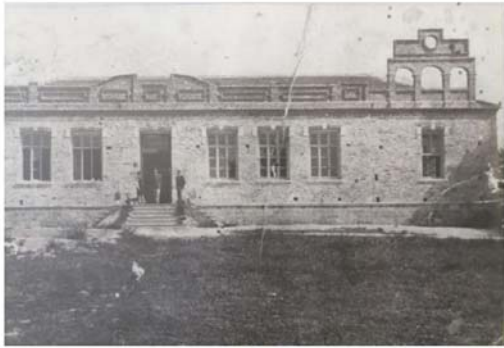


Διάγραμμα 9: & Συμμετοχής Μαζών Ιδιομορφών.

Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.00	0.00	61.97	61.97	0.00	0.00
2	55.16	55.16	0.00	61.97	0.02	0.02
3	0.01	55.16	1.17	63.14	0.00	0.02
4	0.00	55.17	21.82	84.96	0.01	0.03
5	24.17	79.33	0.00	84.96	0.00	0.04
6	0.03	79.36	0.53	85.49	56.11	56.15
7	0.00	79.36	1.58	87.07	14.84	70.98
8	8.59	87.95	0.01	87.07	0.71	71.69
9	0.00	87.95	2.69	89.76	0.02	71.71
10	0.03	87.98	0.02	89.79	0.00	71.71

Πίνακας 32: Πίνακας συμμετοχής μαζών ιδιομορφών.

Δημοτικό Σχολείο Φαλάνης Λάρισας



(β)

(α)

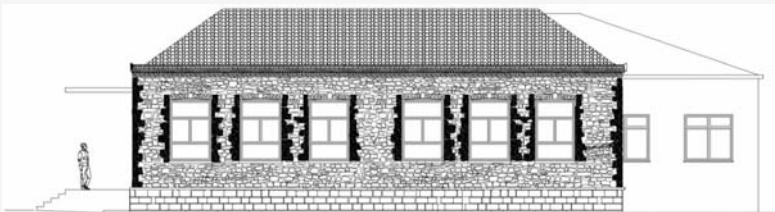
Εικόνα 1: (α) Ιστορική Φωτογραφία του Κτιρίου, (β) Πλάκα αναγραφής έτους κατασκευής.



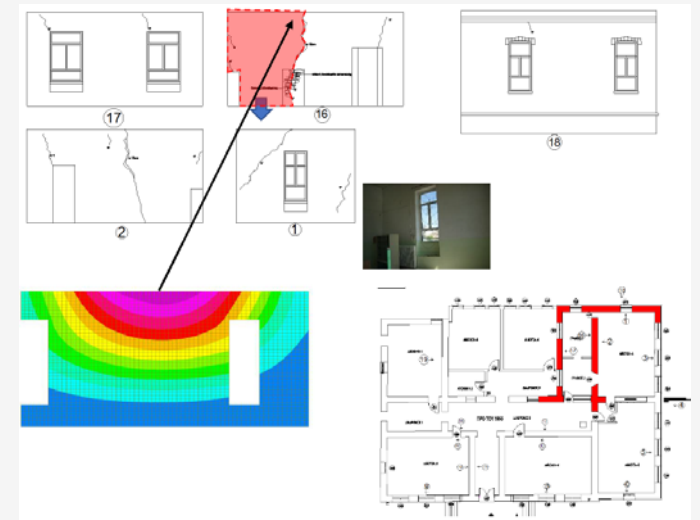
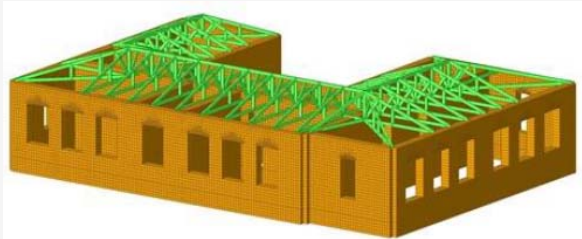
Εικόνα 6: Τομή ΑΑ'



