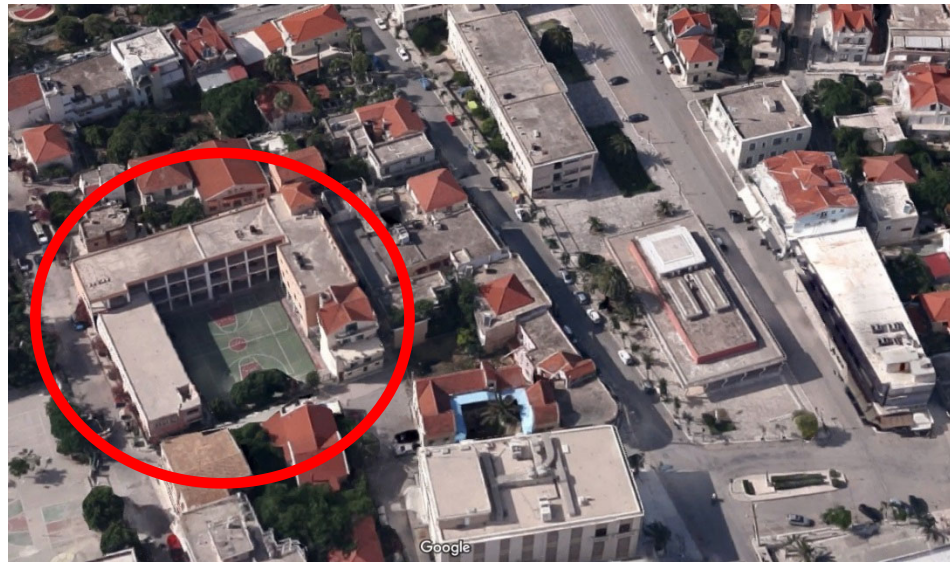




Ενίσχυση σεισμόπληκτων σχολικών κτιρίων στην Κεφαλονιά και τη Σάμο



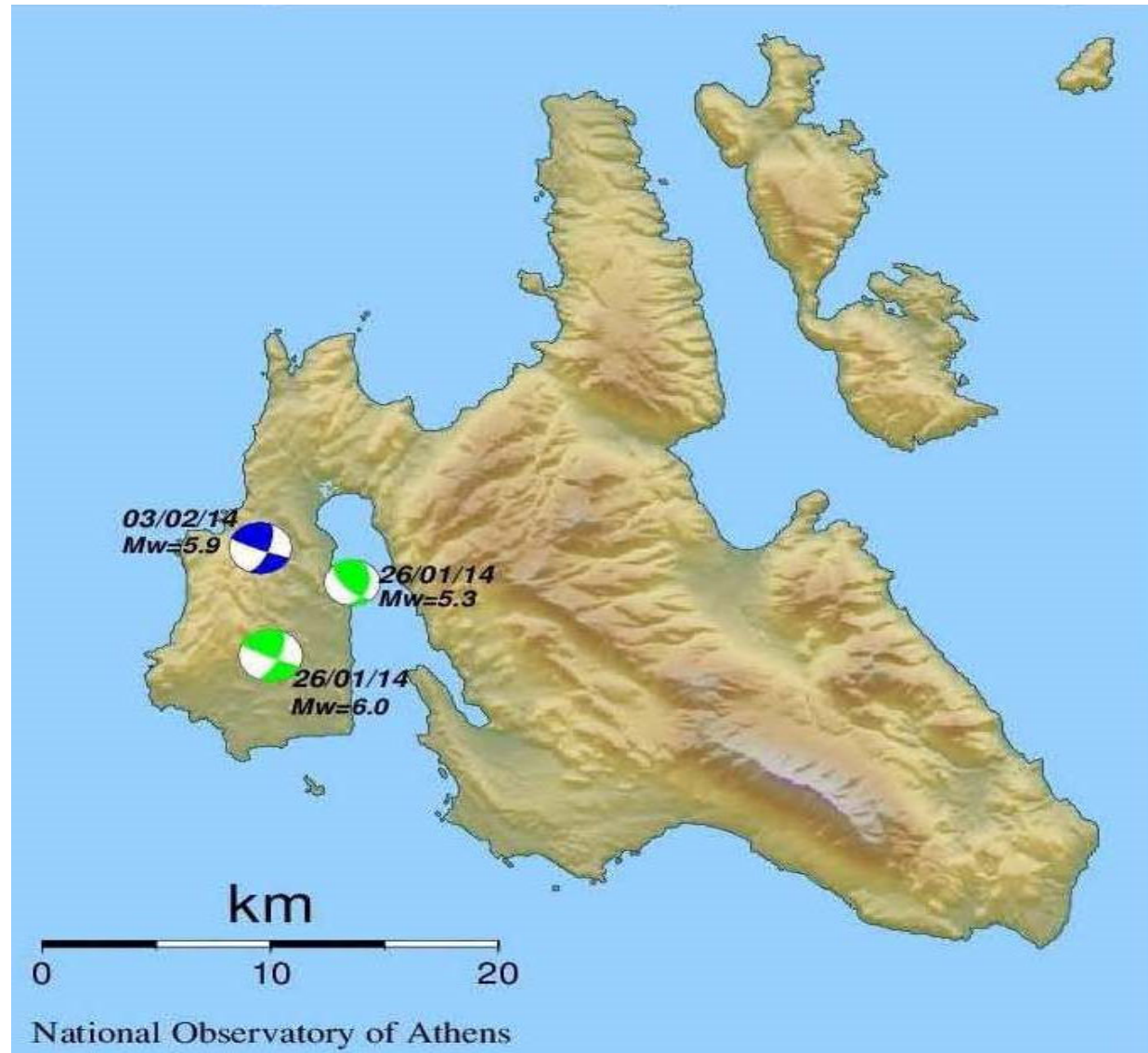
Χρήστος Γιαρλέλης, EQUIDAS

1. Εισαγωγή

Βασικά στάδια μελέτης

- Συλλογή στοιχείων / ιστορικού του κτιρίου
- Αποτύπωση γεωμετρίας / οπλισμών
- Παθολογία
- Τεκμηρίωση ΦΟ (υλικά, γεωτεχνικά δεδομένα)
- Αναλύσεις αποτίμησης
- Εύρεση κατάλληλου σχήματος επεμβάσεων
- Αναλύσεις ανασχεδιασμένου κτιρίου και διαστασιολόγηση
- Σχέδια λεπτομερειών

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

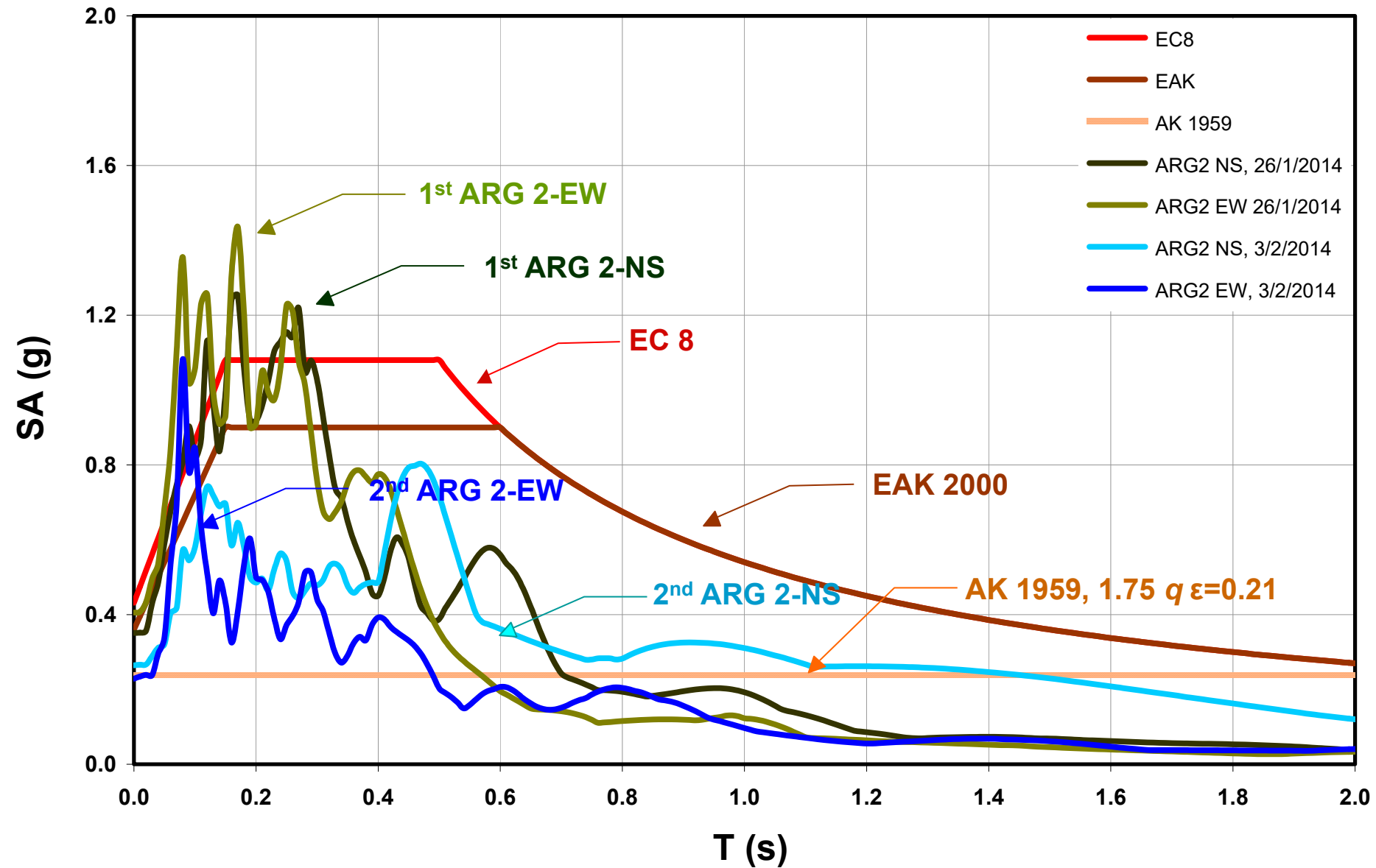


Στις 26/1/2014 και 3/2/2014 δύο ισχυροί σεισμοί μεγέθους $M_L5.8/M_w6.0$ και $M_L5.7/M_w5.9$ διέρρηξαν το δυτικό τμήμα της Κεφαλονιάς.

Ο πρώτος σεισμός εμφάνισε εδαφικές επιταχύνσεις της τάξης του 0.57g στο Ληξούρι και 0.43g Αργοστόλι.

Ο δεύτερος σεισμός είχε επίκεντρο 7 km ΒΔ του Ληξουρίου με πολύ υψηλές επιταχύνσεις, ιδιαίτερα στη χερσόνησο της Παλικής, που έφτασαν τα 0.76g (Χαβριάτα).

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά Ελαστικά φάσματα επιταχύνσεων στο Αργοστόλι



2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Περιγραφή-Παθολογία



2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Περιγραφή-Παθολογία

Το Κτίριο 4 (Γυμναστήριο) του Κοργιαλένιου εκπαιδευτηρίου (1ου Γυμνασίου Αργοστολίου) έχει ορθογωνικής μορφής κάτοψη, διαστάσεων περίπου 11x30 και αποτελείται από 2 στάθμες: Ισόγειο και Α΄ όροφο.

Η σημερινή χρήση του περιλαμβάνει αίθουσες διδασκαλίας στον Α΄ όροφο και γυμναστήριο & χώρους γραφείων στο Ισόγειο. Κατασκευάστηκε σε δύο φάσεις: Στην πρώτη, στα τέλη της δεκαετίας του '70 έγινε η κατασκευή του ισόγειου με χρήση γυμναστηρίου. Στη δεύτερη φάση έγινε προσθήκη καθ' ύψος και κατ' επέκταση.

