

ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΙΑΚΩΒΑΤΕΙΟΥ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ ΛΗΞΟΥΡΙΟΥ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ – ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

Μεταπτυχιακός Φοιτητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΠΑ.Δ.Α., Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., Υπάλληλος ΙΔΟΧ Εφορείας Αρχαιοτήτων Κεφαλληνίας & Ιθάκης - Ελεύθερος Επαγγελματίας, petropoulos.ant@gmail.com

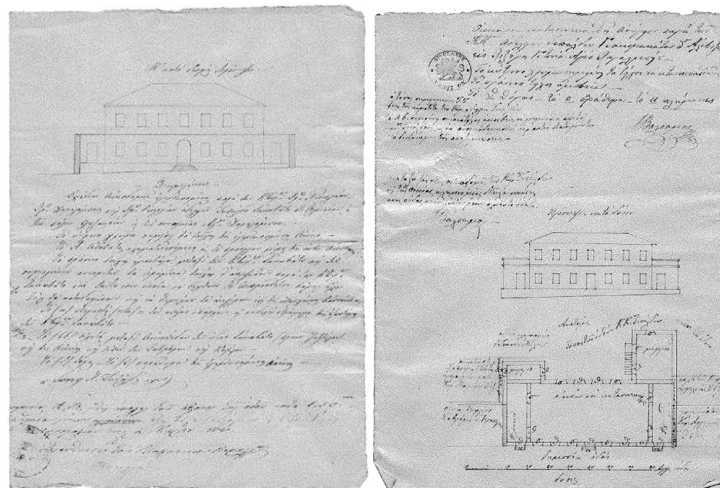
Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει στόχο την εφαρμογή του νέου Κανονισμού για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ) σε ένα διατηρητέο κτίριο με εμφανιζόμενη παθολογία. Επιλέχθηκε το παλιό κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης Ληξουρίου Κεφαλληνίας. Περιλαμβάνεται το ιστορικό πλαίσιο και το πως επηρέασε την εξέλιξη της αρχιτεκτονικής στην περιοχή, παρουσιάζει την εφαρμογή των διατάξεων των ελέγχων του ΚΑΔΕΤ, ενώ γίνεται χρήση της μεθόδου επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων για την αποτίμηση του κτιρίου. Αξιολογείται έτσι η εμφανιζόμενη παθολογία, αποτέλεσμα των σεισμών της Κεφαλονιάς (2014), διερευνώνται επεμβάσεις ενίσχυσης και συγκρίνονται οι ανεπάρκειες αρχικού και ενισχυμένου φορέα. Τέλος συγκρίνεται ο δείκτης επάρκειας-ανεπάρκειας του διενεργηθέντα δευτεροβάθμιου ελέγχου με αυτόν που προκύπτει από τις αναλυτικές επιλύσεις.

1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ιδιαίτερη σημαντική η κατανόηση του ευρύτερου ιστορικού πλαισίου, καθώς επηρεάζει βαθύτατα την αρχιτεκτονική. Ιδιαίτερα στην περιοχή της Κεφαλονιάς οι ιστορικές συγκυρίες διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της. Το νησί αποσχίστηκε πολύ νωρίς από το κορμό της Βυζαντινής αυτοκρατορίας, δεν γνώρισε πρακτικά τουρκικό ζυγό (17 χρόνια κατοχής), και από το 1500 έχει γνωρίσει εναλλαγές από δυτικούς κατακτητές (Ενετούς, Γάλλους, Άγγλους). Το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα το νησί βρίσκεται υπό ενετική επικυριαρχία. Το 1800 με τη συνθήκη της Κωνσταντινουπόλεως, ιδρύεται η «Ιόνιος Πολιτεία» το πρώτο ανεξάρτητο κράτος στον ελλαδικό χώρο. Μετά την σύντομη γαλλική κυριαρχία μεταξύ 1807-1809, η αγγλική κυριαρχία σταθεροποιείται, μετά την ήττα του Ναπολέοντα στο Βατερλό και το 1815 επισημοποιείται μέχρι το 1864, έτος ένωσης των Επτανήσων με την υπόλοιπη Ελλάδα.

Κατά τα χρόνια της αγγλικής επικυριαρχίας επιβλήθηκαν κανονισμοί οικοδόμησης και ψηφίστηκε διάταγμα τις 9/21 Αυγούστου του 1819, το οποίο επικυρώθηκε με την πράξη XVI της Γερουσίας τις 28 Μαρτίου 1820, το οποίο δημοσιεύθηκε στο φύλλο 121 της Gazzetta degli Stati Uniti delle Isole Ionie τις 10/22 Απριλίου 1820 [1]. Τη διαδικασία αυτή ακολούθησε και το υπό μελέτη κτίριο.

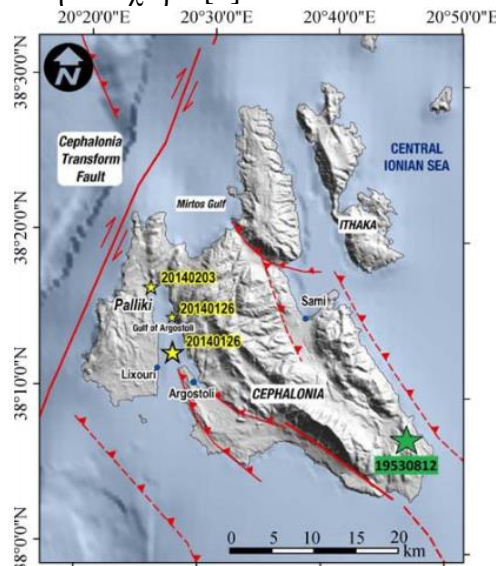


Σχήμα 1: Θεωρημένα σχέδια οικοδομής, 2 Μαρτίου 1866 (αριστερά) & σχέδιο οικοδομής (δεξιά)[2]

Επιπλέον η παρατηρούμενη υψηλότετη σεισμικότητα, από αρχαιοτάτων χρόνων, έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής της περιοχής. Η καταγεγραμμένη ιστορία των σεισμών αρχίζει μόλις το 1500μ.Χ. όχι επειδή δεν υπήρχαν συμβάντα, αλλά επειδή απουσίαζαν ιστορικοί και χρονογράφοι. Ενδεικτικά αναφέρονται οι Θουκυδίδης, Αριστοτέλης και Στράβωνας, οι οποίοι αναφέρθηκαν αχρονολόγητα σε ισχυρούς σεισμούς στο Ιόνιο, ενώ υφίστανται αναφορές και κατά τους βυζαντινούς χρόνους.

Κατά την εποχή κατασκευής του υπό μελέτη δομήματος μας, της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης Ληξουρίου είναι άξιοι αναφοράς τρεις μεγάλοι σεισμοί, καθώς επηρέασαν όχι μόνο την ιστορία του νησιού, αλλά και την αρχιτεκτονική του.

- Ο σεισμός του 1867 (4-2-1867), μεγέθους 7.2R του οποίου η ένταση παρατηρήθηκε στη χερσόνησο της Παλικής, όπου βρίσκεται στο Ληξούρι. (νεκροί 224, καταρρεύσεις 2612). [3]
- Ο καταστρεπτικότερος σεισμός του 1953 (12-8-1953) με μέγεθος 7.2R, ο οποίος αποτελεί ορόσημο για τους Κεφαλονίτες καλούμενος ως ο «μεγάλος σεισμός». Από σύνολο 33.300 κτιρίων στα τρία νησιά, καταστράφηκαν 27.659, σοβαρές βλάβες υπέστησαν 2.780 και ελαφρές 2.394. Άθικτα έμειναν μόνο 467 κτίρια. Μεγάλο ήταν το κόστος σε ανθρώπινες ζωές (455 νεκροί, 21 αγνοούμενοι και 2780 ελαφρά τραυματίες) [4]. Η τεράστια καταστροφή που προκάλεσε οδήγησε στη δημιουργία και εφαρμογή του πρώτου αντισεισμικού κανονισμού υποχρεωτικής εφαρμογής για ολόκληρη τη χώρα (Ελλάδα) με το ΒΔ 19/2/1959 (ΦΕΚ 36Α/26-02-1959) "Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων".
- Οι πιο πρόσφατοι σεισμοί του 2014, μεγέθους 6.1R και 6.0R (23-1 & 3-2-2014), οι οποίοι έπληξαν κυρίως το δυτικό τμήμα έπληξαν κυρίως το δυτικό τμήμα της Κεφαλονιάς, την περιοχή της Παλλικής, στην οποία βρίσκεται και η πόλη του Ληξουρίου, όπου βρίσκεται το κτίριο της μελέτης μας. Αξιοσημείωτη είναι η παρατηρούμενη εδαφική επιτάχυνση κατά το δεύτερο σεισμό, στο χωριό Χαβριάτα, ίση με 0.77g η οποία είναι η υψηλότερη που έχει καταγραφεί στον ελληνικό χώρο [5].



Σχήμα 2: Ρήγματα Κεφαλονιάς & επίκεντρα σεισμών 2014 (κίτρινο) & 1953 (με πράσινο) [6]

2. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Τα Ιόνια νησιά γνώρισαν την ώριμη Αναγέννηση μέσω της Ενετικής κατοχής επομένως μέσω της επιρροής της, ο κλασικισμός αποτελεί φυσιολογική εξέλιξη. Δείγματα αυτού παρουσιάστηκαν στο νησί, νωρίτερα και από την Αθήνα.

Η αρχιτεκτονική στην Κεφαλονιά χωρίζεται χρονολογικά σε τρεις περιόδους [7]:

α. Κατοικίες από τον 16^ο αιώνα έως και τα μέσα του 18^{ου} αιώνα. Οχυρωματική λογική, δεν σώζονται δείγματα τους, πάρα μόνο ερείπια, τα κύρια χαρακτηριστικά τους ήταν τα εξής:

- Όψεις λιτές χωρίς διακόσμηση
- Εξωτερικούς τοίχους διευρυμένους στη βάση τους, φαίνονται κεκλιμένοι («σκάρπα») για μεγαλύτερη αντοχή
- Πολεμίστρες στο ισόγειο για άμυνα
- Μικρά ανοίγματα, παράθυρα στον όροφο για ασφάλεια

β. Κατοικίες του δεύτερου μισού του 18^{ου} αιώνα, εποχή που το Αργοστόλι ορίζεται πρωτεύουσα της Κεφαλονιάς. Διακρίνεται ο αρχιτεκτονικός ρυθμός του Μπαρόκ που ακολουθείται, με πιο απλοποιημένα στοιχεία και πιο λιτή αισθητική, ορατά κυρίως στις διακοσμήσεις των ανοιγμάτων και στα αετώματα των στεγών. Δεν σώζονται δείγματα λόγω του σεισμού του 1953.