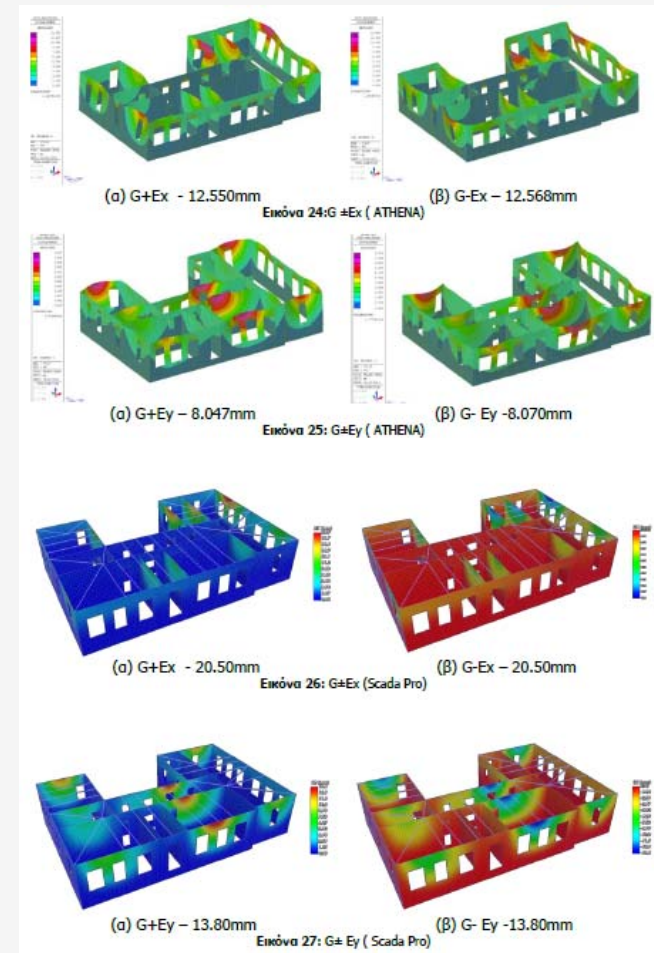
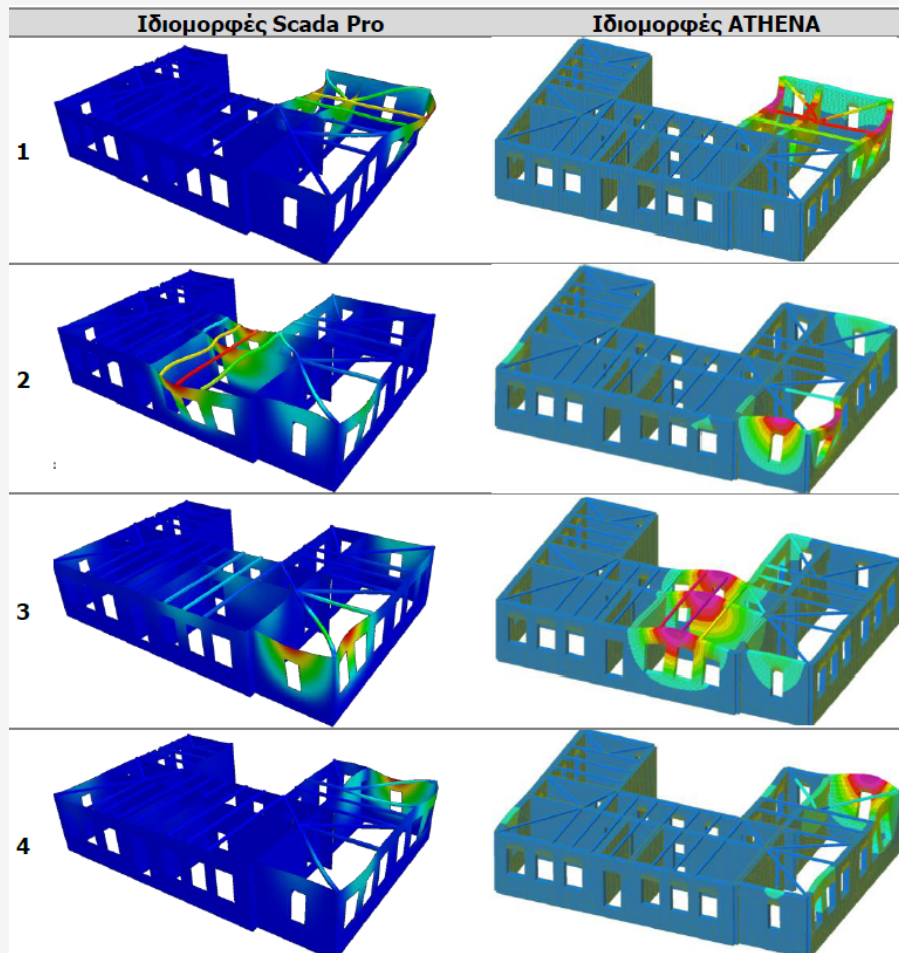
Εικόνα 7: Τομή ΒΒ'