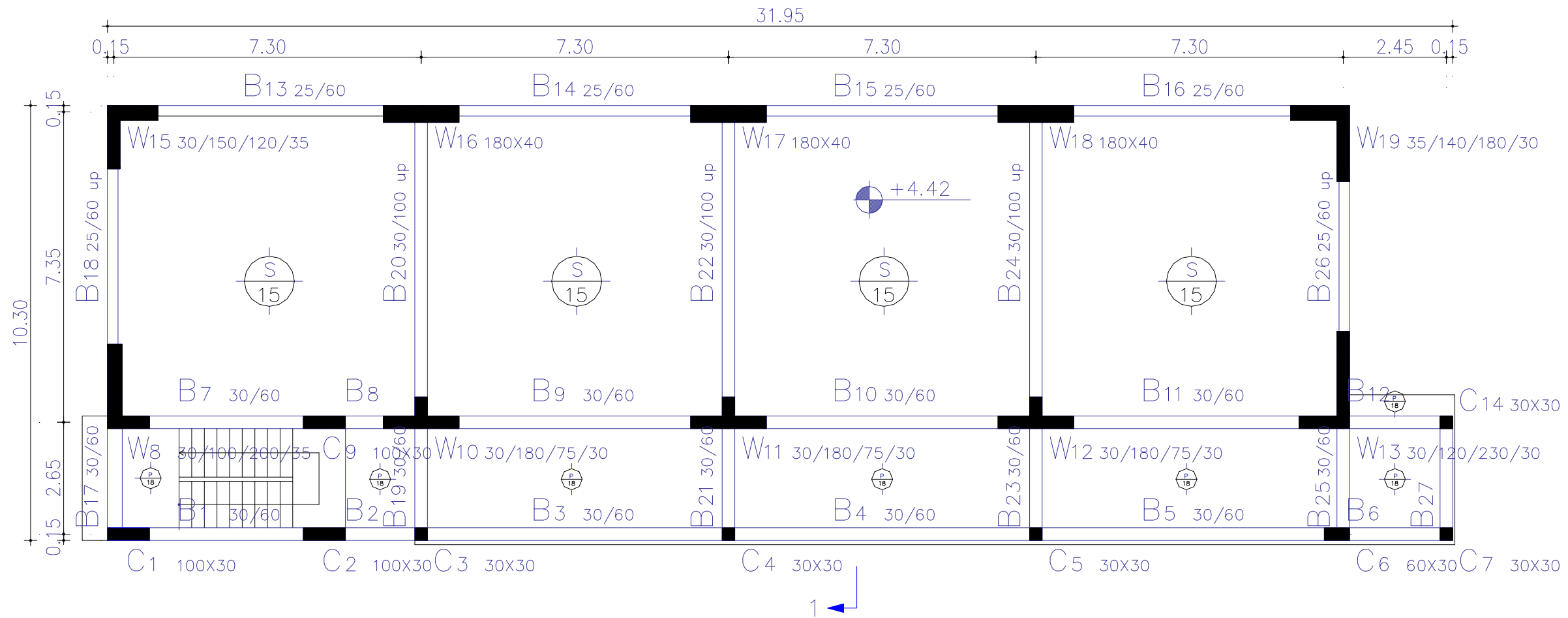
2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Περιγραφή-Παθολογία



2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

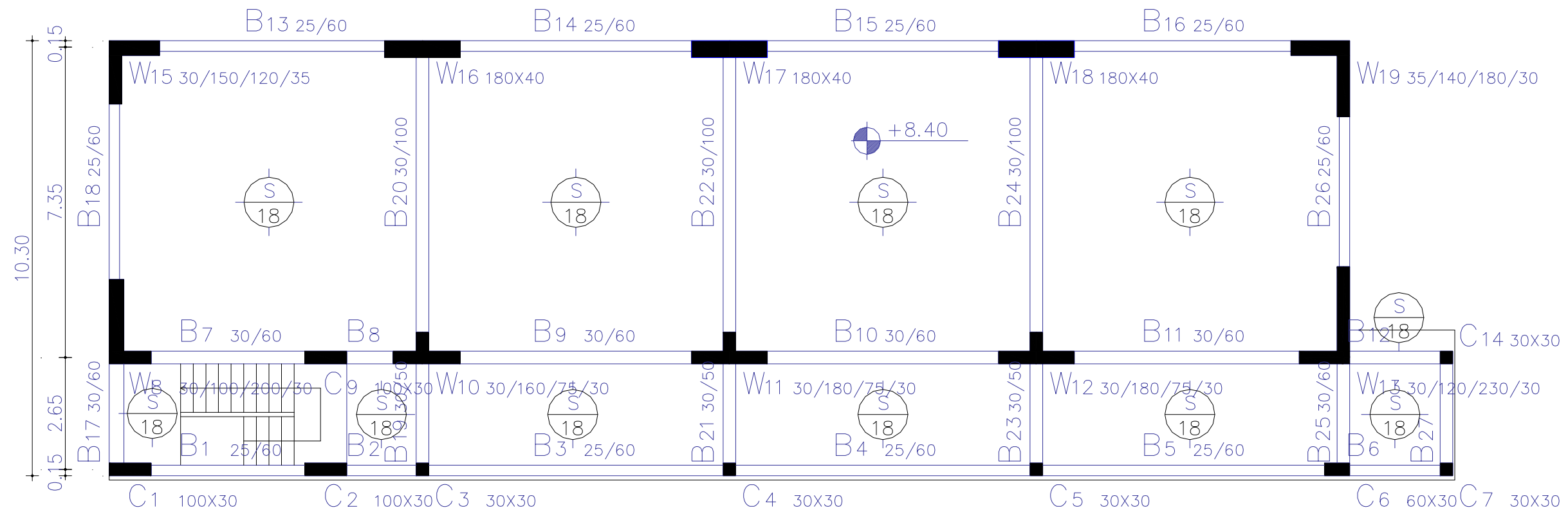
Περιγραφή-Παθολογία: Κάτοψη Ισογείου



Πρόκειται για κτίριο με φέροντα οργανισμό από ΩΣ που αποτελείται από πλαισιακό σύστημα δοκών- τοιχωμάτων-υποστυλωμάτων.

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

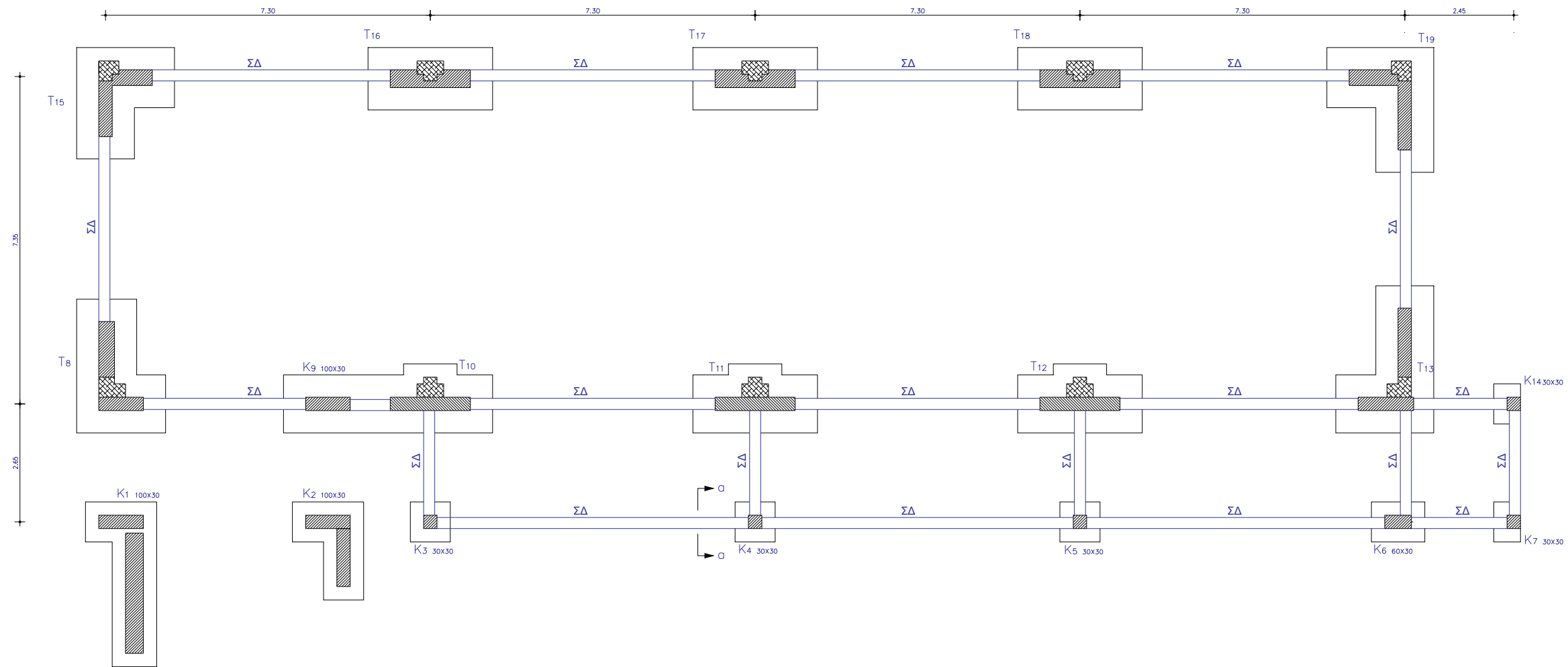
Περιγραφή-Παθολογία: Κάτοψη Α' ορόφου



Πρόκειται για κτίριο με φέροντα οργανισμό από ΩΣ που αποτελείται από πλαισιακό σύστημα δοκών- τοιχωμάτων-υποστυλωμάτων.

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Περιγραφή-Παθολογία: Κάτοψη Θεμελίωσης



Η θεμελίωση αποτελείται από μεμονωμένα πέλδια συνδεδεμένα με περιμετρικές συνδετηρίους δοκούς.