Σχήμα 3: Οικία κόντε Καίσαρα Μεταξά. Λιθόστρωτο Αργοστολίου [7]

γ. Κατοικίες του 19^{ου} αιώνα έως και τα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Διακρίνονταν σε κατοικίες:

- Των παλαιών αρχοντικών οικογενειών (χρυσοβιβλικών οικογενειών). Συνήθως διώροφες με μεγάλο όγκο (έως 5500m³), έχουν πολλά δωμάτια (<30) και φέρουν πλούσια διακόσμηση στις προσόψεις.
- Της εύρωστης ανώτερης τάξης των εμπόρων, εφοπλιστών, γιατρών, δικηγόρων κ.α. Παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τα αρχοντικά.
- Της οικονομικά και κοινωνικά ανερχόμενης μεσαίας τάξης. Μικρότερου μεγέθους με πιο λιτή διακόσμηση εσωτερικά και εξωτερικά.
- Της εργατικής τάξης και των αγροτών. Μικρές σε μέγεθος, μονώροφες, απλές και λιτές.

Το κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης Ληξουρίου, ανήκει στην δεύτερη κατηγορία. Επομένως οι εναλλαγές από την επικυριαρχία δυτικών κρατών και η υψηλή σεισμικότητα της περιοχής διαμόρφωσαν μια ιδιαίτερη σχετικά αρχιτεκτονική. Σε αυτά τα δεδομένα πρέπει να συμπεριληφθούν και τα διαθέσιμα οικοδομικά υλικά της περιοχής, αυτά αποτελούνταν κυρίως από ασβεστόλιθους (διαφορετικής σκληρότητας, αναλόγως της θέσης στο κτίριο, πχ σκληρότεροι για γωνιόλιθους, ανώφλια, κατώφλια κλπ), πωρόλιθους ως διακοσμητικό υλικό, πηλό, άμμο, ξυλεία (κυπαρίσσια & κεφαλληνιακή ελάτη). Ως συνδετικό υλικό χρησιμοποιούνταν ασβεστοκονίαμα με προσθήκη άμμου, σε πολυτελείς κατασκευές πρόσθεταν και πορσελάνη «πορτσολάνα», ενώ στις φτωχότερες κατασκευές χρησιμοποιούταν λάσπη από κοκκινόχωμα «κοκκινοπήλι» ή πηλός «γλίνα». Η οικονομική άνεση πολλών κατοίκων και η ενασχόληση τους με τη ναυτιλία και το εμπόριο, εξασφάλιζε και τη δυνατότητα εισαγωγής υλικών (σίδηρο, ξυλεία ανώτερης ποιότητας, εφραλωμένα πλακάκια «μαγιόλια»). Τέλος χρησιμοποιούνταν πηλός για την κατασκευή κεραμιδιών βυζαντινού τύπου.

Η μέθοδος κατασκευής δε, προσαρμόστηκε πλήρως στην υψηλή σεισμικότητα, οδηγώντας στην ενίσχυση των σημείων που υπόκεινται σε μεγαλύτερη καταπόνηση. Έτσι το πάχος των τοίχων κυμαινόταν από 0.50-0.70 μ. στο ισόγειο, και μειωνόταν ανά όροφο, ενώ οι γωνίες των κτιρίων και πλαίσια των ανοιγμάτων κατασκευάζονταν από λαξευμένη λιθοδομή. (μεγαλύτερη αντοχή-υψηλό κόστος). Τα ανοίγματα είχαν μικρό πλάτος και μεγάλο ύψος, ώστε αφενός να είναι μικρή η διάσταση που γεφυρώνεται και αφετέρου να είναι μικρότερο το βάρος. Βασική αρχή δόμησης αποτελεί η συμμετρία, που επιλεγόταν ως προς τον κατακόρυφο άξονα του κτηρίου για καλύτερη συμπεριφορά στις σεισμικές δυνάμεις. Όσον αφορά τη θεμελίωση, αναλόγως του εδάφους, κυμαίνονταν από 0.80 έως 1.00μ. Η «αντισεισμικές» τεχνικές εντοπίζονταν και σε λεπτομέρειες των κτιρίων, όπως τα ανώφλια, τα οποία κατασκευάζονταν από ξύλο (ελιά) λόγω μεγαλύτερης ελαστικότητας του. Το εσωτερικό ανοιγμάτων - ανακουφιστικό τόξο (ρεμενάτο) από πωρόλιθο ή από συμπαγή τούβλα, ενώ τα μεγάλα ανοίγματα (πορτόνια ή μόντζους) είχαν γεφύρωση με θολωτές καμάρες («τα βόλτα»), εξασφαλίζοντας καλύτερη αντισεισμική συμπεριφορά.

2. ΚΤΙΡΙΟ – ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

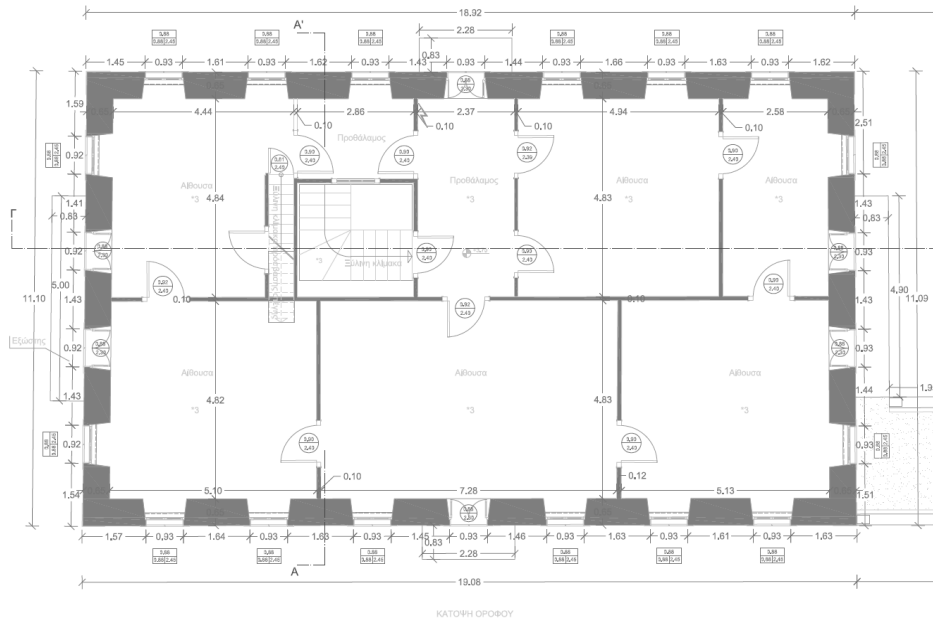
Το κτίριο της Βιβλιοθήκης αποτελούσε την προσεισμική κατοικία της οικογένειας Τυπάλδου-Ιακωβάτου και κτίστηκε από τους αδελφούς Νικόλαο, Χαράλαμπο και Γεώργιο, τέκνα του Αλοΐσιου Τυπάλδου-Ιακωβάτου. Βρίσκεται επί της οδού Αικατερίνης Τουλ 1, στο Ληξούρι Κεφαλλονιάς. Αποτελεί διάωροφο κτίριο, χαρακτηριστικό δείγμα νεοκλασικής αρχιτεκτονικής των μέσων του 19ου αιώνα (έτος κατασκευής: 1866), διέφυγε της καταστροφής του 1953 και περιήλθε στο Ελληνικό Δημόσιο με δωρεά, της τελευταίας απογόνου της οικογένειας «σιόρας» Κάτε Τούλ, το 1963. Το κτίριο αναπαλαιώθηκε το 1984, ενώ είχε κηρυχθεί έργο τέχνης από το Υπουργείο Πολιτισμού το 1968. Το κτίριο χωρίζεται λειτουργικά καθ' ύψος σε δύο χώρους. Το ισόγειο στεγάζει τη Δημοτική Βιβλιοθήκη Ληξουρίου, ενώ ο όροφος στεγάζει μουσειακό χώρο.



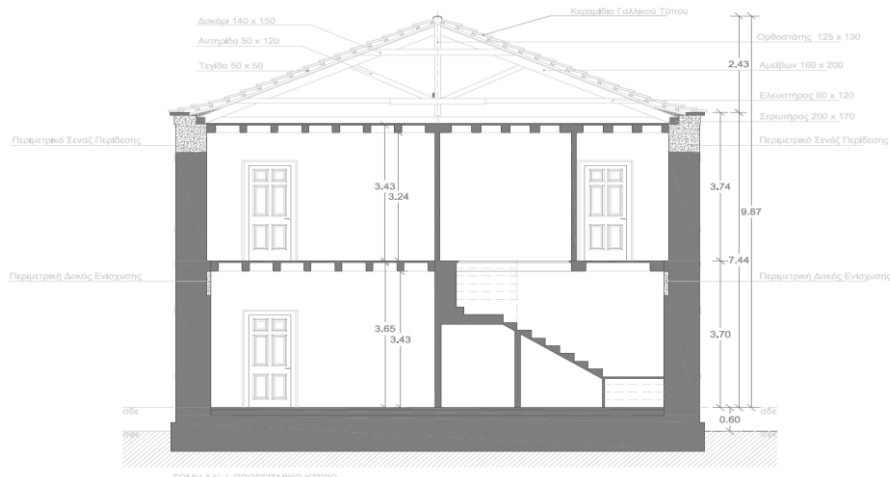
Σχήμα 4: Εναέρια άποψη Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης & περιβάλλοντος χώρου [8]

Η αρχιτεκτονική του χαρακτηρίζεται από λιτές όψεις με τριμερή διαχωρισμό και αυστηρή οργάνωση. Οι στάθμες των ορόφων διαχωρίζονται με κορωνίδες. Η λιθοδομή δεν είναι εμφανής αλλά επιχρισμένη, εκτός των γωνιών και των περιθυρωμάτων. Το κτίριο έχει συμμετρική διάταξη και στους τρεις άξονες, μήκος-πλάτος-ύψος. Το ίδιο απαντάται και στην

κάτοψη του, με τριμερή διάταξη των χώρων. Αξιοσημείωτη είναι η απουσία διαδρόμων και στους δύο ορόφους, ο χρήστης κινείται από χώρο σε χώρο μέσω των δωματίων.