Δημοτικό Σχολείο Φαλάνης Λάρισας- Μοντελοποίηση

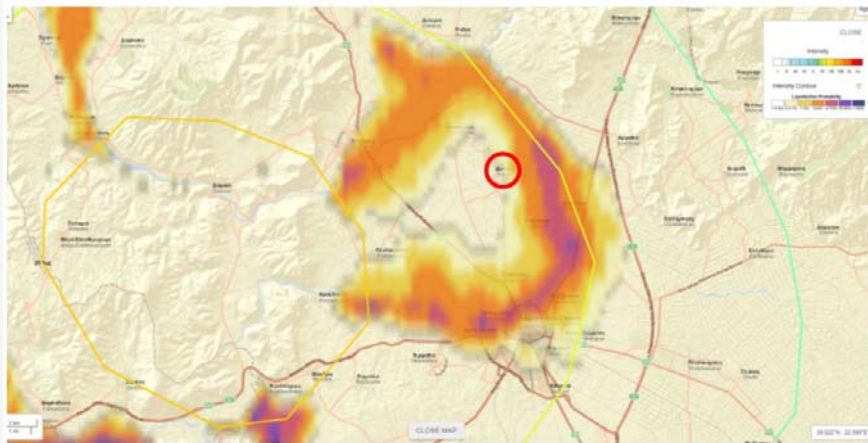


Δημοτικό Σχολείο Φαλάνης Λάρισας – Ιδιομορφική Ανάλυση

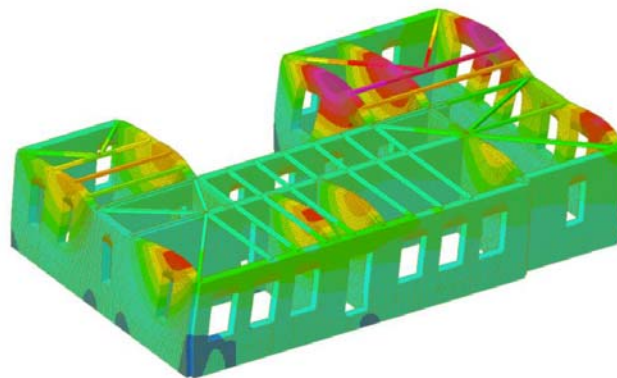
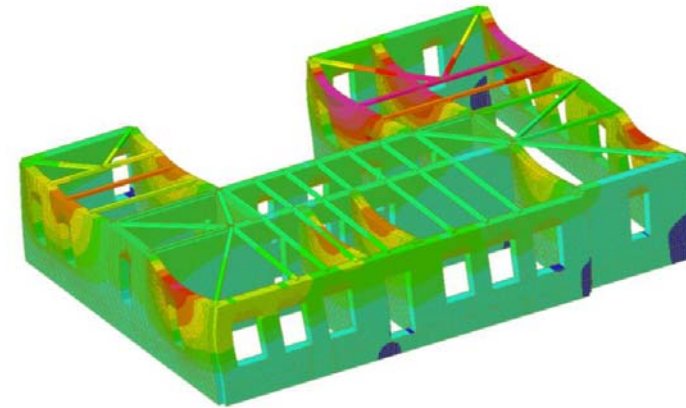
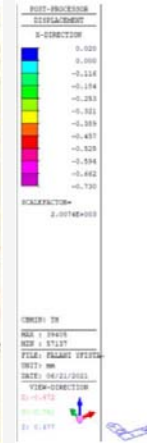