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Περιγραφή-Παθολογία: Βλάβες



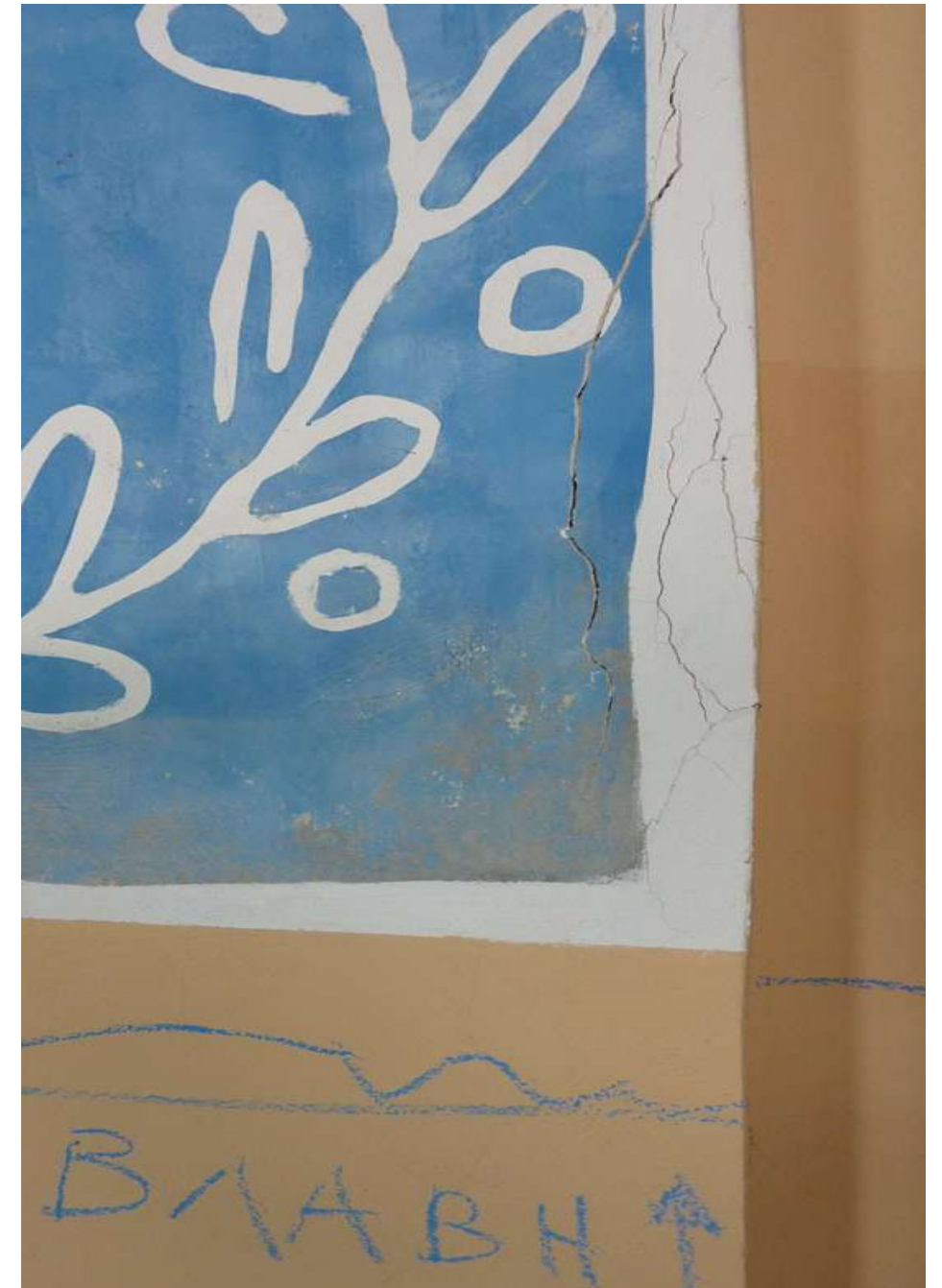
Βλάβες σε κατ.στοιχεία, T12

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Περιγραφή-Παθολογία: Βλάβες



Βλάβες σε κατ.στοιχεία, T17



2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

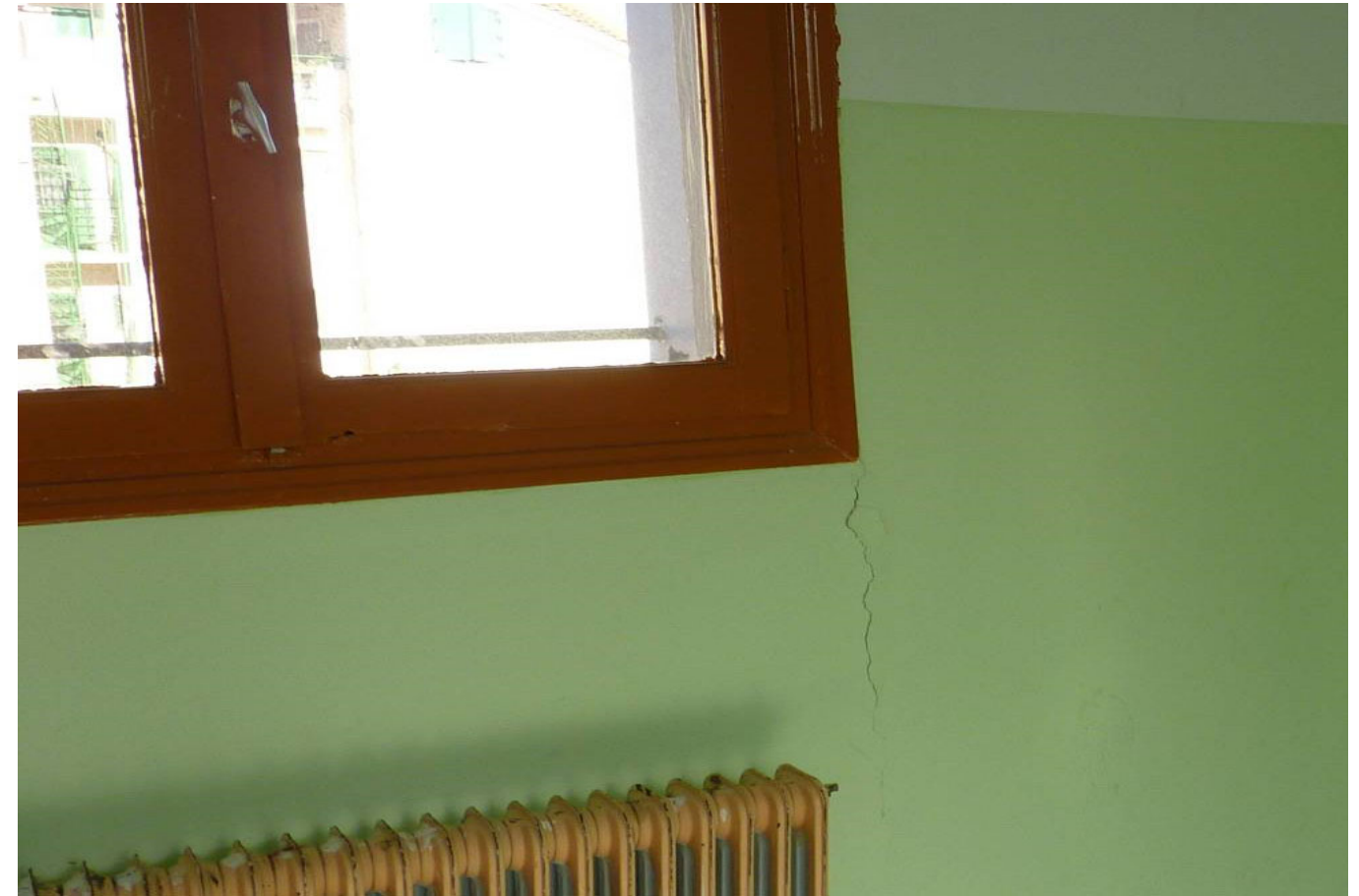
Περιγραφή-Παθολογία: Βλάβες



Βλάβες σε κατ.στοιχεία, Κ4

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

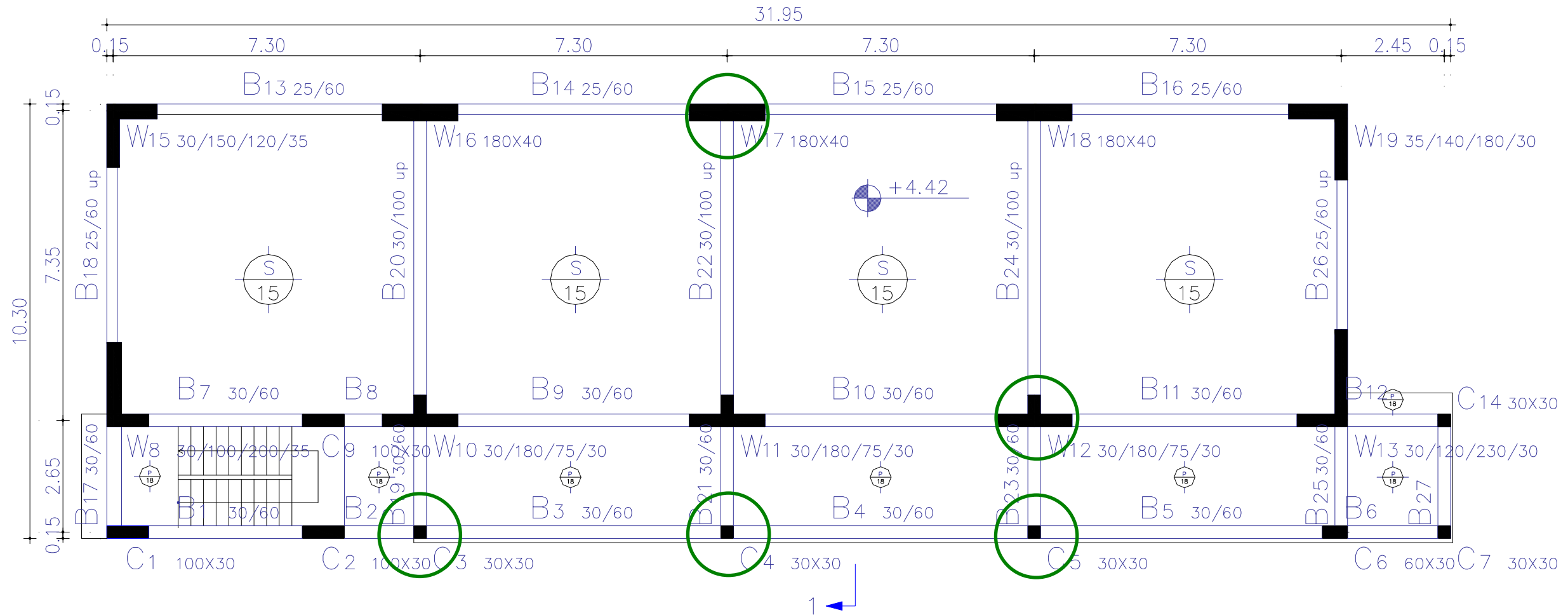
Περιγραφή-Παθολογία: Βλάβες



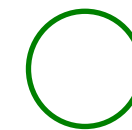
Αποκολλήσεις τοιχοποιίας

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Περιγραφή-Παθολογία: Βλάβες



Κάτοψη Ισογείου



Βλάβες σε δομικά στοιχεία

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Διερεύνηση-τεκμηρίωση Φ.Ο. κτιρίου

Για το κτίριο δε βρέθηκαν σχέδια ξυλοτύπων.

Η διερεύνηση του φέροντος οργανισμού περιλαμβάνει:

1. Αποτύπωση φορέα
2. Ποιοτικό έλεγχο υλικών
 - α) χάλυβα με αποκοπή και έλεγχο δειγμάτων
 - β) σκυρόδεμα με πυρηνοληψίες, κρουσιμετρήσεις και υπέρηχους
3. Έδαφος

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Διερεύνηση-τεκμηρίωση Φ.Ο. κτιρίου

Για το σκυρόδεμα αξιολογώντας το σύνολο των διερευνητικών εργασιών προκύπτει :

- Χαρακτηριστική αντοχή: $f_{ck}=12.9 \text{ MPa}$ (C13/16)
- Μέση αντοχή : $f_{cm}=16.0 \text{ MPa}$

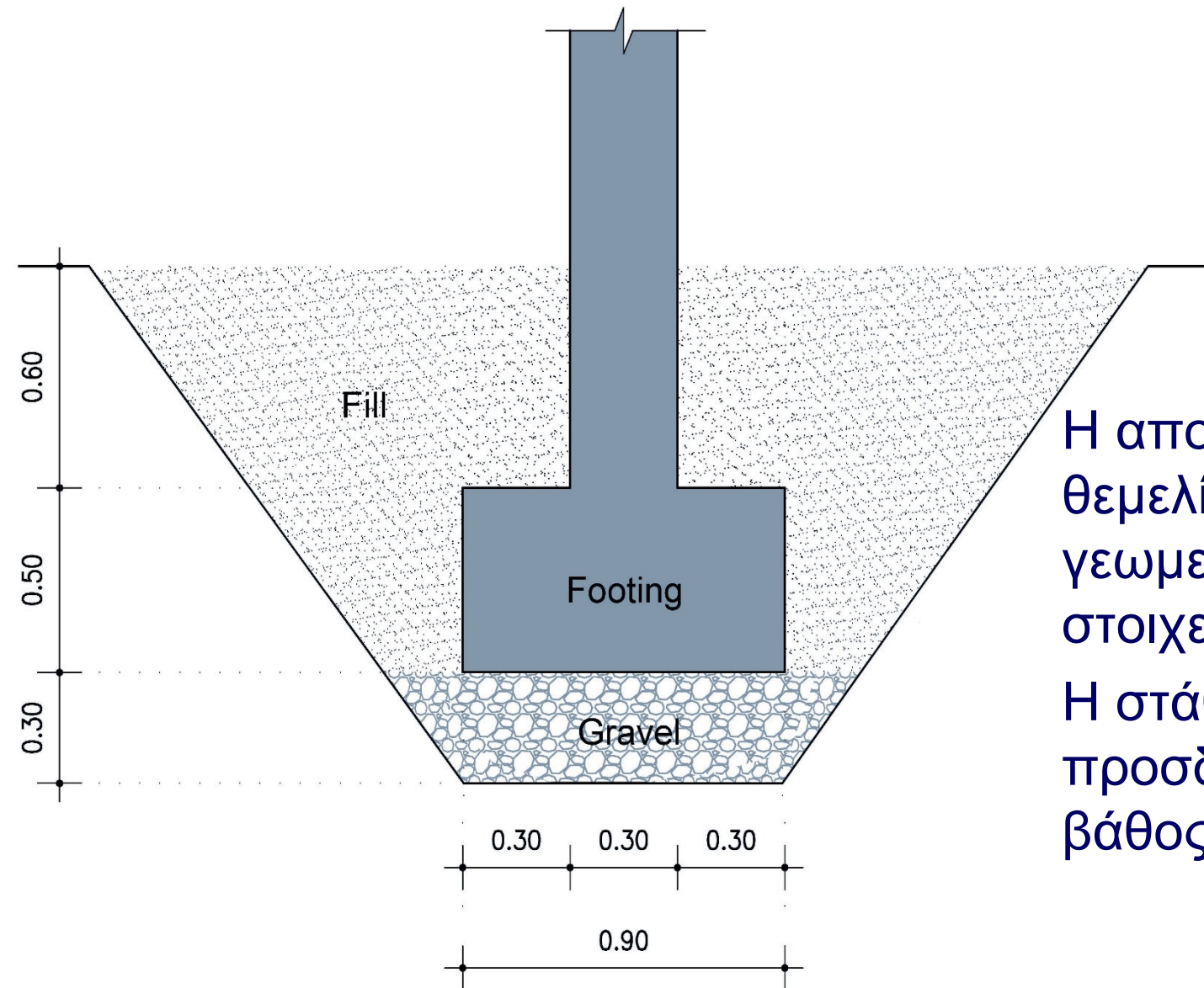
Επιπρόσθετα έγινε έλεγχος ενανθράκωσης και βρέθηκε ότι το βάθος της είναι σημαντικό, (30-70mm).

Για το χάλυβα ο έλεγχος έδειξε αυξημένη αντοχή που υπερβαίνει σημαντικά τις τιμές για την κατηγορία StI όπου τυπικά ανήκει.

- Από δείγματα οπλισμού $\Phi < 12$, βρέθηκε: $f_{yk}=344 \text{ MPa}$
 $f_{ym}=377 \text{ MPa}$
- Για $\Phi > 12$ λαμβάνεται συντηρητικότερα: $f_{yk}=294 \text{ MPa}$
 $f_{ym}=325 \text{ MPa}$

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Διερεύνηση-τεκμηρίωση Φ.Ο. κτιρίου



Η αποκάλυψη της θεμελίωσης έδωσε τα γεωμετρικά της στοιχεία.

Η στάθμη θεμελίωσης προσδιορίστηκε σε βάθος -1.30m.

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Διερεύνηση-τεκμηρίωση Φ.Ο. κτιρίου

Το κτίριο απέχει λιγότερο από 100m από το κτίριο της Νομαρχίας όπου είναι εγκατεστημένος ο επιταχυνσιογράφος ARG 2 και εκτιμάται ότι έχει το ίδιο εδαφικό προφίλ.

Σύμφωνα με το ΙΤΣΑΚ σε μετρήσεις με την τεχνική Cross-Hole που έγιναν το 1996 μετρήθηκαν τιμές ταχύτητας διατμητικών κυμάτων $V_{s30}=440\text{m/s}$. Κατά συνέπεια το έδαφος χαρακτηρίζεται ως κατηγορίας B σύμφωνα με τον EC 8. Σημειώνεται ότι οι τιμές V_{s30} στα άνω 10m του εδαφικού προφίλ, είναι 260m/s και αυτή η τιμή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των ελατηριακών σταθερών της θεμελίωσης.

Για κάθε τύπο ανάλυσης πραγματοποιούνται δύο ομάδες αναλύσεων με και χωρίς συνυπολογισμό της αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής (SSI).