Σχήμα 5: Κάτοψη ορόφου, υφιστάμενη κατάσταση [9]



Σχήμα 6: Τομή Α-Α', υφιστάμενη κατάσταση[9]

Αξιόλογα μορφολογικά στοιχεία αποτελούν οι εξώθυρες, τα εξώφυλλα των παραθύρων και κυρίως οι οροφोगραφίες. Τονίζονται λόγω και του γεγονότος ότι περιορίζουν την πρόσβαση και κατ' επέκταση των έλεγχο των δομικών στοιχείων των πατωμάτων, αλλά και τη δυνατότητα επεμβάσεων.



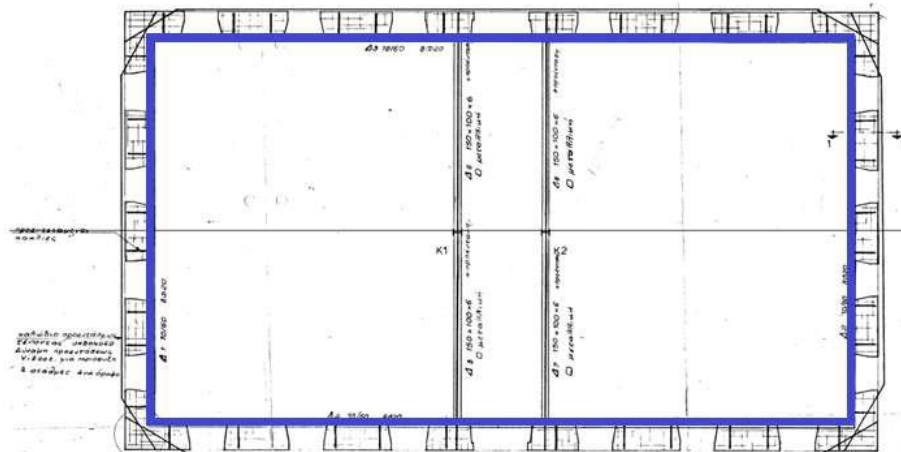
Σχήμα 7: Τετράγωνα και ορθόγωνα φαντώματα με περίτεχνες οροφोगραφίες [2]

3. ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ - ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Από στατικής άποψης, αποτελεί κατασκευή με φέροντα οργανισμό από λιθοδομή. Πρόκειται για ένα κτίριο με σχεδόν ορθογώνια κάτοψη διαστάσεων περίπου 19m x 11m και εμβαδόν περίπου 211m² ανά στάθμη. Το ύψος ανέρχεται στα 9,90m μέχρι το γείσο και 2.50m είναι το ύψος της τετράριχτης στέγης, τύπου «παπιονάδο». Ο φέρων οργανισμός του αποτελείται από τέσσερις περιμετρικούς φέροντες τοίχους από τρίστρωτη λιθοδομή, δύο ξύλινα πατώματα, τα οποία καθορίζουν τις στάθμες των ορόφων, και ξύλινη στέγη. Το κτίριο είχε δεχθεί επεμβάσεις επισκευής και ενισχύσεις, οι οποίες μελετήθηκαν το 1975, μετά την εμφάνιση βλαβών από το σεισμό του 1972, (17/9/1972, 5.8R), από το Τεχνικό Γραφείο Δ. Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, οι οποίες ολοκληρώθηκαν το 1984 και βοήθησαν στο ανταπεξέλθει στους ισχυρούς σεισμούς του 2014, αποτέλεσμα των οποίων είναι η εμφανιζόμενη παθολογία του.

Κατά την αρχική μελέτη προτάθηκαν διαφόρων ειδών επεμβάσεις, επισκευών όπως πλήρωση και σφράγιση ρωγμών, αλλά και ενισχύσεων όπως κατασκευή μανδύα οπλισμένου Ο/Σ στα θεμέλια, κάτω από τελική στάθμη εδάφους, δίκτυο σίδηρών δοκών (δαπέδου ορόφου), εδραζόμενο στους περιμετρικούς τοίχους και σε πρόσθετα μεταλλικά υποστυλώματα, κατασκευή πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος επί του υφιστάμενου σανιδώματος (στάθμη ορόφου), κατασκευή περιμετρικής δοκού ενίσχυσης (σενάζ) διαστάσεων 30x50cm η οποία θα φέρει και τένοντες, και άλλες. Η πιο εκτεταμένη επέμβαση αφορούσε σε κατασκευή τοιχίου οπλισμένου σκυροδέματος με νέα θεμελίωση (σύνδεση μέσω οπών με τις εξωτερικές τοιχοποιίες) εγκαρσίως στη μεγάλη διεύθυνση. Τελικά εφαρμόστηκαν μόνο λίγες από αυτές, όπως:

- Δοκός ενίσχυσης στην στέψη της τοιχοποιίας (65x90cm)
- Τοποθέτηση μεταλλικών δοκών και υποστυλωμάτων, στη στάθμη οροφής ισογείου με ταυτόχρονη κατασκευή εσωτερικής περιμετρικής δοκού και
- Αντικατάσταση στέγης



Σχήμα 8: Θέση κατασκευής περιμετρικής δοκού [9]

4. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

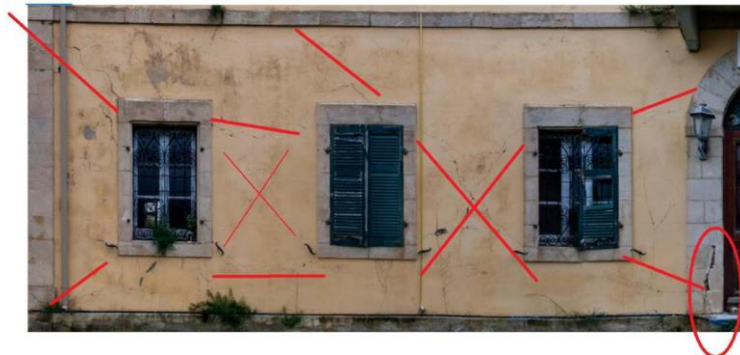
Οι ισχυροί σεισμοί του 2014 έπληξαν το κτίριο, το οποίο για μια ακόμη φορά κατόρθωσε να επιβιώσει. Σε αυτό συνέβαλαν οι επεμβάσεις επισκευής και ενισχύσεις, της περιόδου 1975-1984.

Η υφιστάμενη παθολογία του κτιρίου είναι σύμφωνη με τη βιβλιογραφία [10], [11]. Ευρύτερες είναι οι βλάβες στις μεγάλες πλευρές του κτιρίου, οφειλόμενες σε εντός επιπέδου ένταση. Παρατηρήθηκαν διαγώνιες και δισδιαγώνιες διατμητικές ρωγμές, μικρότερες ρωγμές

από κάμψη εκτός επιπέδου και ολίσθηση ισχυρού διαζώματος στη στέγη. Επίσης, εντοπίστηκε και ενδεχόμενη έναρξη μηχανισμού στους γωνιακούς πεσσούς του ορόφου.



Σχήμα 9. Παθολογία ανατολική όψης [9]



Σχήμα 10. Λεπτομέρεια κάτω αριστερά τμήματος ισογείου, με εντοπιζόμενες βλάβες/ρωγμές [9]

5. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Η τοιχοποιία αποτελεί ανισότροπο και ανομοιογενές υλικό. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά της οποία διαφοροποιούνται εντός δομητικού συστήματος και εξαρτώνται από πλήθος παραγόντων, όπως το πάχος, ο τρόπος δόμησης (κατά το πάχος ή την όψη), ύπαρξη διαζωμάτων, καταλληλότητα συνδέσεων, κατάσταση θεμελίωσης και φάσεις κατασκευής, ενώ κρίσιμη είναι και η διεύθυνση επιβολής της δράσης. Επομένως είναι κρίσιμη η κατανόηση του ευρύτερου δομητικού συστήματος, ώστε να γίνει χρήση των αντίστοιχων εμπειρικών ή μη σχέσεων.

Τα υλικά της τοιχοποιίας αποτελούνται από ο ασβεστόλιθος ο οποίος δομείται με κονίαμα υδραυλικής ασβέστου με μαρμαροκονία αντί για άμμο [12]. Αρχικά γίνεται διάκριση της τοιχοποιίας σε τρίστρωτη, μεταβλητού πάχους ανά όροφο, 0.75m στο ισόγειο και 0.65m στον όροφο. Υιοθετούνται οι εξής παραδοχές: α) ισοπαχών εξωτερικών στρώσεων, αργολιθοδομής (ελαφρώς λαξευμένης) με τραχείς λίθους, β) ελλείψει στοιχείων από άμεσες ημικαταστροφικές μεθόδους επιτόπιες ή εργαστηριακές, γίνονται δεκτές τιμές από τον

πίνακα ερήμην τιμών ΚΑΔΕΤ (Πίνακας 3.2, Παράρτημα 3.1,[13] και γ) για το συνδυαστικό κονίαμα λαμβάνεται τιμή ίση με 0.50MPa, που είναι και η ελάχιστη, που έχει εφαρμογή η εξίσωση Σ6.3 του ΚΑΔΕΤ. Ενώ οι ποδιές των παραθύρων αποτελούνται από δίστρωτη τοιχοποιία πάχους 0.32m και στους δύο ορόφους. Εφαρμόζονται οι εμπειρικές σχέσεις του ΚΑΔΕΤ για τον υπολογισμό μεγεθών μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας του κτιρίου:

$$f_{wc} = \xi \cdot \left[\frac{2}{3} \left\{ \sqrt{f_{bc}} - f_0 \right\} + \lambda \cdot f_{mc} \right] \quad (1) \text{ (Σ6.3 ΚΑΔΕΤ)}$$

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (2\lambda_e \delta f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i}) : (1 + 2\delta) \quad (2) \text{ (6.1 ΚΑΔΕΤ)}$$

Προσδιορίζεται εμπειρικά και το μέτρο ελαστικότητας, το οποίο είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ακριβώς, καθώς επηρεάζεται εντόνως από τη φύση της παραμόρφωσης και παρουσιάζει μεγάλη διασπορά στην τοιχοποιία.

$$E_{wc} \approx 1300(1 - f_{wc}/5) f_{wc} \mp 140 f_{wc}^2 \text{ [MPa]} \quad (3) \text{ (Σ6.5 ΚΑΔΕΤ)}$$

για $1 \text{ MPa} < f_{wc} < 3 \text{ MPa}$

Όπου δεν ήταν εφικτό χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικά δεδομένα π.χ. για την αρχική διατμητική αντοχή f_{vm0} [14],[15], για το φαινόμενο βάρος, συντελεστή θερμικής διαστολής α_T και το λόγο Poisson ν [16].