Δημοτικό Σχολείο Φαλάνης Λάρισας

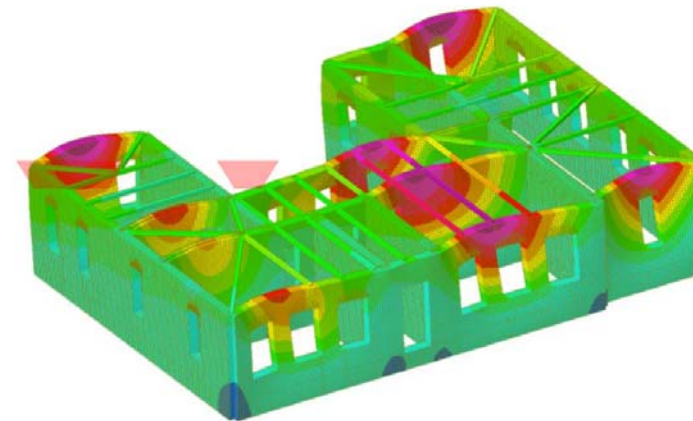
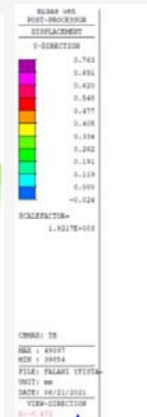
Ανάλυση Χρονοϊστορίας για τον σεισμό της 3^{ης} και 4^{ης} Μαρτίου 2021



Εικόνα 28: Δυνητικές Περιοχές με Ρευστοποιήσεις (Σεισμός Ελασσόνας)