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις αποτίμησης

- α. Φασματικές αναλύσεις σε χωρικό προσομοίωμα
- β. Αναλύσεις με την ανελαστική στατική μέθοδο (pushover)
- γ. Μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις

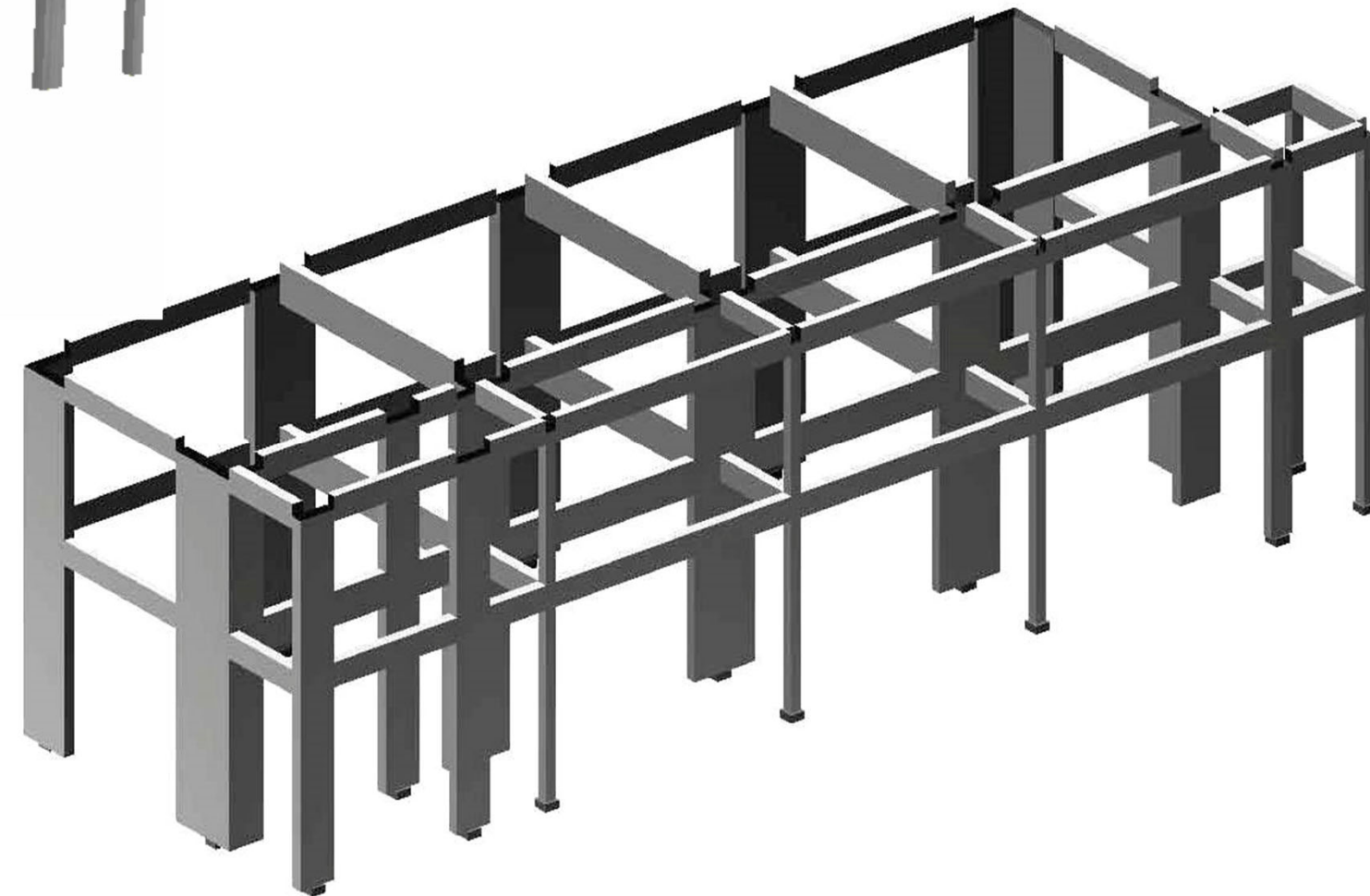
2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις αποτίμησης



Seismostruct
(SEISMOSOFT)

Statik (CUBUS)



4α. Δυναμικές φασματικές αναλύσεις

Απαιτήσεις σεισμικής συμπεριφοράς

Το μεγαλύτερο τμήμα του κτιρίου έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί με τον ΑΚ1959.

Η εφαρμογή του ΚΑΝΕΠΕ συνεπάγεται τη χρήση του φάσματος απόκρισης του EC-8. Σύμφωνα με αυτό, το κτίριο βρίσκεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III ($\alpha = 0.36g$) και για κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας εδάφους B γίνεται προσαύξηση του φάσματος κατά $S=1.20$.

Η Κατηγορία Σπουδαιότητας είναι Σ3 και ο στόχος αποτίμησης και ανασχεδιασμού Φ.Ο. λαμβάνεται Β1 δηλαδή δεν υπάρχει πρόσθετος μειωτικός ή αυξητικός συντελεστής σε σχέση με το σχεδιασμό νέου κτιρίου.

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις: Δυναμικά χαρακτηριστικά κτιρίου

ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΙ:

Για την περίπτωση πάκτωσης στη βάση, θεμελιώδεις ιδιοπερίοδοι:

0.28s (Y-Y) με ποσοστό συμμετοχής 82%

0.23s (X-X) με ποσοστό συμμετοχής 85%

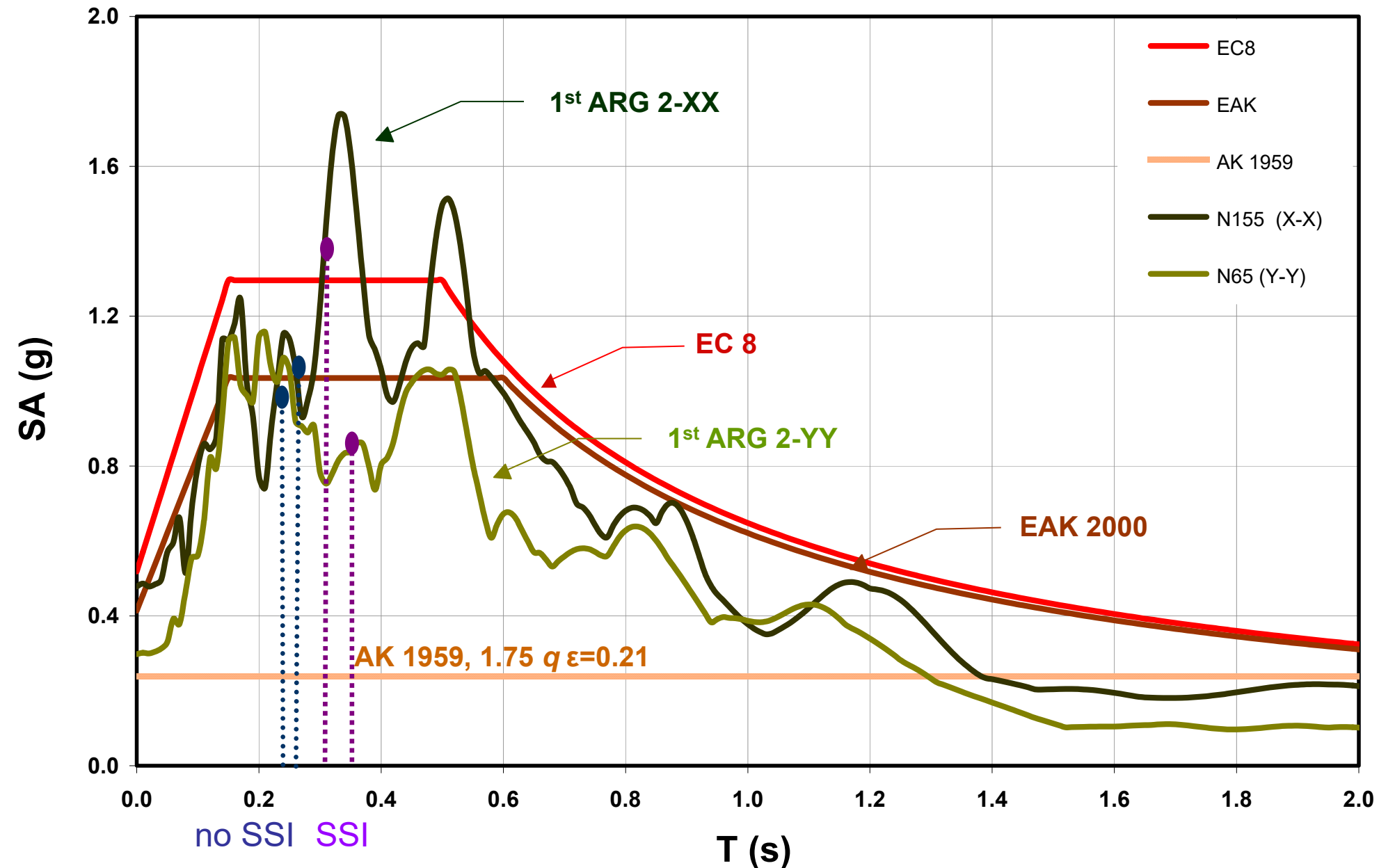
Για την περίπτωση ελαστικής στήριξης στη βάση, θεμελιώδεις ιδιοπερίοδοι:

0.35s (Y-Y) με ποσοστό συμμετοχής 84%

0.29s (X-X) με ποσοστό συμμετοχής 86%

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις: Ελαστικά φάσματα



2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις: Αποτελέσματα φασματικής ανάλυσης

Δείκτες ανεπάρκειας, λ , των κατακόρυφων στοιχείων στη στάθμη ισογείου (προκαταρκτική ανάλυση, $q=1$)

Μέλος / Διαστάσεις	Θέση ποδ./κεφ.	Κάμψη (λ)	Διάτμηση Y (λ)	Διάτμηση Z (λ)
C1 100x30	Π Κ	2.74	2.29	4.36
		2.24	2.11	3.54
C2 100x30	Π Κ	2.36	2.59	2.00
		0.88	2.41	1.17
C3 30x30	Π Κ	2.95	1.02	1.34
		2.72	0.77	1.10
C4 30x30	Π Κ	2.24	0.89	1.21
		2.04	0.64	0.96
C5 30x30	Π Κ	2.36	0.95	1.23
		2.14	0.70	0.98
C6 60x30	Π Κ	1.79	1.66	2.46
		1.59	1.46	2.00
C7 30x30	Π Κ	1.96	0.96	0.57
		1.74	0.72	0.32
C9 100x30	Π Κ	2.91	3.24	2.09
		2.11	3.06	1.26
C14 30x30	Π Κ	2.19	0.97	0.56
		2.08	0.73	0.31

Μέλος / Διαστάσεις	Θέση ποδ./κεφ.	Κάμψη (λ)	Διάτμηση Y (λ)	Διάτμηση Z (λ)
W8 30/100/200/35	Π Κ	5.23	1.93	4.31
		1.20	1.71	4.16
W10 30/180/75/30	Π Κ	4.18	4.13	3.97
		1.94	4.25	3.55
W11 30/180/75/30	Π Κ	3.46	4.64	3.63
		1.47	3.94	3.20
W12 30/180/75/30	Π Κ	3.34	5.73	3.65
		1.49	4.01	3.22
W13 30/120/230/30	Π Κ	5.13	4.51	3.01
		0.59	4.34	2.74
W15 30/150/120/35	Π Κ	5.14	3.06	1.84
		0.71	2.93	1.67
W16 180/40	Π Κ	2.21	2.62	1.31
		0.96	2.48	1.06
W17 180/40	Π Κ	2.20	2.62	1.21
		0.80	2.46	0.95
W18 180/40	Π Κ	2.18	2.64	1.21
		0.85	2.47	0.96
W19 35/140/180/30	Π Κ	4.05	2.81	4.24
		0.38	2.59	4.06

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις: Αποτελέσματα φασματικής ανάλυσης

Τα αποτελέσματα του προκαταρκτικού ελέγχου δείχνουν ότι πάνω από το 1/3 του συνόλου των κατακορύφων στοιχείων παρουσιάζουν δείκτες ανεπάρκειας, λ , (λόγοι δράσεων προς διαθέσιμες αντιστάσεις) μεγαλύτερους του 4.

Σχεδόν δηλαδή το σύνολο των κατακορύφων στοιχείων έχει μειωμένη φέρουσα ικανότητα, δηλαδή τα εντατικά μεγέθη που αναπτύσσονται απαιτούν περισσότερο οπλισμό από τον υφιστάμενο ή και αλλαγή διατομής. Αυτό αφορά τόσο τη διαξονική κάμψη με ορθή δύναμη (διαμήκης οπλισμός) όσο και τη διάτμηση (συνδετήρες).

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις: Μη γραμμικές στατικές αναλύσεις

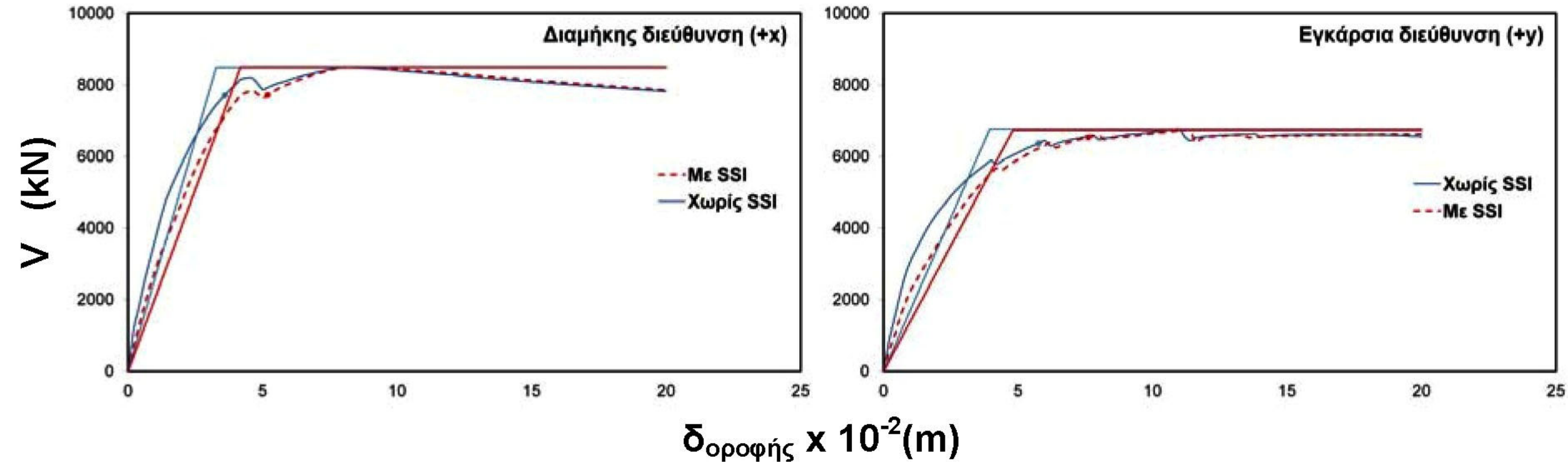
Οι μη γραμμικές στατικές αναλύσεις με ομοιόμορφη και τριγωνική κατανομή των πλευρικών δυνάμεων πραγματοποιήθηκαν και στις δύο διευθύνσεις του κτιρίου, διαμήκη και εγκάρσια, με εναλλαγή προσήμων.