Πίνακας 1: Μηχανικά χαρακτηριστικά τοιχοποιίας (σύγκριση)

Μηχανικά Χαρακτηριστικά ανά Υλικό και Κανονισμό	Θλιπτική Αντοχή (MPa)		Μέτρο Ελαστικότητας (GPa)										Διατμητική Αντοχή					Εφελκυστική Αντοχή		
	ΚΑΔΕΤ		ΕC6		ΚΑΔΕΤ					ΕC6					G=40%·E(GPa)					f_{wt}
	Αργολιθοδομή	Ημιλαξευμένοι Λίθοι	Ημιλαξευμένοι Λίθοι	Αργολιθοδομή		Ημιλαξευμένοι Λίθοι			Αργολιθοδομή		Ημιλαξευμένοι Λίθοι			f_{vk0}	$f_{vk,max}$	G=40%·E(GPa)				f_{wt}
				Επιβατικό	Τέμνον	Επιβατικό	Τέμνον	Αργολιθοδομή	Ημιλαξευμένοι Λίθοι	Μpa	Μpa	Στήλη(4)·0,40	Στήλη(7)·0,40	Στήλη(8)·0,40	Στήλη(11)·0,40	Μpa				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	
Στάθμη				min	max	μ.ο.		min	max	μ.ο.										
Ισόγειο	1.09	1.54	2.05	0.73	0.94	1.27	1.11	1.03	1.05	1.72	1.39	1.09	1.54	0.02	0.089	0.29	0.44	0.41	0.55	0.10
A'	1.24	1.75	2.34	0.83	1.00	1.43	1.21	1.17	1.85	1.91	1.88	1.24	1.75	0.02	0.089	0.33	0.48	0.47	0.75	0.10
Ποδιές	2.96	4.21	5.65	1.18	0.34	2.80	1.57	1.68	-	-	-	2.96	5.65	0.02	0.101	0.47	0.63	0.67	-	0.10

Τα δεδομένα των μηχανικών χαρακτηριστικών εισάγονται στο λογισμικό (3DR Pessos): σύμφωνα με την τοιχοποιία για έλεγχο βάσει ΚΑΔΕΤ, τα δεδομένα έχουν την παρακάτω μορφή:

Πίνακας 2: Δεδομένα υφιστάμενης τοιχοποιίας ισογείου - Φέρουσα ΚΑΔΕΤ, Pessos 3DR

Ισόγειος Όροφος			
Παράμετροι ανάλυσης	Μέτρο Ελαστικότητας E	1.11	GPa
	Μέτρο Διάτμησης G	0.44	GPa
	Λόγος Poisson ν	0.285	-
	Φαινόμενο Βάρος	22.8	kN/m ³
	Συντελεστής Θερμική Διαστολής α _T	13.1·10 ⁻⁶	grad ⁻¹
Μέσες εργαστηριακές τιμές	Θλιπτική αντοχή f_{mc}	1.09	MPa
	Διατμητική αντοχή f_{vm0}	0.02	MPa
	Θλιπτική αντοχή κονιάματος f_m	0.50	MPa
	Θλιπτική αντοχή λιθώματος f_b	50	MPa
	Τύπος λιθώματος: Συμπαγείς πλίνθοι/Διάτρητοι Πλίνθοι/Αργολιθοδομή	Αργολιθοδομή	-

Για την ξυλεία της στέγης επιλέγεται η ποιότητα D30, σύμφωνα με την ταξινόμηση η οποία καθορίζεται στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 338 “Δομική ξυλεία – Κατηγορίες αντοχών”. Ενώ τα υλικά των προηγούμενων επεμβάσεων ακολουθούν τις ερήμην αντιπροσωπευτικές τιμές κατά τον Πιν.1, Παρ.3.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ [17]

6. ΦΟΡΤΙΑ–ΣΑΔ–ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ–ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΦΟΡΤΙΑ

Εν συνεχεία, υπολογίζονται αναλυτικά τα μόνιμα φορτία του κτιρίου (δάπεδα, κλίμακες, διαχωριστικοί ξηλόπηκτοι τοίχοι (μοροφίντα). Τα ίδια βάρη ξύλινων πατωμάτων τα οποία ομοιομορφοποιούνται και εισάγονται ως μόνιμα φορτία στο λογισμικό και το ίδιο βάρος του φ.ο. της στέγης μαζί με τα κεραμίδια κατανέμεται ως μόνιμο φορτίο στους περιμετρικούς τοίχους. Ο αναλυτικός υπολογισμός του ιδίου βάρους βασίζεται στην αναλυτική αποτύπωση του φέροντος οργανισμού της στέγης και σε προσέγγιση/εκτίμηση του φέροντος οργανισμού των δαπέδων των δύο στάθμων, καθώς είναι αδύνατη η αφαίρεση των οροφωγραφιών για την αναλυτική αποτύπωση τους. Εν συνεχεία εισάγονται και τα κινητά φορτία για χρήση βιβλιοθήκης.

ΣΤΑΘΜΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (Σ.Α.Δ.)

Επιλέγεται η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) σύμφωνα με τις απαιτούμενες διερευνητικές εργασίες ανά Σ.Α.Δ του ΚΑΔΕΤ, έχοντας ως δεδομένο τους ευρείς περιορισμούς για τα διατηρητέα κτίρια και τα κηρυγμένα μνημεία, επιλέγεται ως ΣΑΔ για τα υλικά η «Ανεκτή» (ή Περιορισμένη κατά Πίν. 3.1 [18]) και για τα φορτία η «Ικανοποιητική» (ή Κανονική κατά Πίν. 3.1 [18]) (Επιλογές 3DR Pessos).

ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ

Υπολογίζεται με τη χρήση της προτεινόμενης εμπειρικής σχέσης, που έχει δανειστεί ο ΚΑΔΕΤ από τον Ευρωκώδικα 8[19]

$$T_{1\max} = C_t \cdot H^{3/4} \quad (4) \text{ (5.3, [13]) \& EC8 (\S 4.3.3.2.2,[19])}$$

Συνεπώς μετά τον αναλυτικό υπολογισμό της δρώσας επιφάνειας A_c ανά διεύθυνση προκύπτει: $T_{1,\max,x-x}=0.219 \text{ sec}$ και $T_{1,\max,y-y}=0.254 \text{ sec}$

ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Τεράστιας σημασίας η επιλογή της παραμέτρου της στάθμης επιτελεστικότητας, καθώς καθορίζει την αναμενόμενη συμπεριφορά του κτιρίου και η πιθανή έκταση των βλαβών σε σεισμικό γεγονός. Όσο αυξάνεται η πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών, μειώνεται η a_g , επηρεάζοντας τους σεισμικούς συνδυασμούς.

Για το κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης, λόγω σπουδαιότητας ΙΙΙ (χώροι συνάθροισης κοινού) ο ΚΑΔΕΤ ορίζει ως ελάχιστη στάθμη επιτελεστικότητας για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό του κτιρίου η Σ.Ε.: **B1**. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ίδια στάθμη ορίζεται και στα νέα κτίρια με χρήση κατοικίας. Η στάθμη επιτελεστικότητας επηρεάζει σημαντικά και τον ενιαίο συντελεστή συμπεριφοράς q

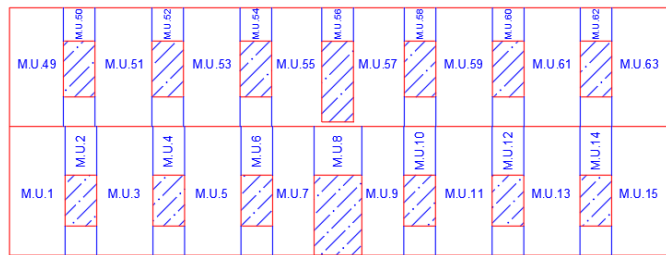
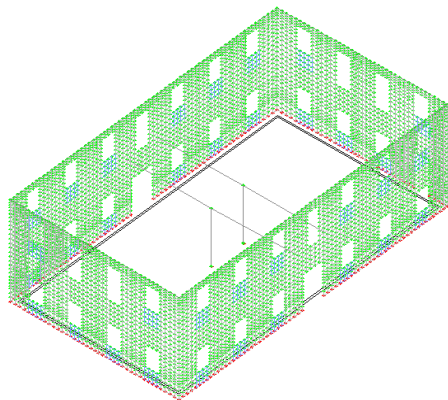
7. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ (ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΣ & ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΣ ΦΟΡΕΑΣ)

Για την προσομοίωση και διενέργεια των ελέγχων σύμφωνα με τον εγκεκριμένο νέο κανονισμό ΚΑΔΕΤ, χρησιμοποιείται το λογισμικό Pessos της εταιρεία 3DR Engineering

Software Ltd, το οποίο επιλύει με τη μέθοδο πεπερασμένων επιφανειακών τετρακομβικών στοιχείων κελύφους και αναγνωρίζει τα στοιχεία ανάληψης σεισμικών δυνάμεων που θα ελεγχθούν.