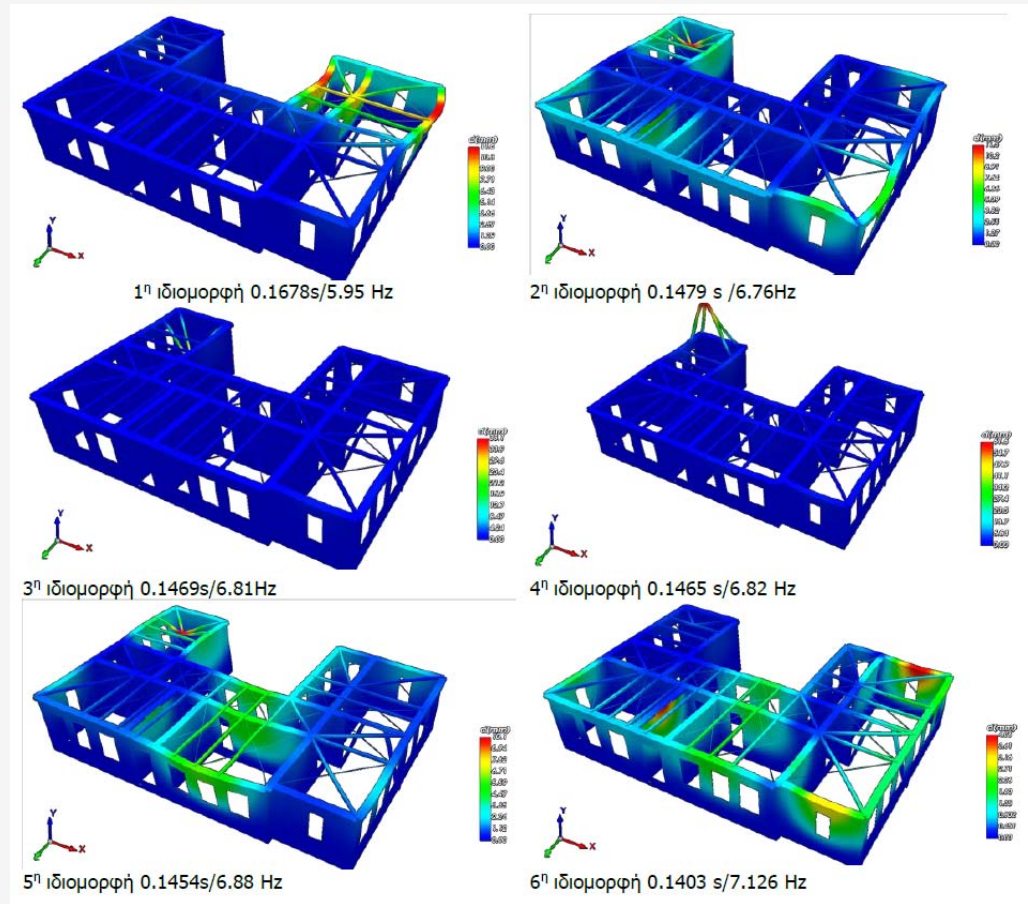
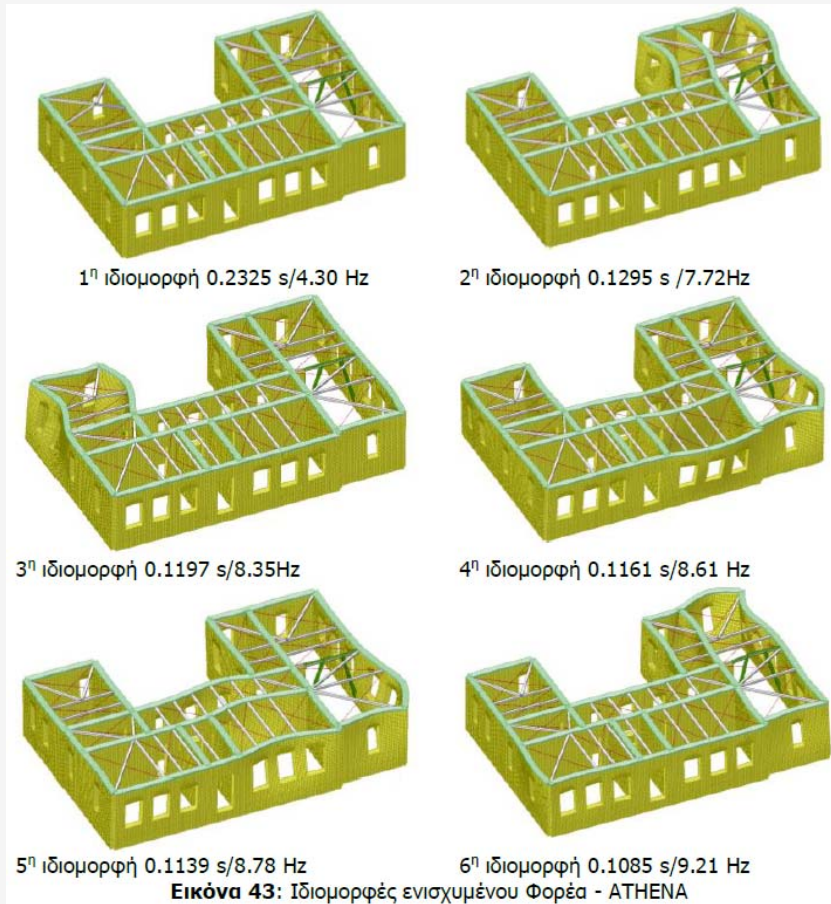


Εικόνα 29: Μέγιστες μετακινήσεις Χρονοϊστορίας σεισμού κατα X (+)