Έτσι προκύπτουν η καμπύλη ικανότητας του κτιρίου στις δύο διευθύνσεις του και η διγραμμική προσέγγιση της καμπύλης. Στη συνέχεια υπολογίζεται η αναμενόμενη μετακίνηση.

Πραγματοποιούνται δύο ομάδες αναλύσεων με και χωρίς συνυπολογισμό της αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής (SSI).

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις: Μη γραμμικές στατικές αναλύσεις

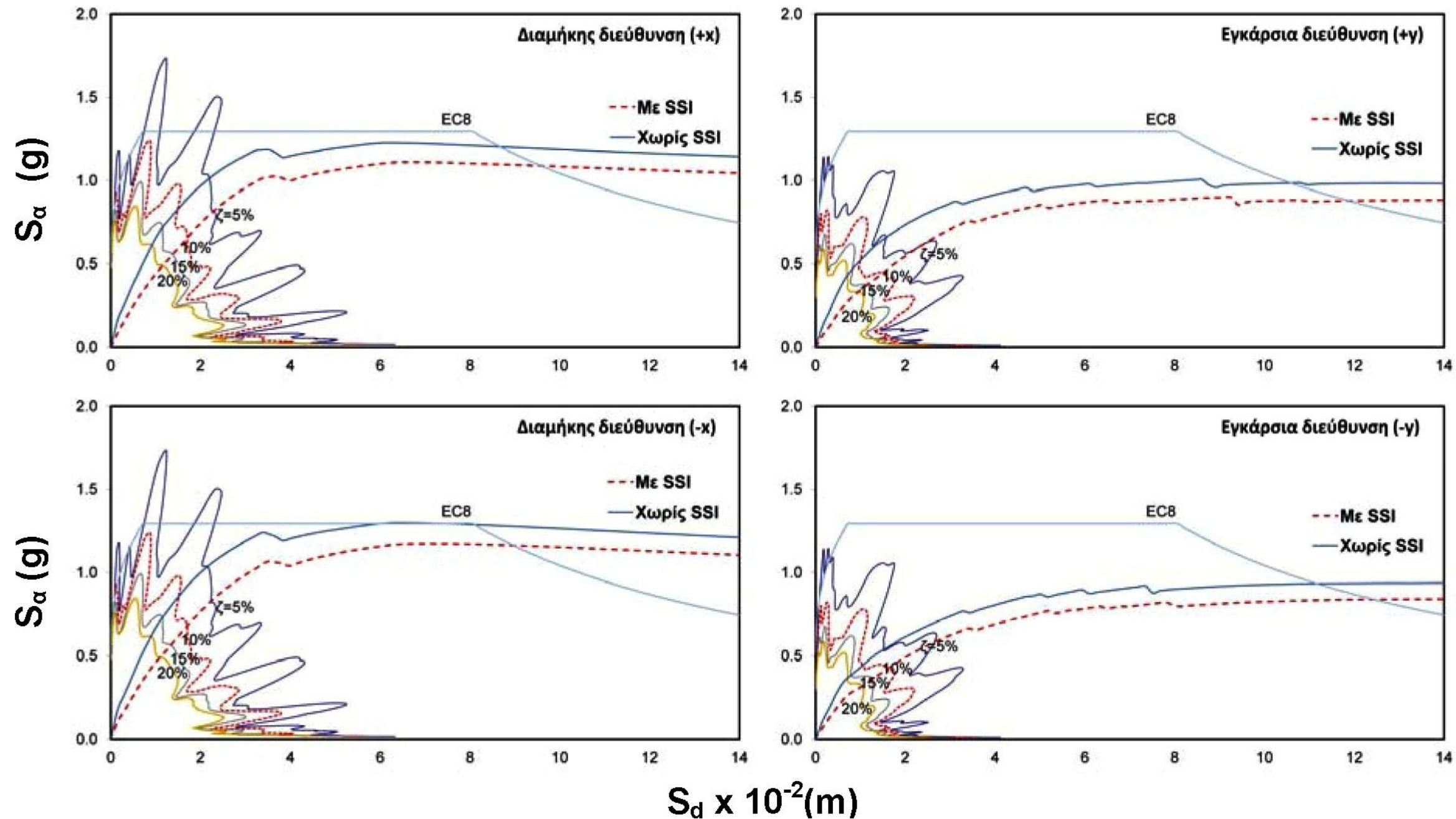


Καμπύλη τέμνουσας βάσης – μετακίνησης οροφής

Οι πρώτες πλαστικές αρθρώσεις σε υποστυλώματα αρχίζουν να σχηματίζονται σε μετακίνηση οροφής 2.2 cm περίπου.

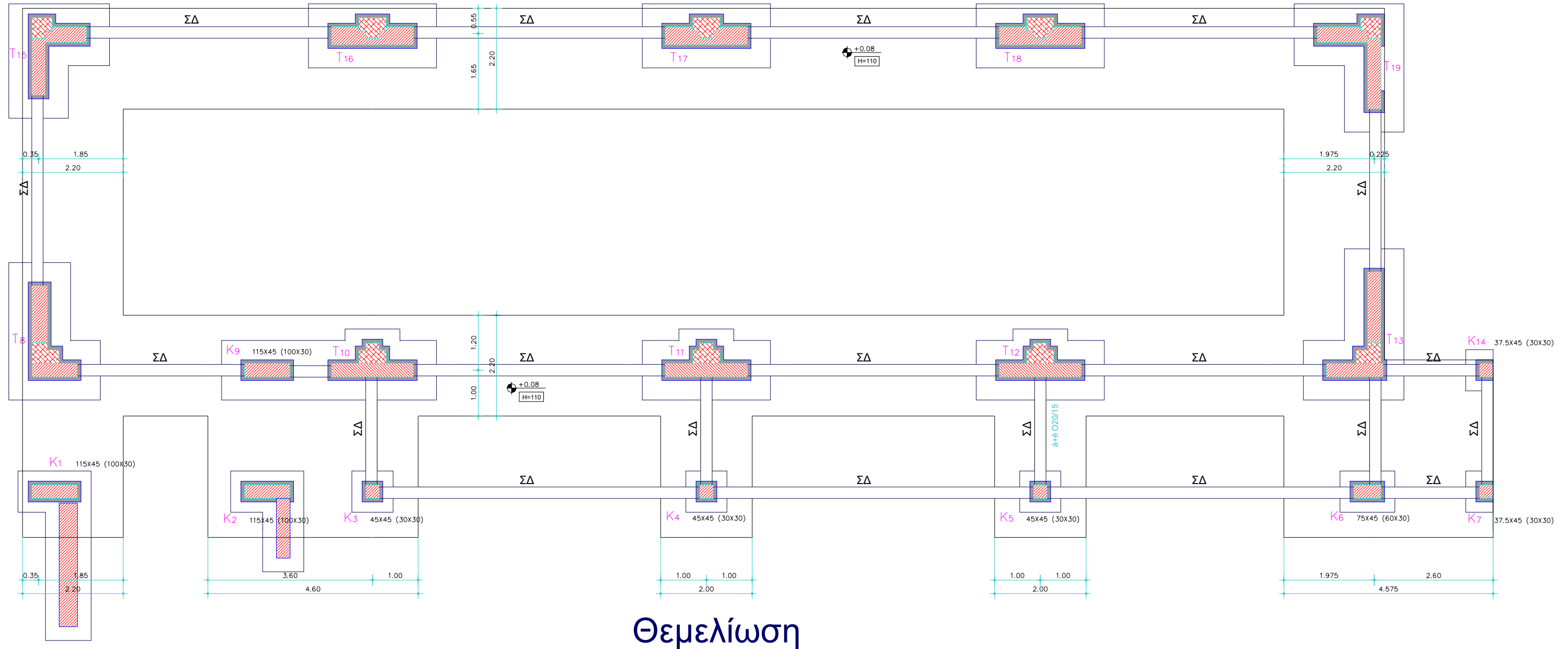
2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αναλύσεις: Μη γραμμικές στατικές αναλύσεις



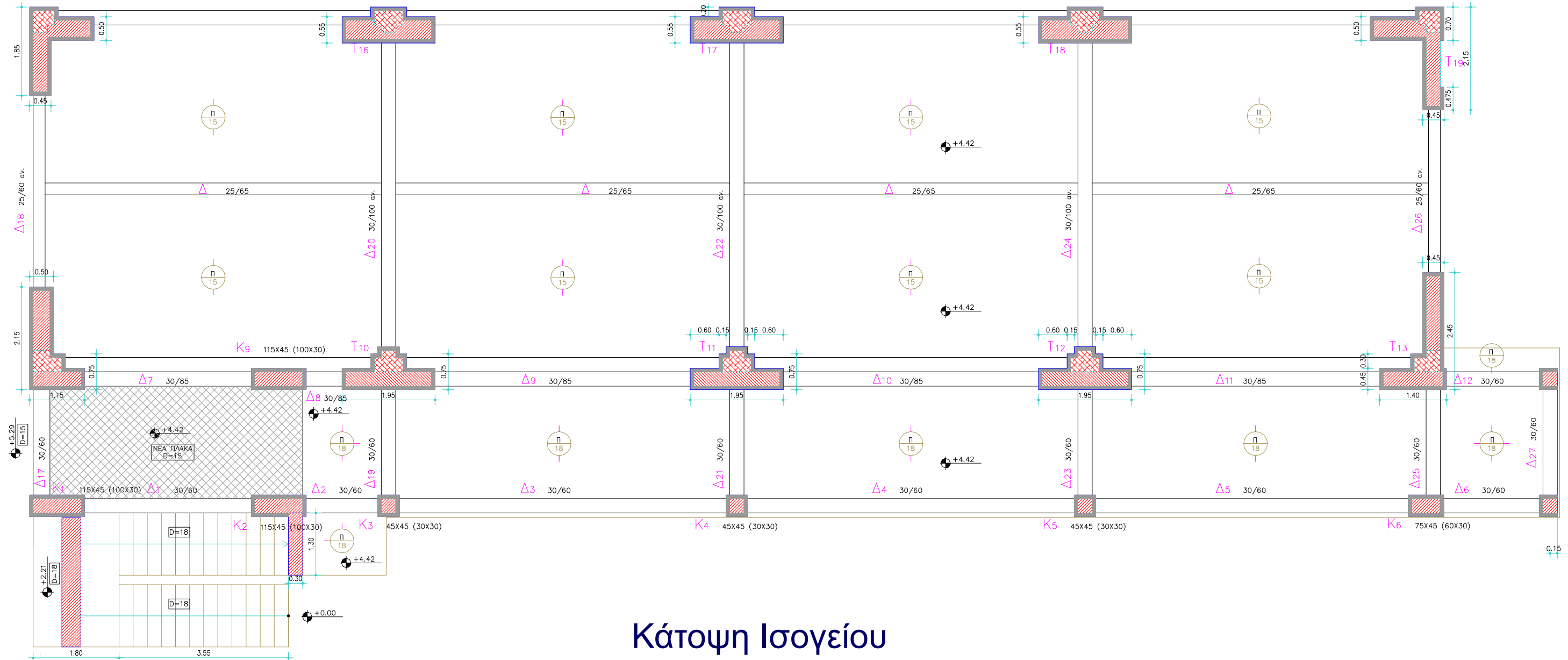
2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αποκατάσταση-Ενίσχυση