Οι προσομοιώσεις αφορούν στο κτίριο μετά τις μεταγενέστερες επεμβάσεις, μεταξύ της δεκαετίας 1975-1985, το οποίο επιβίωσε των σεισμών της Κεφαλονιάς του 2014. Μέσω αυτών αποτιμάται η δομική συμπεριφορά και εξηγείται η τρωτότητα του κτιρίου. Στη συνέχεια, επιλέγοντας στρατηγικές επεμβάσεις τεχνικού χαρακτήρα, προσομοιώθηκε ο ενισχυμένος φορέας και συγκρίθηκε η μεταβολή στη συμπεριφορά των δύο φορέων, μέσω των δεικτών ανεπάρκειας/επάρκειας.

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Ελαστικής Ισοδύναμης Στατικής Ανάλυσης Πεπερασμένων Στοιχείων καθώς καλύπτει όλες τις προϋποθέσεις εφαρμογής που προδιαγράφει ο ΚΑΔΕΤ.



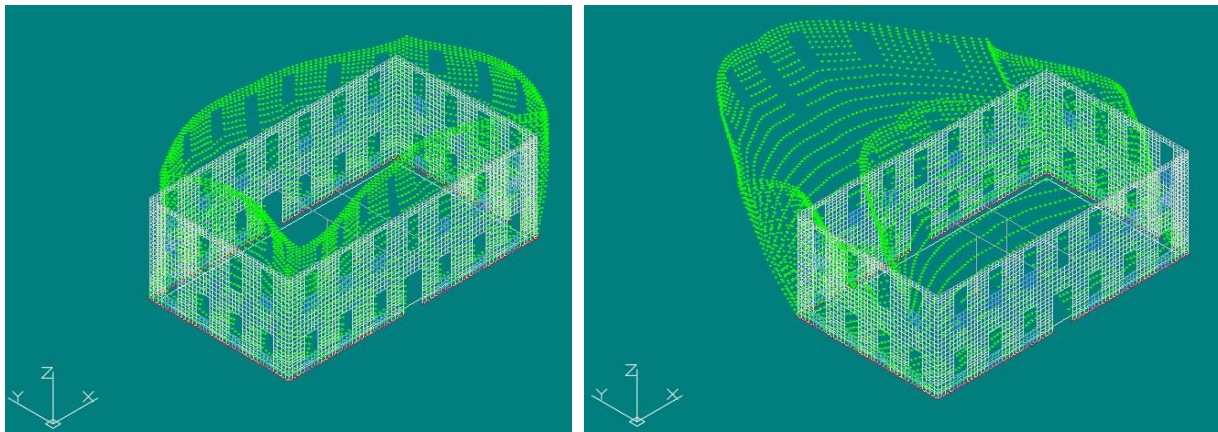
ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ - ΤΟΙΧΟΣ 1

Σχήμα 12. Αρίθμηση πεσσών και υπέρθρων δίσκων δυτικού τοίχου 1

Σχήμα 11. Αναλυτικό μοντέλο Π.Σ.

Επιλέγονται οι παράμετροι αντισεισμικού σχεδιασμού:

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙΙ - Επιτάχυνση εδάφους 0.36g
- Κατηγορία σπουδαιότητας: ΙΙΙ (Χώροι συνάθροισης κοινού) $\gamma:1.20$
- Κατηγορία εδάφους C [20] - Συντελεστής εδάφους S: 1.20
- Συντελεστής θεμελίωσης $\theta: 1.00$
- Χαρακτηριστικές περιόδοι φάσματος $T_b=0.15s$, $T_c=0.50s$
- Απόσβεση $\zeta: 5\%$
- Ομοιόμορφη Κατανομή Φόρτισης (όχι τριγωνική)
- Καθολικός δείκτης συμπεριφοράς q



Σχήμα 13: Παραμορφωμένος φορέας για σεισμικό συνδυασμό (006) $1.10G+0.60Q+E_x+0.30E_y$ (αριστερά), (042) $1.10G+0.60Q+0.30E_x+E_y$ (δεξιά)

8. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ – ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ

Η επιλογή του είδους της επέμβασης και της ενίσχυσης, αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία η οποία διέπεται από κριτήρια, όπως:

- Το κόστος, αρχικό και μελλοντικό σε σχέση με τη σπουδαιότητα και την ηλικία του υπό μελέτη δομήματος.
- Η ποιότητα εργασίας (μέτρα επέμβασης συμβατά με διαθέσιμα τεχνικά μέσα και καταλληλότητα του προσωπικού εφαρμογής).
- Η δυνατότητα εφαρμογής του κατάλληλου ποιοτικού ελέγχου.
- Η χρήση του κτιρίου.
- Η αισθητική (αφανείς ή διακριτές σκοπίμως επεμβάσεις)
- Η διατήρηση της αρχιτεκτονικής ταυτότητας και ακεραιότητας των ιστορικών κτιρίων ή μνημείων και η συνεκτίμηση του βαθμού αναστρεψιμότητας και της εν χρόνω ανθεκτικότητας των επεμβάσεων.
- Η διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών.

Σε κάθε περίπτωση οι ελάχιστοι στόχοι του ανασχεδιασμού είναι:

- Η αποκατάσταση σοβαρών σφαλμάτων, βλαβών και φθορών σε πρωτεύοντα στοιχεία
- Η βελτίωση της κανονικότητας σε κάτοψη και καθ' ύψος. Τόσο από άποψη κατανομής δυσκαμψίας και μάζας όσο και κυρίως από την άποψη της κατανομής της υπεραντοχής.
- Να ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις σε εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη από τα δομικά στοιχεία.
- Ανθεκτικότητα νέων και αρχικών στοιχείων λαμβάνοντας υπόψη και το ενδεχόμενο επιτάχυνσης της φθοράς σε ιδιαίτερες περιπτώσεις.

Οι επεμβάσεις πρωτίστως διαχωρίζονται σε **στρατηγικές τεχνικού** (μείωση μαζών/φορτίων, αύξηση φέρουσας ικανότητας, δυσκαμψίας και δυνατότητας μετελαστικής παραμόρφωσης μελών, διόρθωση κρίσιμων ανεπαρκειών & μη κανονικοτήτων, μείωση σεισμικών απαιτήσεων) και **διαχειριστικού χαρακτήρα** (αλλαγή ή περιορισμός χρήσης, καθαίρεση τμημάτων, μονολιθική μεταφορά σε άλλη θέση ή ακόμα και «καμία επέμβαση»).

Επιλέχθηκαν και, πέραν των επισκευών, οι μέθοδοι ενίσχυσης, που είναι εφικτό να επιτραπεί η εφαρμογή τους στο κηρυγμένο ως μνημείο, κτίριο της Ιακωβάτειου και οι οποίες συνοδεύονται από εμπειρικές σχέσεις [13] εκτίμησης των βελτιωμένων μηχανικών χαρακτηριστικών:

- των βαθειών αρμολογημάτων, επιτυγχάνοντας έτσι αύξηση της θλιπτικής αντοχής

$$f_{m,f} = f_j \delta + f_{m,0} (1 - \delta) \quad (5) \quad (8.1, [13])$$

- της ομογενοποίησης μάζας με κατάλληλο τριμερές ένεμα (υδράσβεστος-ποζολάνη-λευκό τσιμέντο) [21]

Για τη δίστρωτη τοιχοποιία των ποδιών:

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} + \Delta \delta_0 + \lambda n f_{grc} \quad (6) \quad (8.2, [13])$$

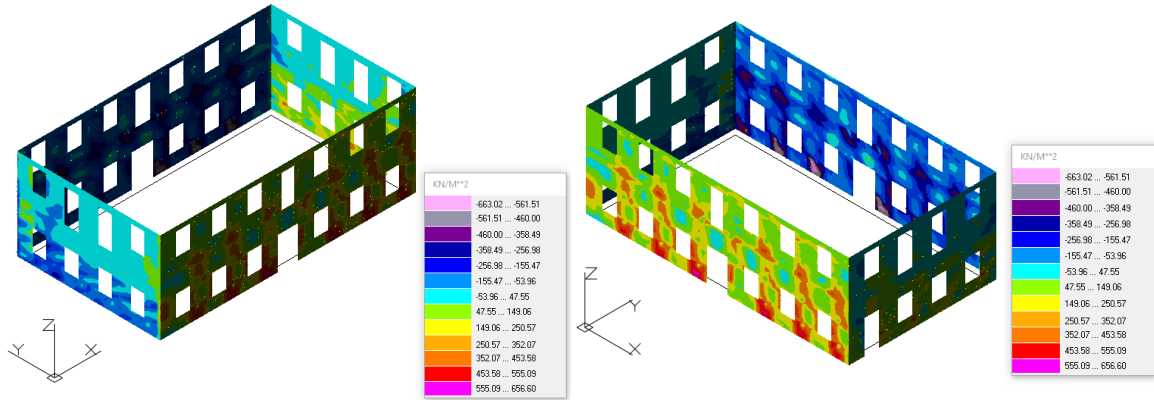
Για την τρίστρωτη τοιχοποιία (διαφορετική σε κάθε στάθμη)

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} + \left[1 + 1,25 \frac{V_i}{V_w} \cdot \frac{\sqrt{f_{grc}}}{f_{wc,0}} \right] \quad (7) \quad (8.3, [13])$$

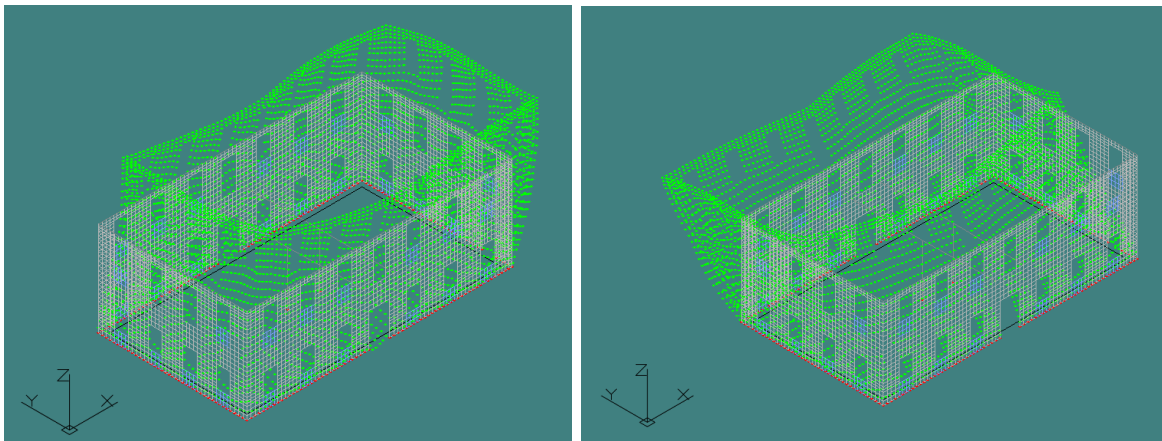
και βελτίωση της διατμητικής αντοχής κατά 200% για τριμερές, της εφελκυστικής αντοχής κατά 100% και του μέτρου ελαστικότητας κατά 60%

- Επιπλέον επιλέχθηκε και η εξασφάλιση διαφραγματικής λειτουργίας (σε επίπεδο προσομοίωσης με κινηματική δέσμευση των σημείων κάθε στάθμης – πρακτικά με ενίσχυση του άνω τμήματος του πατώματος σε κάθε στάθμη).