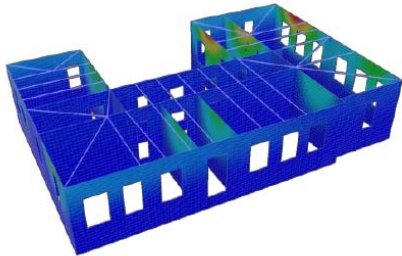
Δημοτικό Σχολείο Φαλάνης Λάρισας

Ιδιομορφική Ανάλυση Ενισχυμένου Φορέα

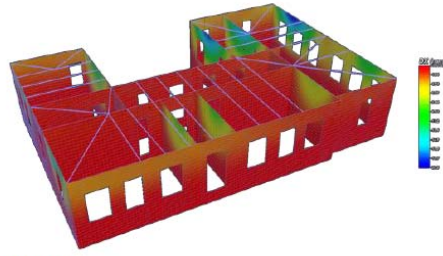


Δημοτικό Σχολείο Φαλάνης Λάρισας Μετακινήσεις Φορέα ΠΡΙΝ και ΜΕΤΑ τις Ενισχύσεις

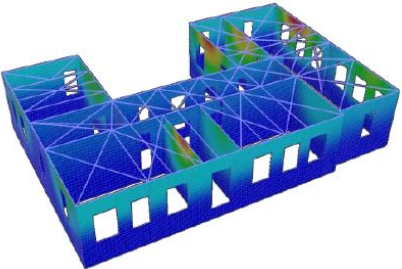
ΠΡΙΝ



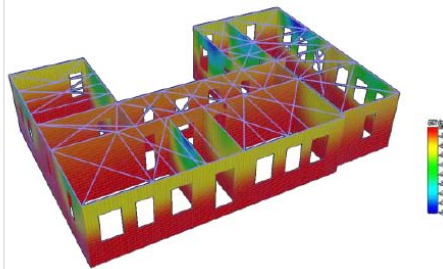
ΠΡΙΝ



ΜΕΤΑ



ΜΕΤΑ

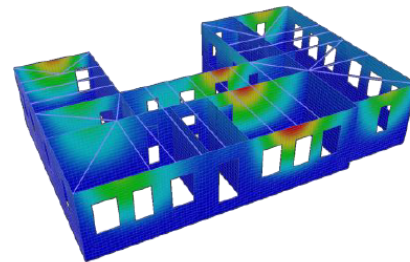


(α) G+Ex - ΠΡΙΝ:20.50mm, ΜΕΤΑ: 11.10mm

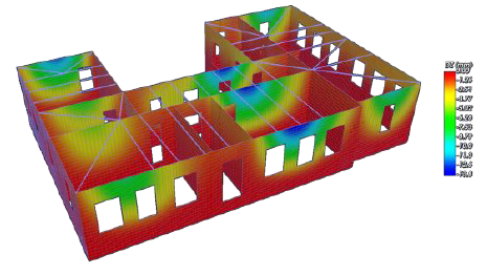
(β) G-Ex - ΠΡΙΝ:20.50mm, ΜΕΤΑ: 11.20mm

Εικόνα 47: G±Ex (Scada Pro)