2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

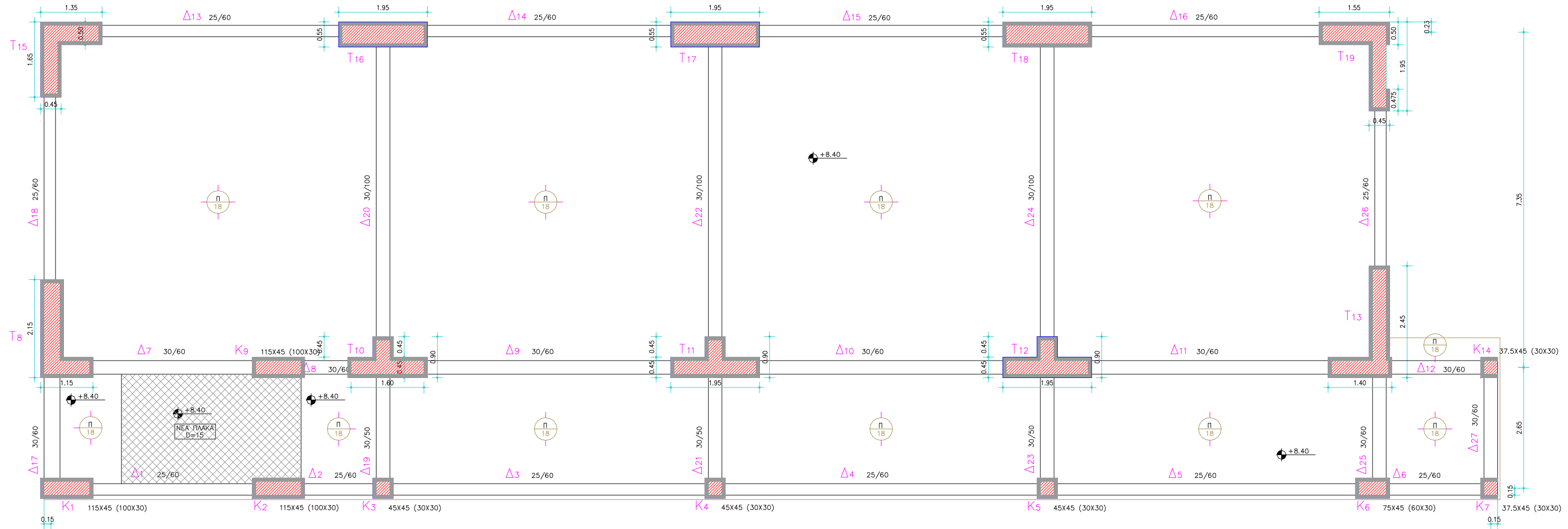
Αποκατάσταση-Ενίσχυση



Κάτοψη Ισογείου

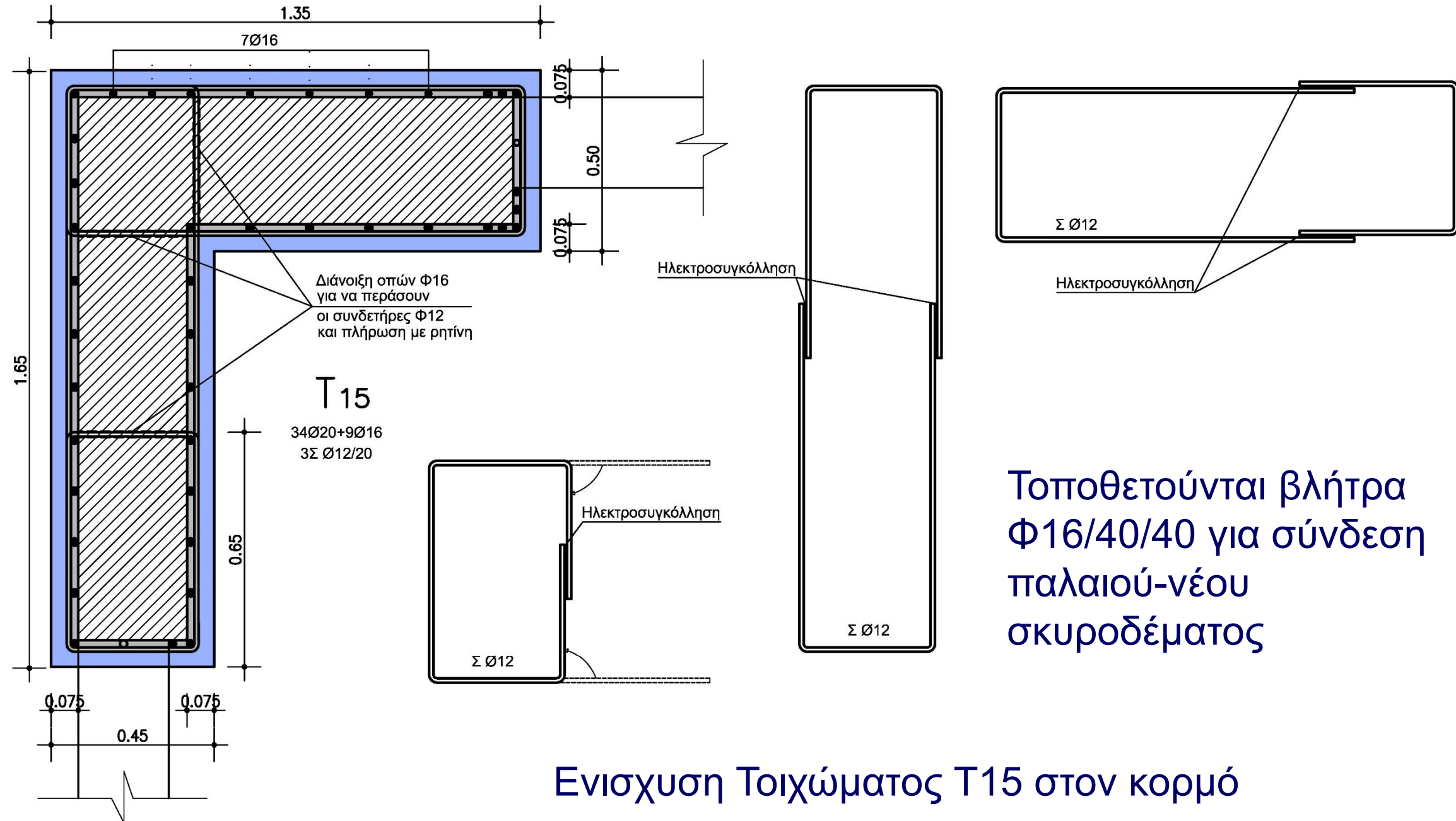
2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αποκατάσταση-Ανασχεδιασμός

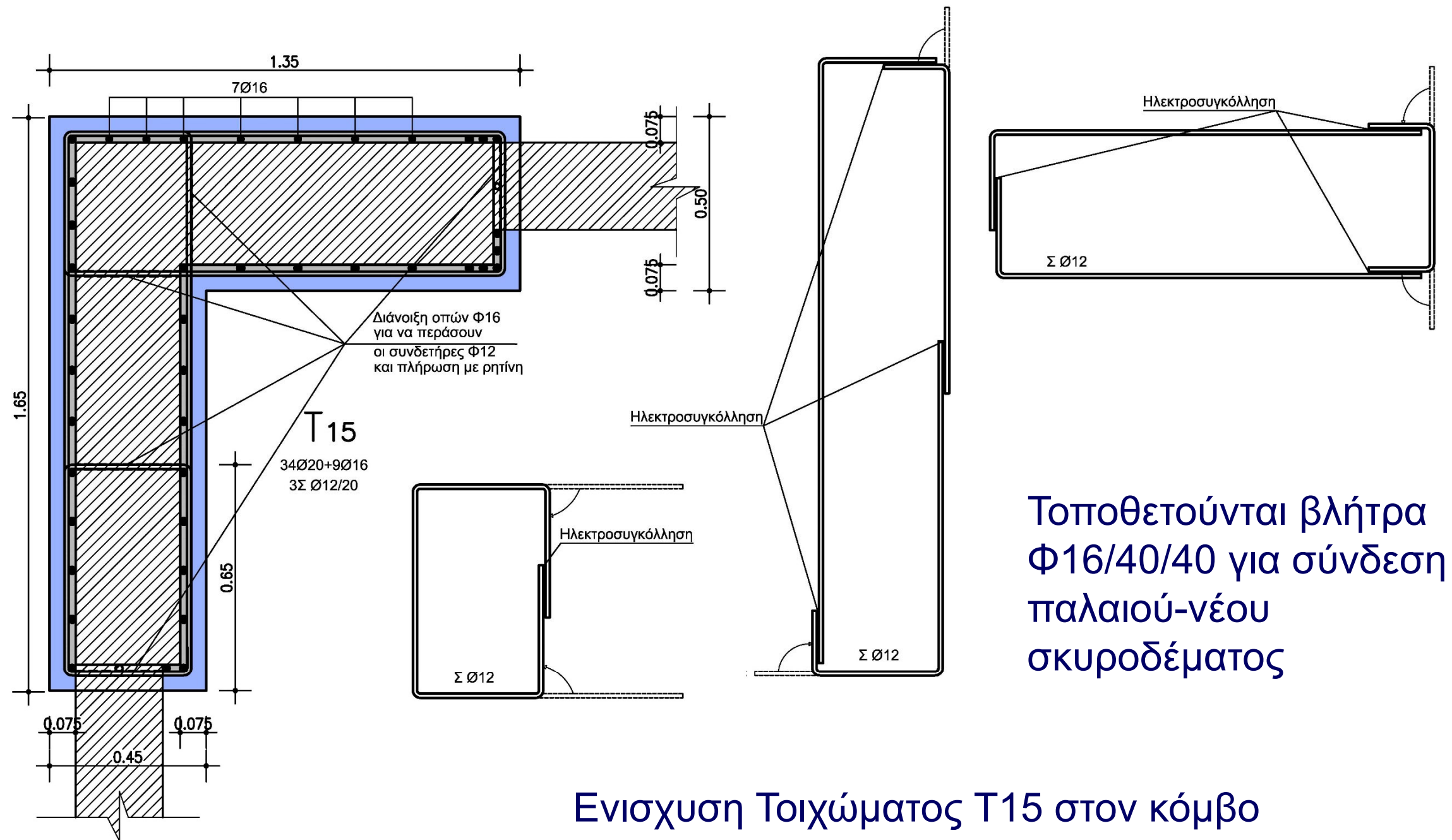


Κάτοψη Α' ορόφου

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά Αποκατάσταση-Ανασχεδιασμός



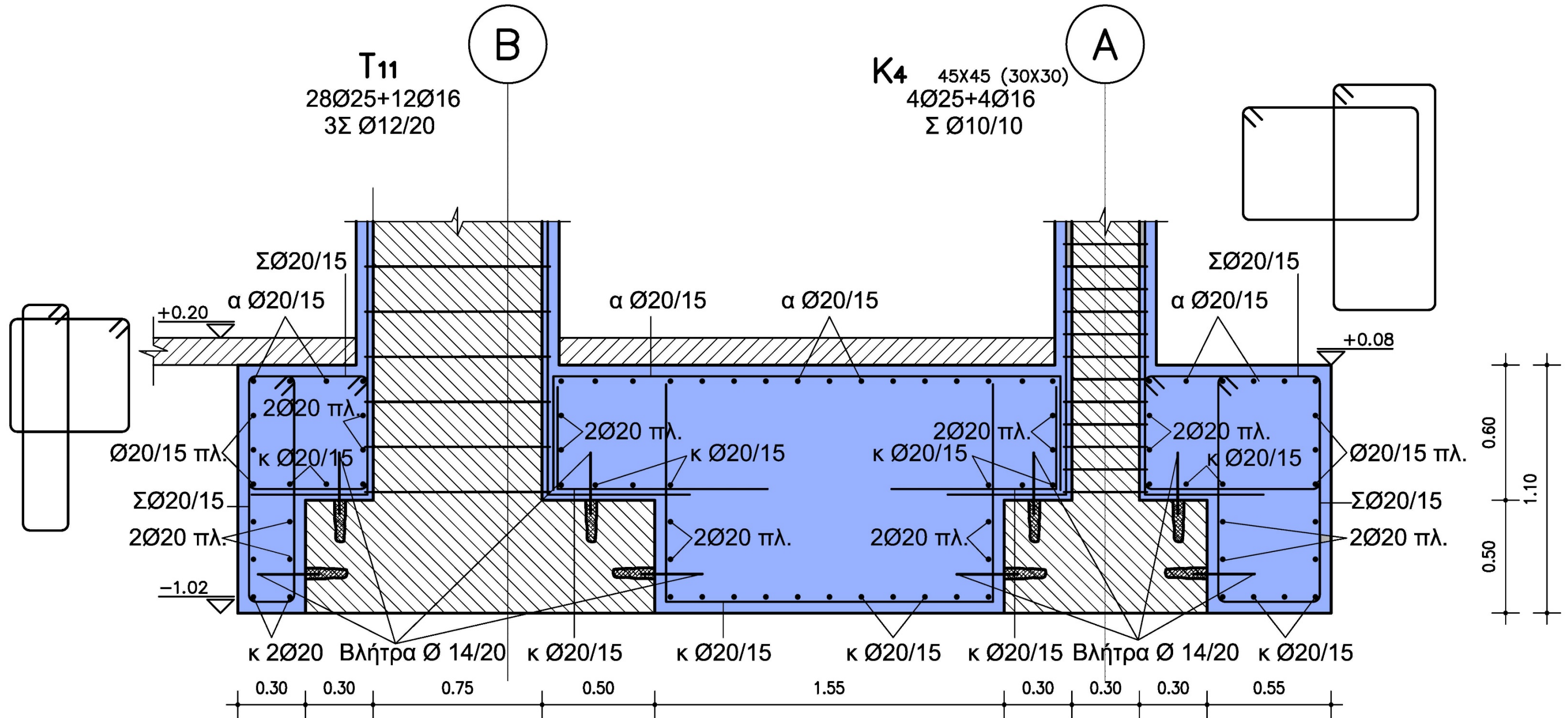
2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά Αποκατάσταση-Ανασχεδιασμός



Ενίσχυση Τοιχώματος T15 στον κόμβο

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Αποκατάσταση-Ανασχεδιασμός



2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις

Οι μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις με τα επιταχυνσιογραφήματα από τις καταγραφές του σεισμού στοχεύουν στην ακριβή εκτίμηση της σεισμικής απαίτησης.

Ως προς την εφαρμογή της σεισμικής διέγερσης οι αναλύσεις έγιναν με ταυτόχρονη διέγερση και στις δύο διευθύνσεις. Τα επιταχυνσιογραφήματα από την καταγραφή του Αργοστολίου περιστράφηκαν αριστερόστροφα κατά 25 μοίρες ώστε οι άξονές τους να συμπέσουν με αυτούς του κτιρίου.