Εισάγοντας τα βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας στο λογισμικό και επιλέγοντας διαφραγματική λειτουργία για τις δύο στάθμες, έχουμε ως αποτέλεσμα τα ακόλουθα ενδεικτικά σχήματα, όσον αφορά τις διατμητικές τάσεις S_{xy} και την παραμόρφωση του φορέα για συγκεκριμένους σεισμικού συνδυασμούς. Η εικόνα παραμορφώσεων του ενισχυμένου κτιρίου διαφοροποιήθηκε.



Σχήμα 14: Τάσεις S_{xy} για σεισμικό συνδυασμό (006) $1.10 G + 0.60 Q + E_x + 0.30 E_y$ (SW) αριστερά, (SE) δεξιά.



Σχήμα 15: Παραμορφωμένος φορέας για σεισμικό συνδυασμό (006) $1.10G + 0.60Q + E_x + 0.30E_y$ (αριστερά), (042) $1.10G + 0.60Q + 0.30E_x + E_y$ (δεξιά)

9. ΈΛΕΓΧΟΙ ΚΑΔΕΤ

Διενεργούνται οι έλεγχοι του ΚΑΔΕΤ και υπολογίζονται οι αντίστοιχοι σε κάθε περίπτωση συντελεστές επάρκειας/ ανεπάρκειας λ , όπου λ :

$\lambda = \text{μέγεθος ανάλυσης} / \text{αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα (στοιχείου, φορέα κ.α.)}$
επομένως όπου $\lambda < 1$ συνεπάγεται επάρκεια.

Οι έλεγχοι που απαιτεί ο ΚΑΔΕΤ είναι επιγραμματικά οι εξής:

Γενικοί Έλεγχοι ή έλεγχος ανατροπής (§5.3.8) [13] οι οποίοι διενεργούνται στο σύνολο του κτιρίου

- Έλεγχος εκκεντροτήτων

$$\lambda = \frac{\left(\frac{M}{N}\right)}{\left(\frac{L}{6}\right)} \quad (8)$$

- Έλεγχος αδρανούς περιοχής

$$\lambda = \frac{\left(\frac{S_d(T)}{g}\right)}{\left(\frac{\zeta_e \cdot \Omega_w}{C_m \cdot \eta \cdot S \cdot h_{tot}} \left[\frac{f_{tm}}{N_{Ed}} + \frac{1}{A_w} \right]\right)} \quad (9)$$

- Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης

$$\lambda = \frac{\sigma_{wc}}{f_{mc}} = \frac{\left(\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{\Omega_{w,c}}\right)}{f_{mc}} \quad (10)$$

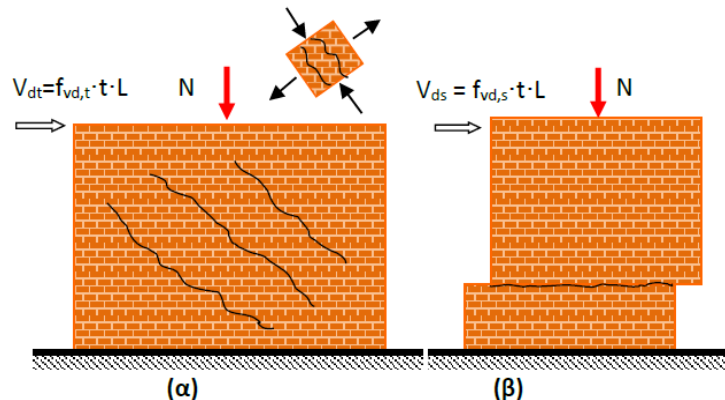
Έλεγχοι σε όρους εντατικών μεγεθών, διενεργούνται σε κάθε πεσσό, σε κάθε στάθμη ξεχωριστά)

- Έλεγχος σε κατακόρυφα φορτία (σε κάθε τοίχο, σε κάθε στάθμη)

$$\lambda = \frac{\sigma_c}{f_d} \quad (11)$$

- Έλεγχος σε διάτμηση (εντός επιπέδου)
- Έλεγχος σε διάτμηση (εκτός επιπέδου)
- Έλεγχος σε κάμψη (εντός επιπέδου)
- Έλεγχος σε κάμψη (εκτός επιπέδου) περί οριζόντιο άξονα
- Έλεγχος σε κάμψη (εκτός επιπέδου) περί κατακόρυφο άξονα

Τονίζεται ιδιαίτέρως ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας (V_v), η οποία αντιστοιχεί στη μικρότερη των δύο πιθανών τρόπων αστοχίας: α) από διαγώνια εφελκυστική αστοχία ($V_{v,t} = f_{vd,t} \cdot L \cdot t$) ή β) ολίσθηση κατά μήκος οριζόντιου αρμού ($V_{v,s} = f_{vd,s} \cdot L \cdot t$)



Σχήμα 16: (α) Διαγώνια εφελκυστική αστοχία, (β) Ολίσθηση κατά μήκος οριζόντιου αρμού κονιάματος (Σ 7.4(α), [26])

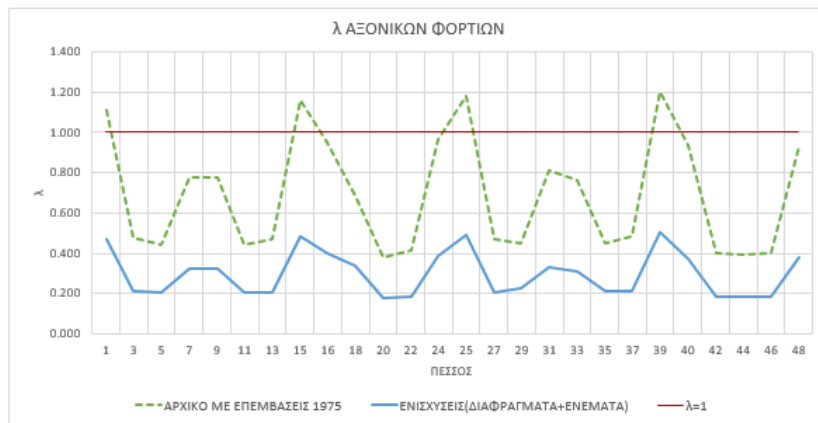
Όταν $V_v \leq V_f$ κρίσιμη για την αστοχία τοίχου η τέμνουσα. Επομένως διενεργείται έλεγχος σε διάτμηση και ως διατμητική ικανότητα πεσσού έχουμε $V_{Rd} = V_v$. Ενώ όταν $V_v > V_f$ κρίσιμη για την αστοχία ενός συγκεκριμένου πεσσού είναι η ροπή, επομένως διενεργείται έλεγχος σε κάμψη και ισχύει $V_{Rd} = V_f$.

Η κρίσιμη αστοχία σε τέμνουσα ή κάμψη, καθορίζει τα και τα όρια των ελέγχων σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών, οι οποίοι διενεργούνται (στο συνολικό ύψος κάθε τοίχου, όχι πεσσού)

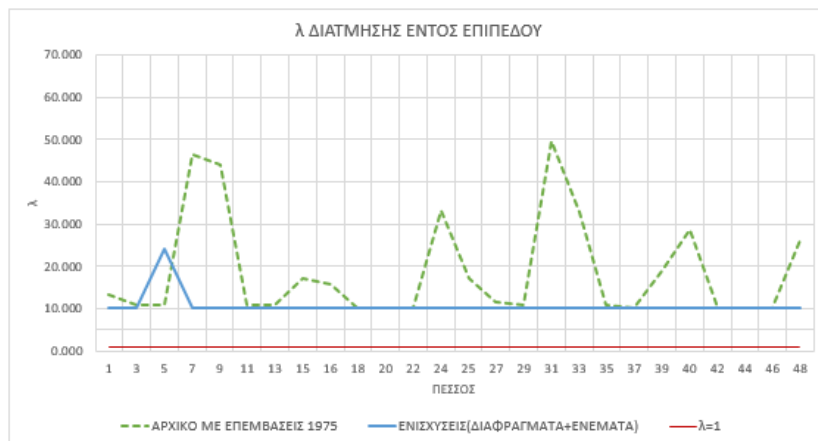
- Έλεγχος σε κλίση εντός επιπέδου
- Έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου (περί οριζόντιο άξονα)
- Έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου (περί κατακόρυφο άξονα)

10. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

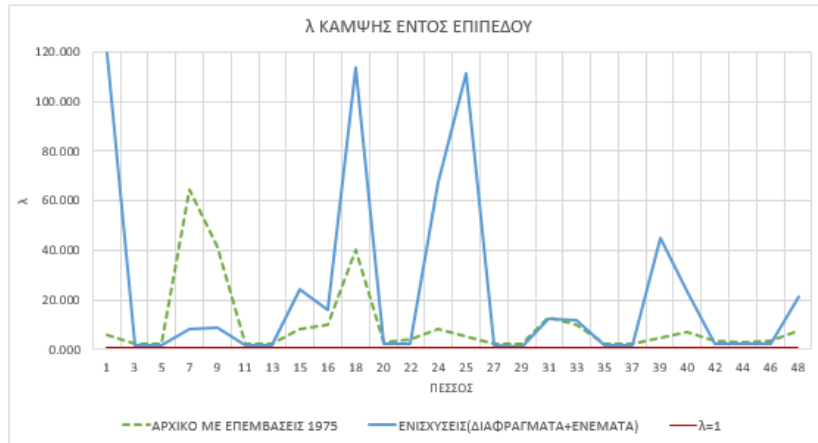
Προκύπτουν από την ανάλυση τα μέγιστα λ ανά τοίχο, πεσσό και στάθμη για ελέγχους σε όρους εντατικών μεγεθών, για το υφιστάμενο κτίριο (αρχικό με επεμβάσεις 1975) και για το ενισχυμένο.