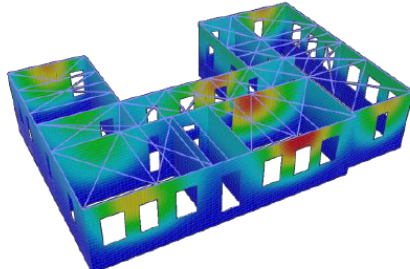
ΠΡΙΝ



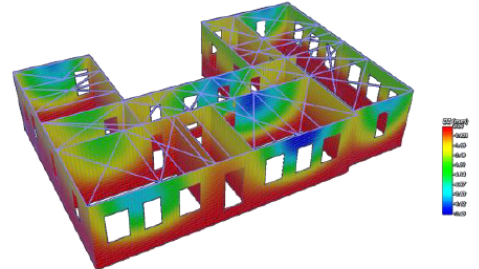
ΠΡΙΝ



ΜΕΤΑ



ΜΕΤΑ



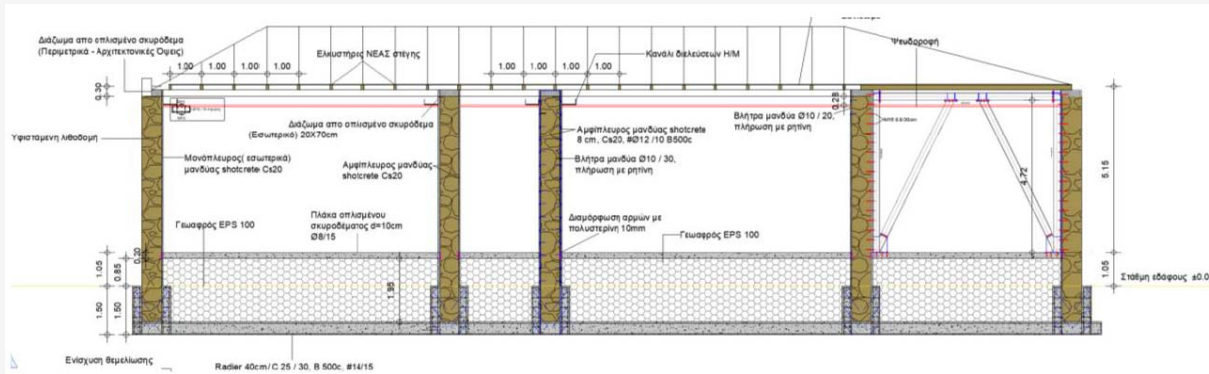
(α) G+Ey - ΠΡΙΝ:13.80mm, ΜΕΤΑ: 7.45mm

(β) G- Ey - ΠΡΙΝ:13.80mm, ΜΕΤΑ: 7.45mm

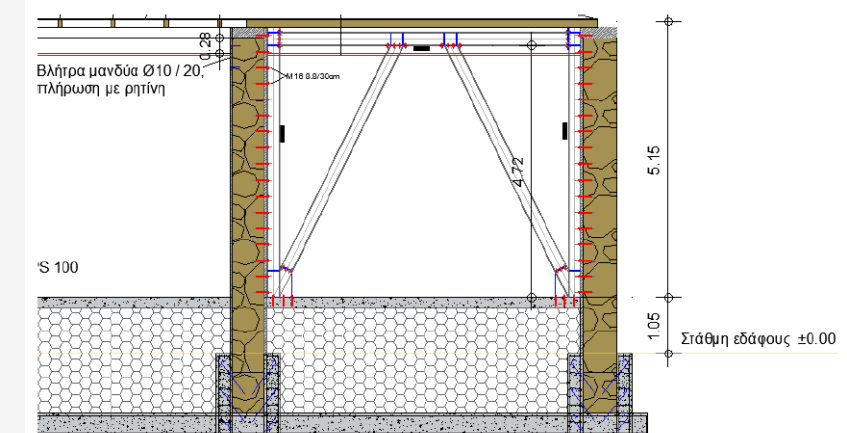
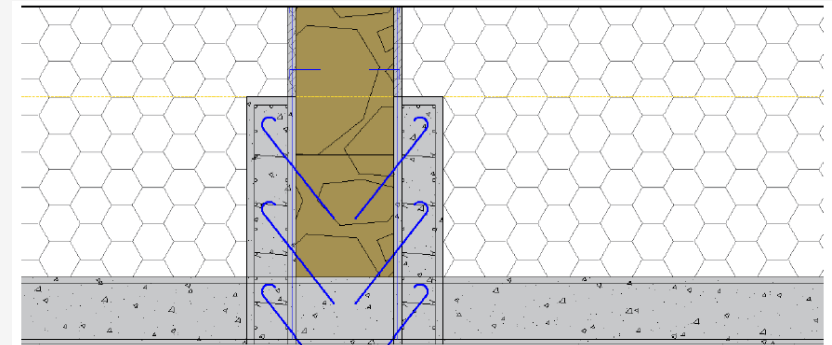
Εικόνα 48: G± Ey (Scada Pro)