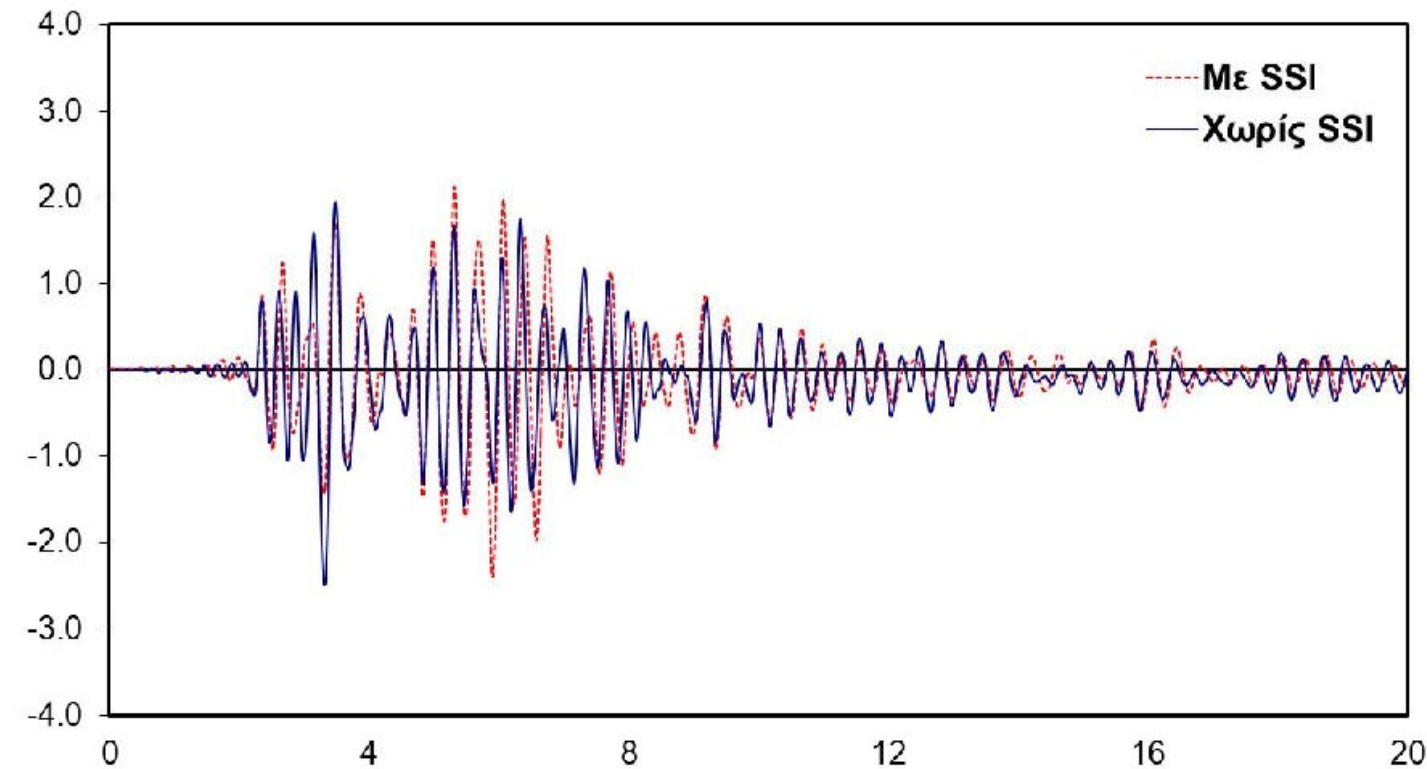
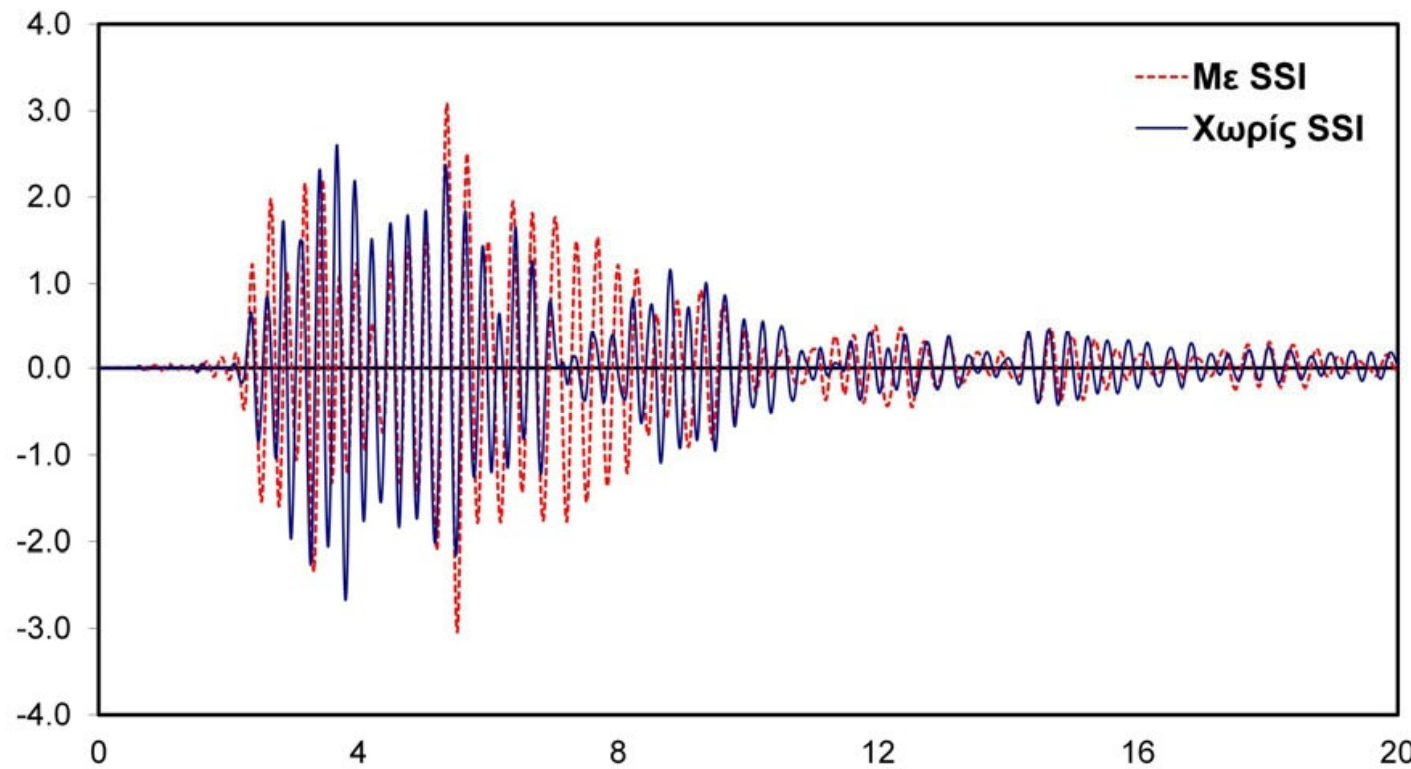
2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Μη γραμ. δυναμικές αναλύσεις - Χρονοϊστορίες μετακίνησης οροφής Α' ορ.

Διαμήκης διεύθυνση

Εγκάρσια διεύθυνση

Μετακίνηση οροφής (cm)



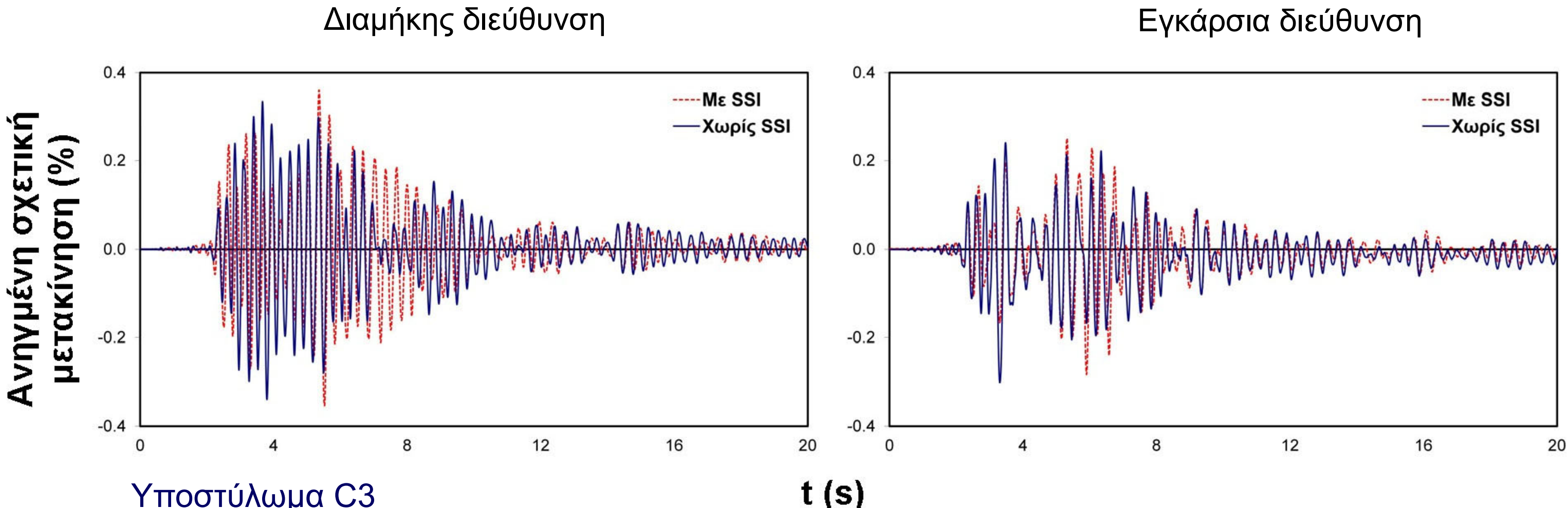
Υποστύλωμα C3

t (s)

- χωρίς SSI: μέγιστη τιμή μετακίνησης 2.7cm (διαμήκη), 2.5 cm (εγκάρσια)
- με SSI: μέγιστη τιμή μετακίνησης 3.1cm (διαμήκη), 2.4 cm (εγκάρσια)

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Μη γραμ. δυναμικές αναλύσεις - Χρονοϊστορίες μετακίνησης οροφής Α' ορ.



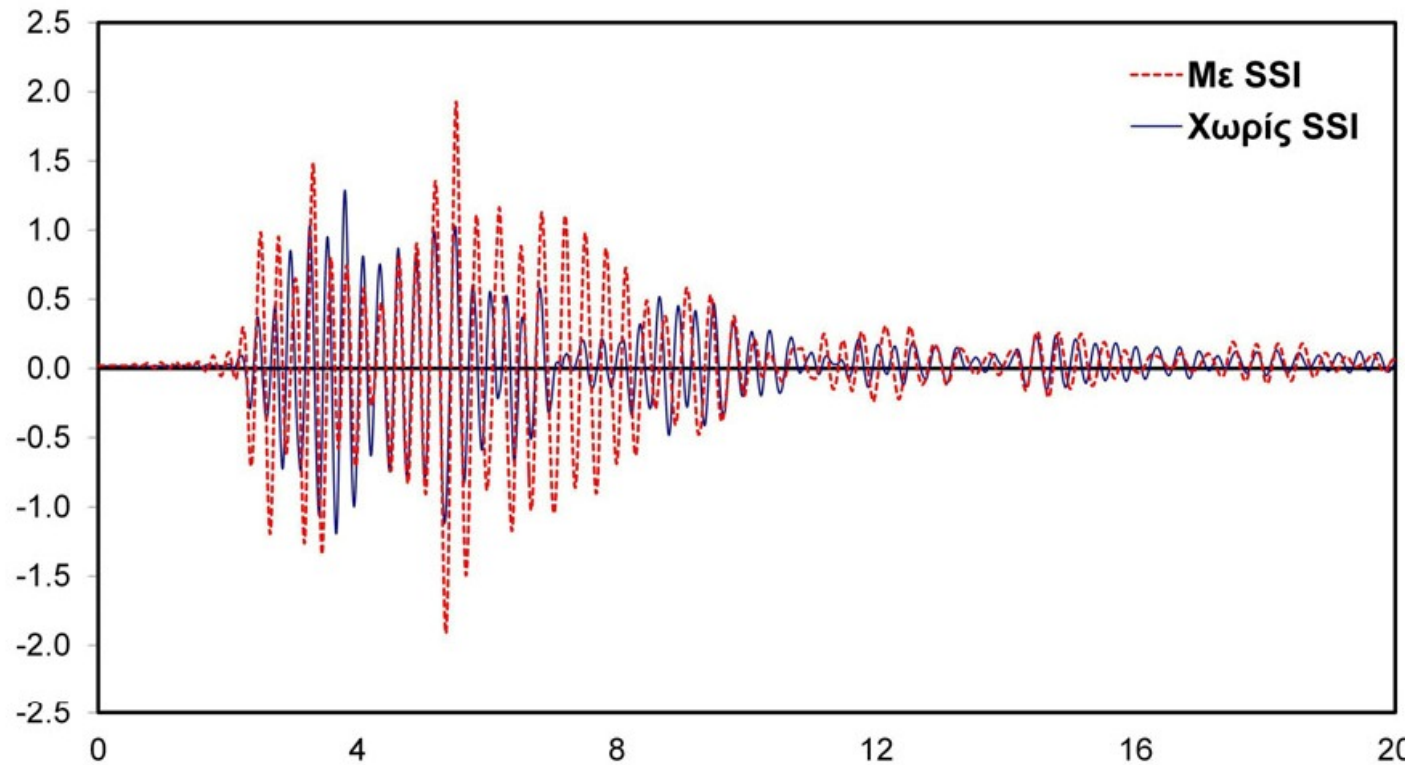
Υποσύλωμα C3

- χωρίς SSI: μέγιστη τιμή ανηγμ. μετακίνησης 3.5‰ (διαμήκη), 2.8‰ (εγκάρσια)
 - με SSI: μέγιστη τιμή ανηγμ. μετακίνησης 3.7‰ (διαμήκη), 2.9‰ (εγκάρσια)
- οι τιμές αυτές είναι σημαντικές αλλά μικρότερες από το όριο του 5 ‰