Σχήμα 17: Γράφημα σύγκρισης λ αξονικών φορτίων (ισόγειο)



Σχήμα 18: Γράφημα σύγκρισης λ διάτμησης εντός επιπέδου (ισόγειο)



Σχήμα 19: Γράφημα σύγκρισης λ κάμψης εντός επιπέδου (ισόγειο)

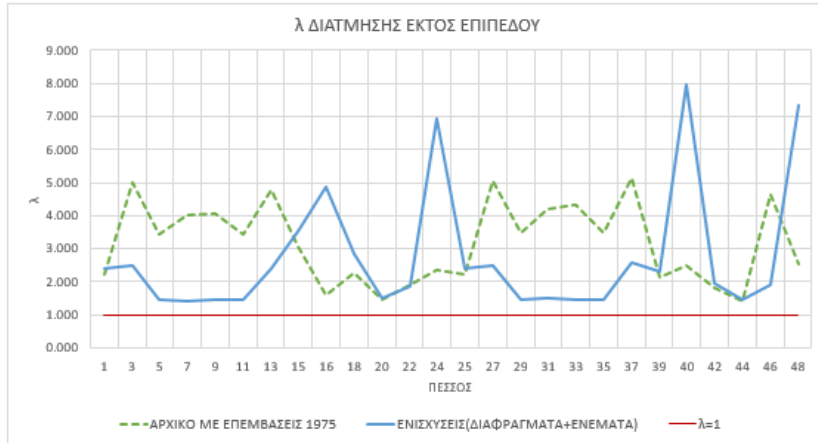
Παρουσιάστηκε βελτίωση των λ όσον αφορά τα αξονικά φορτία με καθολική επάρκεια, ενώ παρατηρείται μερική βελτίωση στη διάτμηση (με εξομάλυνση) και στην κάμψη εντός επιπέδου, χωρίς ωστόσο να αποφεύγεται η ανεπάρκεια των πεσσών.



Σχήμα 20: Γράφημα σύγκρισης λ κάμψης περί κατακόρυφο άξονα (ισόγειο)

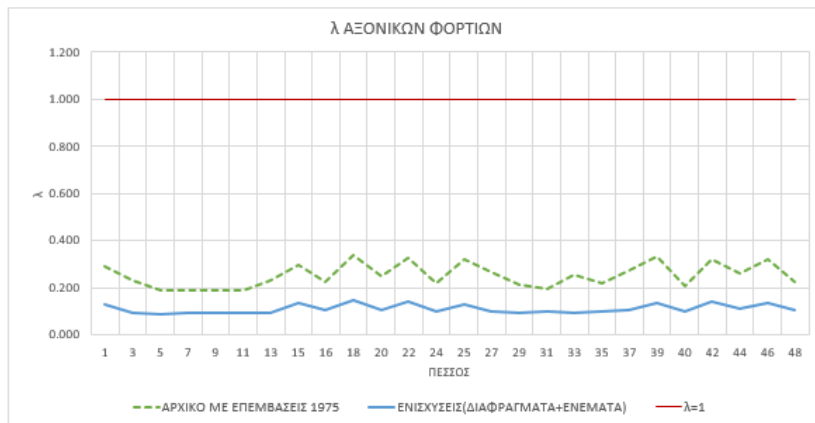


Σχήμα 21: Γράφημα σύγκρισης λ κάμψης περί οριζόντιο άξονα (ισόγειο)

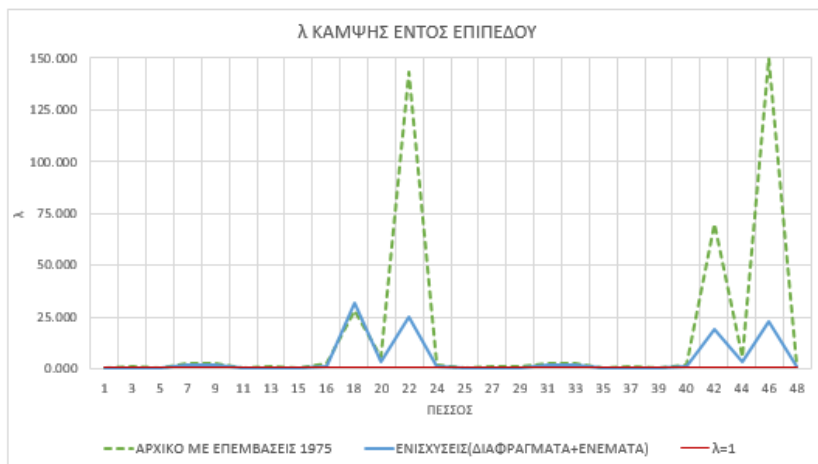


Σχήμα 22: Γράφημα σύγκρισης λ διάτμησης εκτός επιπέδου (ισόγειο)

Όσον αφορά τις εντατικές καταστάσεις εκτός επιπέδου, διακρίνεται μεγαλύτερη βελτίωση στα λ της κάμψης περί κατακόρυφο άξονα, με εκδήλωση σχεδόν γενικευμένης επάρκειας. Ωστόσο, αν και βελτιωμένες οι τιμές λ, παρουσιάζεται γενικευμένη ανεπάρκειας στην κάμψη περί οριζόντιο άξονα και έντονη διαφοροποίηση της διάτμησης εκτός επιπέδου, που στο ενισχυμένο πλέον εμφανίζονται μεγαλύτερες ανεπάρκειες στους γωνιακούς πεσσούς των μικρότερων πλευρών. Και αντίστοιχα στον πρώτο όροφο:



Σχήμα 23: Γράφημα σύγκρισης λ αξονικών φορτίων (α' όροφος)



Σχήμα 24: Γράφημα σύγκρισης λ κάμψης εντός επιπέδου (α' όροφος)



Σχήμα 25: Γράφημα σύγκρισης λ κάμψης περί κατακόρυφο άξονα (α' όροφος)



Σχήμα 26: Γράφημα σύγκρισης λ κάμψης περί οριζόντιο άξονα (α' όροφος)

Επομένως, στον α' όροφο, διαπιστώνεται μερική βελτίωση στα λ των αξονικών φορτίων του ενισχυμένου κτιρίου. Στην κάμψη εντός επιπέδου παρατηρείται κυρίως βελτίωση των ακραίων τιμών των λ ορισμένων πεσσών. Ενώ στην κάμψη περί κατακόρυφο άξονα υπάρχει σαφής βελτίωση των συντελεστών λ του ενισχυμένου κτιρίου σε κάμψη περί κατακόρυφο άξονα στον Α' όροφο, το οποίο εμφανίζει πλέον επάρκεια. Τέλος στην κάμψη περί οριζόντιο άξονα, παρατηρείται βελτίωση και “εξομάλυνση” των τιμών του λ σε κάμψη περί οριζόντιο άξονα, παρά το γεγονός ότι παρουσιάζεται γενικευμένη ανεπάρκεια των πεσσών στον έλεγχο αυτό. Γενικά, κρίνεται ως πιο βελτιωμένη η συμπεριφορά του α' ορόφου στις εντατικές καταστάσεις των κάμψεων εντός και εκτός επιπέδου.

Όσον αφορά τους ελέγχους παραμορφωσιακών μεγεθών, στο υφιστάμενο κτίριο οι έλεγχοι των λ σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών εμφάνισαν ανεπάρκεια, στους τοίχους των μεγάλων πλευρών 1 και 3, σε έλεγχο κλίσης εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα. Ενώ στους τοίχους των μικρών πλευρών 2 και 4 εμφάνισαν ανεπάρκεια, σε έλεγχο κλίσης εντός επιπέδου. Στο ενισχυμένο κτίριο δεν εντοπίζεται καμία ανεπάρκεια.

11. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Πραγματοποιείται Δευτεροβάθμιος Έλεγχος, βάσει των οδηγιών του ΟΑΣΠ [22]. Εν συνεχεία συγκρίνονται οι συντελεστές επάρκειας-ανεπάρκειας του δευτεροβάθμιου ελέγχου, με το συντελεστή επάρκειας-ανεπάρκειας, που προέκυψε από τον τριτοβάθμιο έλεγχο μέσω επαναληπτικών αναλύσεων του αρχικού φορέα για μικρότερη εδαφική επιτάχυνση.