Δημοτικό Σχολείο Φαλάνης Λάρισας

Σχέδια Ενισχύσεων Φορέα



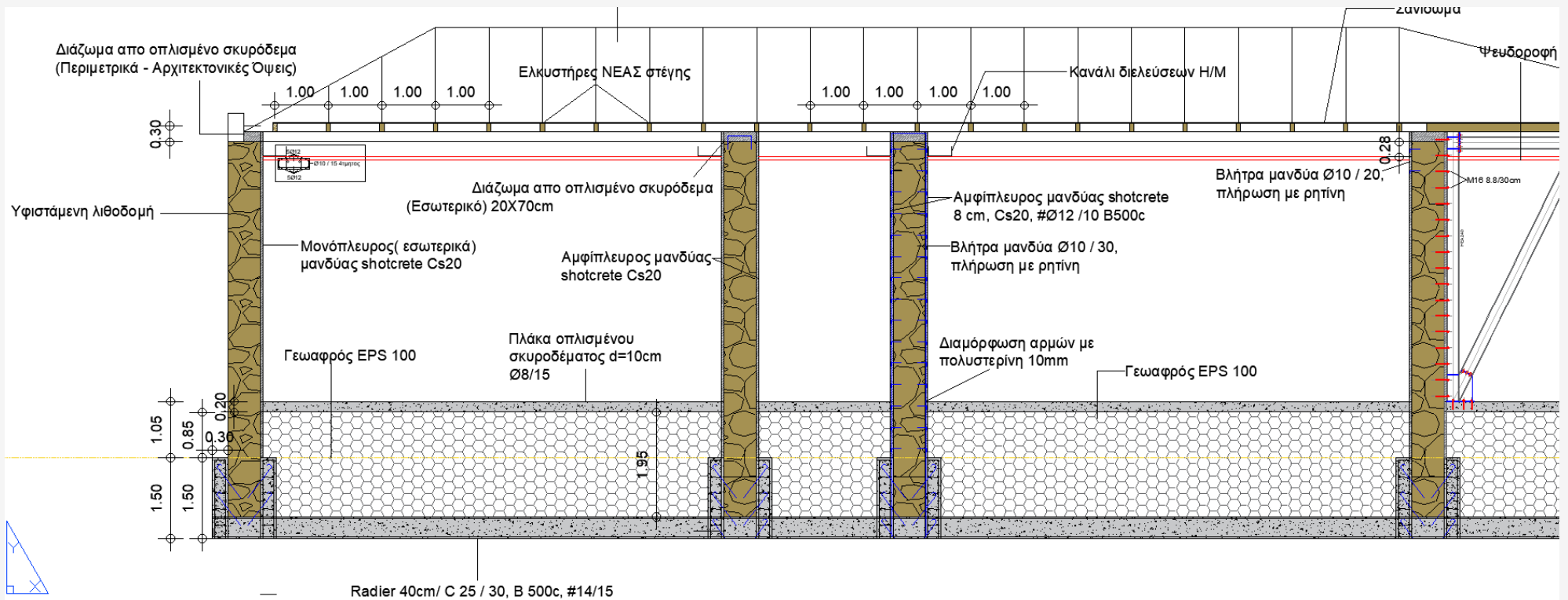
Εικόνα 51: Ενδεικτική Τομή ενισχυμένου φορέα (α) Ενίσχυση θεμελίωσης με πλευρικές υψίκορμες δοκούς και διαμόρφωση εσωτερικής γενικής κοιτόστρωσης πάχους 40cm. Πλήρωση ανισοσταθμίας θεμελίωσης με γεωαφρό EPS 100, (β) Διαμόρφωση ενισχύσεων με αμφίπλευρους και μονόπλευρους μανδύες εκτοξευόμενου σκυροδέματος, (γ) διαμόρφωση οριζοντίου διαζώματος από Ο/Σ, (δ) Πύκνωση ξύλινων ελκυστήρων στέγης με σανίδωμα, (ε) Τοποθέτηση δύσκαμπτου μεταλλικού πλαισίου.



Εικόνα 58: Ενδεικτική τομή σύνδεσης δύσκαμπτου μεταλλικού πλαισίου με τη λιθοδομή

Δημοτικό Σχολείο Φαλάνης Λάρισας

Σχέδια Ενισχύσεων Φορέα



ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