Πίνακας 3: Υπολογισμός R και δείκτη προτεραιότητας λ

Περιγραφή δείκτη	Σύμβολο	Τιμές	r_i	Τιμή x r_i
Διατμητικής αντίστασης ισογείου	R_1	0.18	0.20	0.04
Ανοιγμάτων φερόντων τοίχων	R_2	0.25	0.05	0.01
Διαζωμάτων	R_3	0.50	0.15	0.08
Διαφραγμάτων	R_4	0.90	0.10	0.09
Ανοιγμάτων κοντά σε γωνίες	R_5	0.00	0.15	0.00
Παθολογίας φερουσών τοιχοποιιών	R_6	0.40	0.05	0.02
Σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων	R_7	0.90	0.10	0.09
Καταπόνησης περιμετρικών τοίχων εκτός επιπέδου	R_8	0.11	0.10	0.01
Κανονικότητας της κάτοψης ισογείου	R_9	1.00	0.05	0.05
Κανονικότητας καθ' ύψος	R_{10}	1.00	0.05	0.05
<u>ΥΠΟΜΝΗΜΑ</u>			R=	0.43
Υπολογίστηκαν			H=	2.7
Βάσει πινάκων			$\lambda=100(H/R)=$	622.63

Κατά τις επαναληπτικές αναλύσεις προκύπτει επάρκεια για $a_{gR}=0.06g$. Επομένως συγκρίνοντας τους δύο δείκτες επάρκειας/ανεπάρκειας:

$$PGA_{αστοχίας} / PGA_{σχεδιασμού} = 0.06/0.36 = 0.166$$

$$\text{Δείκτης } 1/\lambda = 1/(H/R) = 1/(2.7/0.43) = 1/6.23 = 0.161$$

Παρατηρούμε ότι οι τιμές είναι σχετικά κοντά και ο δείκτης επάρκειας-ανεπάρκειας του Δευτεροβάθμιου ελέγχου συνάδει με το δείκτη ανεπάρκειας που προκύπτει από τις αναλύσεις του Τριτοβάθμιου ελέγχου του υφισταμένου κτιρίου που πραγματοποιήθηκαν.

12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή του κανονισμού απαιτεί γνώση από όλους τους εμπλεκόμενους (μελετητή και δημόσια αρχή) και στο στάδιο της μελέτης, αλλά και της εφαρμογής της. Εκτιμάται ότι παρά τις παραδοχές η αποτίμηση ανταποκρίνεται στη σημερινή εικόνα του κτιρίου.

Διαπιστώθηκε ότι οι προτεινόμενες επεμβάσεις ενίσχυσης, παρά τη βελτίωση μερικώς της συμπεριφοράς, δεν επαρκούν για την στάθμη επιτελεστικότητας B1, η οποία κρίνεται ως αρκετά συντηρητική, κάτι που θα οδηγήσει σε στρατηγικές αποφάσεις διαχειριστικού χαρακτήρα π.χ.: περιορισμός ή αλλαγή της χρήσης του κτιρίου, αλλά και τεχνικού χαρακτήρα π.χ. Προσθήκη νέων στοιχείων-Ελκυστήρες-Περιδέσεις κ.α. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τη μετάβαση σε στάθμη B2, λαμβάνεται το 53% της a_{gR} για B1, επομένως δύσκολα θα καλυφθεί η απαίτηση για διατήρηση της χρήσης κτιρίου ως χώρου συνάθροισης κοινού.

Οι περιορισμοί διερευνήσεων στα διατηρητέα κτίρια οδηγούν σε Ανεκτή ή Περιορισμένη Σ.Α.Δ. που μέσω των συντελεστών ασφαλείας, επιδεινώνουν τους λόγους ανεπάρκειας λ. Προτείνεται «ανοχή» μέσω της «κατανόησης» των εκπροσώπων των υπευθύνων Δημοσίων Αρχών για τη συγκέντρωση ακριβέστερων στοιχείων μέσω δοκιμών και προσεκτικών επεμβατικών μεθόδων ώστε να αυξηθεί η Σ.Α.Δ.

Προτείνεται επιπλέον διερεύνηση με νεότερες μεθόδους ενίσχυσης. Η «νέα» συμπεριφορά εφόσον εξασφαλιστεί κατασκευαστικά διαφραγματική λειτουργία μπορεί να οδηγήσει στην περαιτέρω λήψη αποφάσεων και εφαρμογή νεότερων μεθόδων ενίσχυσης π.χ. Ινοπλέγματα Ανόργανης Μήτρας (IAM) – αν επιτραπεί η χρήση τους.

13. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ζερβόπουλος, Σ., Βλάχου, Ν., Πιληλή, Κ. & Αγάθος, Μ., 2009. *Βλάβες και ζημιές από σεισμούς και άλλες αιτίες στην παλαιά πόλη της Κέρκυρας από τα μέσα του 17ου αιώνα έως και σήμερα*. Κέρκυρα: ΤΕΕ, ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΟΜΟΥ ΚΕΡΚΥΡΑΣ.
- [2] Μοσχόπουλος, Γ., 2003. *Η Ιακωβάτειος Βιβλιοθήκη Ληξουρίου*. Αθήνα: Εταιρεία Κεφαλληνιακών Ιστορικών Ερευνών.
- [3] Σπυρόπουλος, Π., 1997. *Χρονικό των σεισμών της Ελλάδας (από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα)*. Αθήνα-Γιάννινα: Δωδώνη.
- [4] Παπαζάχος, Β. & Παπαζάχου, Κ., 2003. *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
- [5] Θεοδουλίδης, Ν., Μάργαρης, Β., Παπαϊωάννου, Χ. & Σαββαΐδης Α., 2014. *Ισχυρή σεισμική κίνηση των σεισμών στην Κεφαλονιά (26/1 & 3/2/2014)*. Αργοστόλι: Οργανισμός Αντισεισμικής Σχεδιασμού & Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.), Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ).
- [6] Karantoni, F., Pantazopoulou, S. & Ganas, A., 2017. Confined masonry as practical seismic construction-the experience from the 2014 Cephalonia Earthquake. *Frontiers of Structural and Civil Engineering (FSCE)*.
- [7] Μαρκαντωνάτου, Υ. & Σιμάτος, Λ., 2008. *Αρχιτεκτονική κατοικιών στην Κεφαλονιά*. Αθήνα: Εικόν Εκδοτική.
- [8] Ιστοσελίδα: <https://kefalonianmantata.gr/wp-content/uploads/2016/03/iakovateios-vivliothiki-likssouriou-1.jpg>
- [9] VR_Architects, και συν., 2022. *Μελέτη Αποκατάστασης Κτιρίων Δημόσιας Κεντρικής Βιβλιοθήκης Ληξουρίου Ιακωβάτειος*. Αργοστόλι: s.n.
- [10] Ο.Α.Σ.Π., 2001. *Συστάσεις για προσεισμικές & μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια*, Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας.
- [11] Σπυράκος, Κ., 2019. *Κατασκευές από Τοιχοποιία, Αποτίμηση & Επεμβάσεις για Σεισμικά Φορτία*. Αθήνα: ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ ΙΚΕ.
- [12] ACL Ανδρέου Κ. ΙΚΕ, Χ. Ε., 2021. *Έκθεση Δοκιμών Λίθου 261121-6, 261121-07, Κονιαμάτων 261121-08, 261121-09 & Εσωτερικού Επιχρίσματος 261121-10*, Αθήνα: ACL Ανδρέου Κ. ΙΚΕ Χημικά Εργαστήρια.
- [13] ΚΑΔΕΤ, 2022. *ΚΑΔΕΤ, Κανονισμός για Αποτίμηση & Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας*. Αθήνα: ΟΑΣΠ, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας, Συντακτική Ομάδα.
- [14] Borri, A., Castori, G., Corradi, M. & Speranzini, E., 2011. Shear behavior of unreinforced and reinforced masonry panels subjected. *Construction and Building Materials* 25, p. 4403–4414.
- [15] Corradi, M., Tedeschi, C., Binda, L. & Borri, A., 2008. Experimental evaluation of shear and compression strength of masonry wall before and after reinforcement: Deep repointing. *Construction and Building Materials* 22, p. 463–472.
- [16] Ιγνατάκης, Χ. & Στυλιανίδης, Κ., 2009. *Σεμινάριο Μικρής Διάρκειας*. Θεσσαλονίκη: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.
- [17] ΚΑΝ.ΕΠΕ., Σ. Ο., 2022. *Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), 3η Αναθεώρηση*. Αθήνα: Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.).
- [18] EN1998-3, 2010. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance-Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. Brussels: CEN, The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC
- [19] EN1998-1, 2004. *Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός, Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια*. Βρυξέλλες: CEN, Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την Τυποποίηση.

- [20] ΓΕΩΜΕΤΡΗΣΗ, 2021. *Γεωτεχνική έρευνα-μελέτη για την Ιακωβάτειο Βιβλιοθήκη στο Ληξούρι Κεφαλονιάς*, Άλιμος: GEOMETRISI.
- [21] Τουμπακάρη, Ε.-Ε., 2008. *Τριμερείς συνθέσεις υδράσβεστου-ποζολάνης-τσιμέντου ως βάση για το σχεδιασμό κονιαμάτων & ενεμάτων για την επισκευή ιστορικών τοιχοποιιών*. Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Υπουργείο Πολιτισμού .
- [22] Δρίτσος, Σ., Ιγνατάκης, Χ., Παναγιωτοπούλου, Δ. & Σπηλιόπουλος, Α., 2018. *Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία*, Αθήνα: Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας (ΟΑΣΠ).

14. ΕΠΙΒΛΕΨΗ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος Αρχιτεκτονική & Δομοστατική Αποκατάσταση Ιστορικών Κτιρίων & Συνόλων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής υπό την επίβλεψη του αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Κωνσταντίνο Ρεπαπή.

Ευχαριστίες απευθύνονται στον Δρ. Αριστεΐδη Παπαχρηστίδη και στην εταιρεία 3DR Engineering Software Ltd για τη δωρεάν παραχώρηση του λογισμικού Pessos.

Επιπλέον στην Εφορεία Αρχαιοτήτων Κεφαλληνίας & Ιθάκης, συγκεκριμένα στον προϊστάμενο της Δρ. Γρηγόριο Γρηγορακάκη και στην τμηματάρχη Αρχαιολόγο Ελένη Παπαφλωράτου για την στήριξη τους και την παρότρυνση τους για μεγαλύτερη εμβάθυνση θεμάτων που άπτονται μνημειακών κατασκευών.

Τέλος στη διοίκηση της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης για την άδεια πρόσβασης στο κτίριο και στην εταιρεία VR ARCHITECTS (ΑΝΤΥΠΙΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ – ΜΕΣΣΑΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΟΕ για τις αρχιτεκτονικές αποτυπώσεις και ιδιαιτέρως τον Πολιτικό Μηχανικό Ευάγγελο Συνοδινό-Βαλλιάνο για το υλικό που διέθεσαν για την Ιακωβάτειο Βιβλιοθήκη Ληξουρίου.