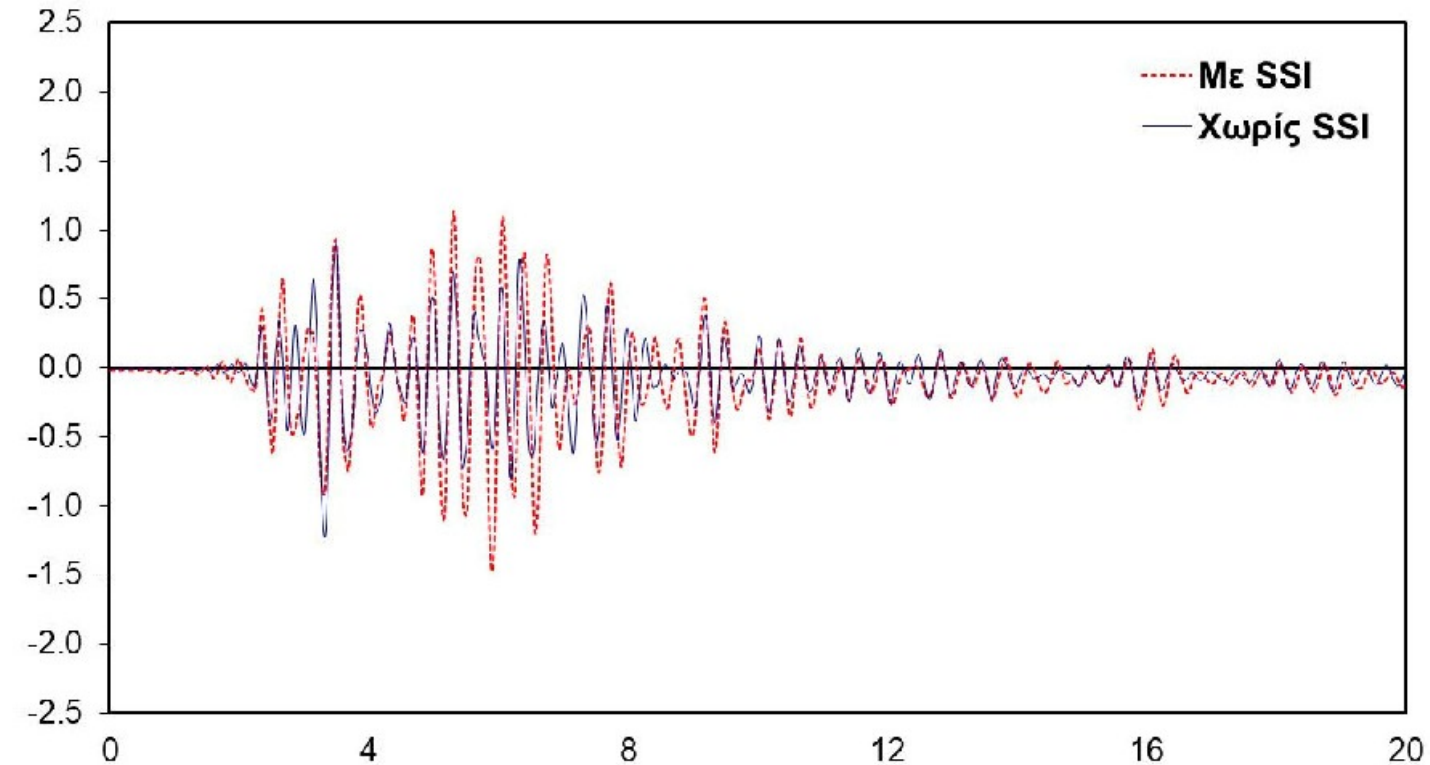
2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

Μη γραμ. δυναμικές αναλύσεις - Απαιτούμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων

Διαμήκης διεύθυνση



Εγκάρσια διεύθυνση



Υποσύλωμα C3

- χωρίς SSI: μέγιστη τιμή απαιτούμενης πλαστιμότητας 1.3 (διαμήκη)
- με SSI: μέγιστη τιμή απαιτούμενης πλαστιμότητας 1.9 (διαμήκη)

2. Σχολικό κτίριο από ΩΣ στην Κεφαλονιά

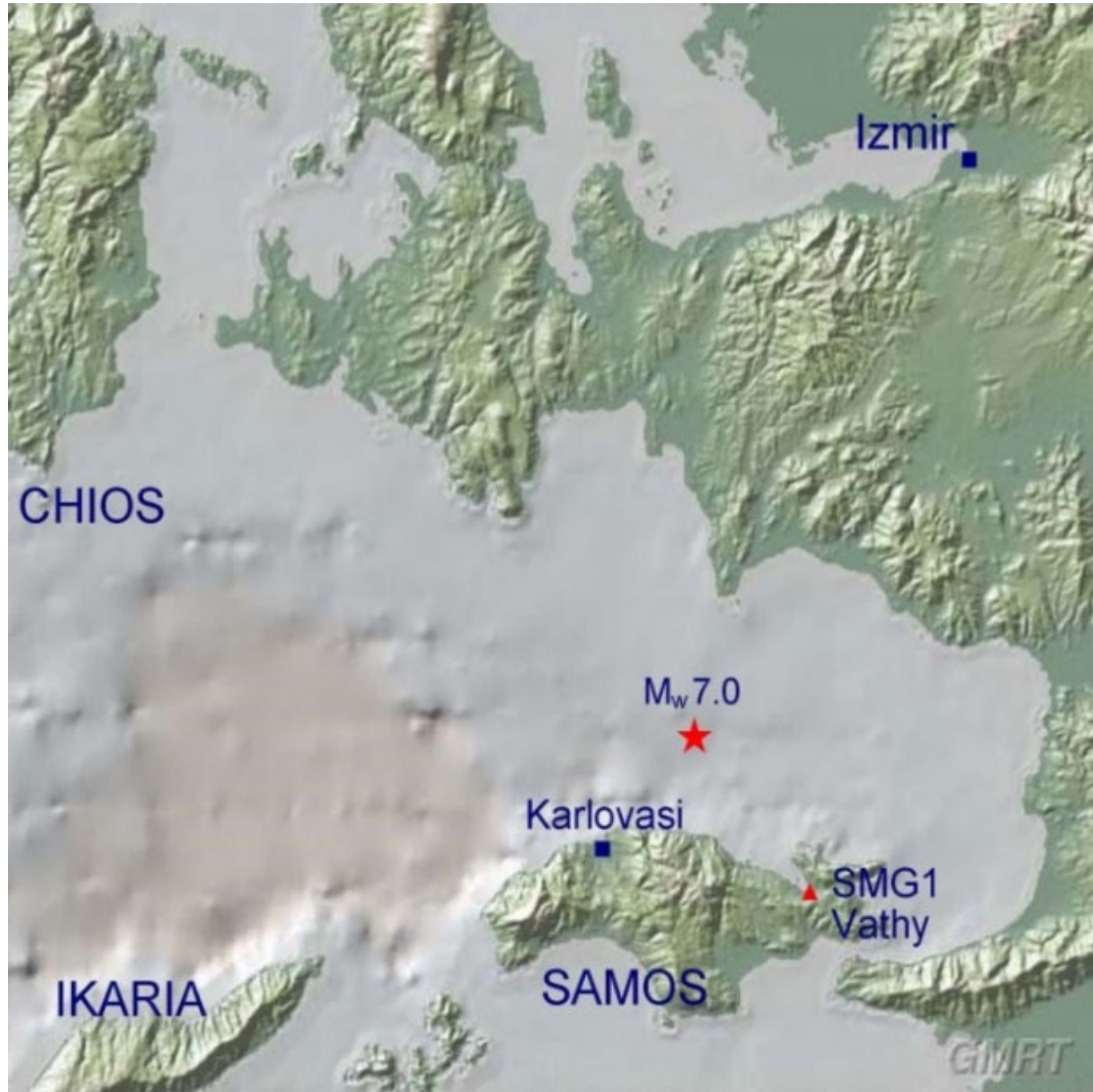
Μη γραμ. δυναμικές αναλύσεις - Συμπεράσματα

(α) Οι αναμενόμενες μετακινήσεις που προέκυψαν από τις ανελαστικές στατικές αναλύσεις βρίσκονται σε ικανοποιητική συμφωνία με τα αποτελέσματα της μη γραμμικής ανάλυσης με χρονοϊστορίες. Οι μικρές βλάβες που εμφανίστηκαν στη βάση κατακόρυφων στοιχείων του ισογείου επαληθεύονται από τις αναλύσεις.

(β) Ο ρόλος της αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής είναι σημαντικός στη συγκεκριμένη περίπτωση λόγω της δυσκαμψίας του φορέα του κτηρίου. Έτσι λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση προκύπτουν σημαντικά μεγαλύτερες ανηγμένες σχετικές μετακινήσεις ορόφων και απαιτήσεις πλαστιμότητας δομικών στοιχείων που αιτιολογούν καλύτερα τις βλάβες.

(γ) Συνολικά, παρά το γεγονός ότι το κτίριο έχει μελετηθεί με τον Αντισεισμικό κανονισμό του 1959, οι μειωμένες βλάβες που εμφάνισε αιτιολογούνται από τις απαιτήσεις των σεισμικών διεγέρσεων του 2014 στο Αργοστόλι. Αυτό οφείλεται μεταξύ άλλων στη συμβολή της τοιχοποιίας, στην αυξημένη πραγματική αντοχή των οπλισμών και στην εν γένει υπεραντοχή του κτιρίου.

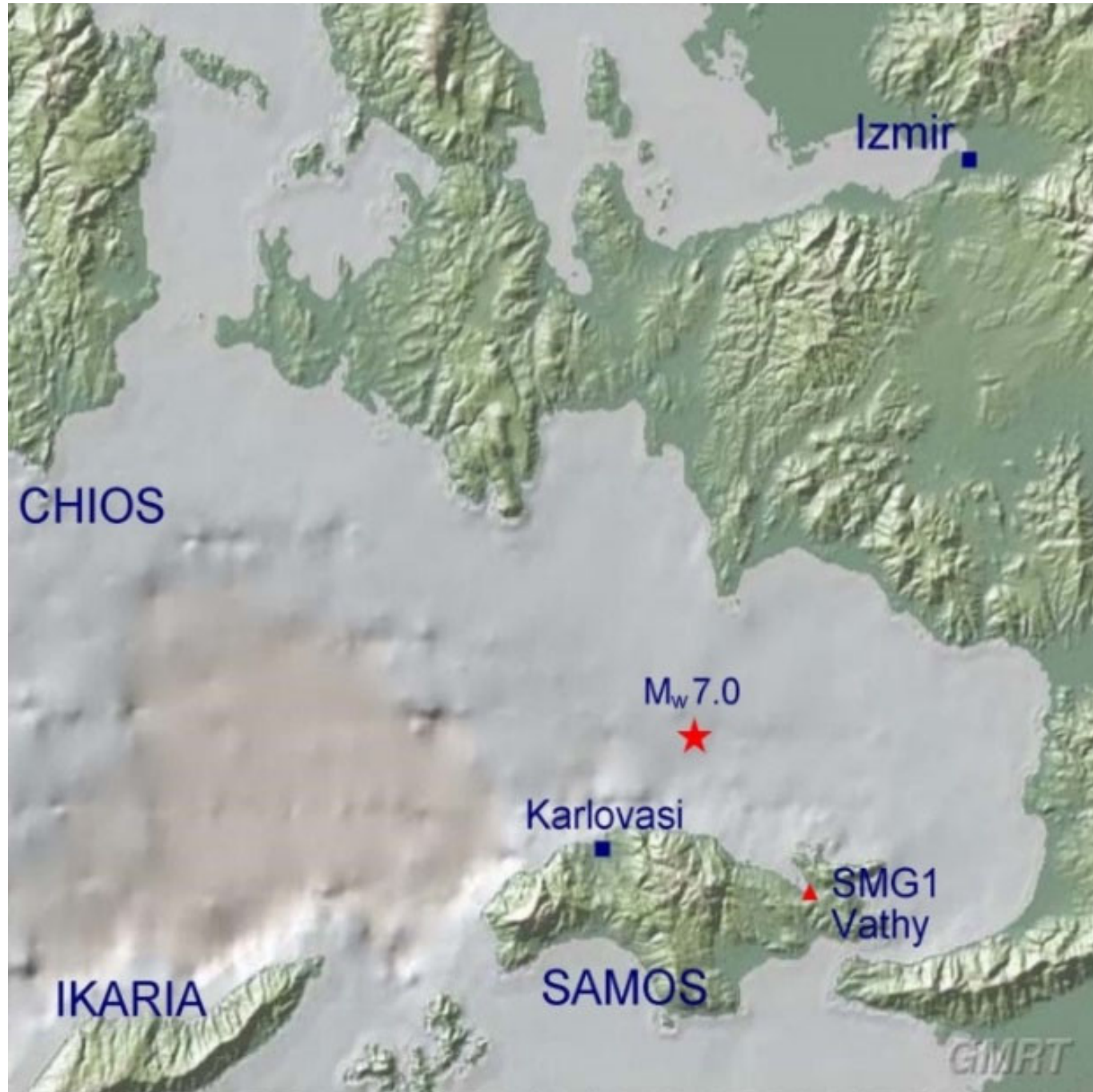
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο



Στις 30/10/2020 ένας ισχυρός επιφανειακός σεισμός εκδηλώθηκε με επίκεντρο 14km βόρεια της Σάμου. Το μέγεθός του εκτιμήθηκε από M6.7 ως M7.0.

Ο σεισμός προκάλεσε ζημιές κυρίως σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία, κατοικίες και εκκλησίες. Σημαντικότερες ήταν οι βλάβες στην πόλη της Σμύρνης, 60km βόρεια του επικέντρου, που οδήγησαν σε μεγάλο αριθμό καταρρεύσεων και αντίστοιχα μεγάλο αριθμό θυμάτων (116).

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

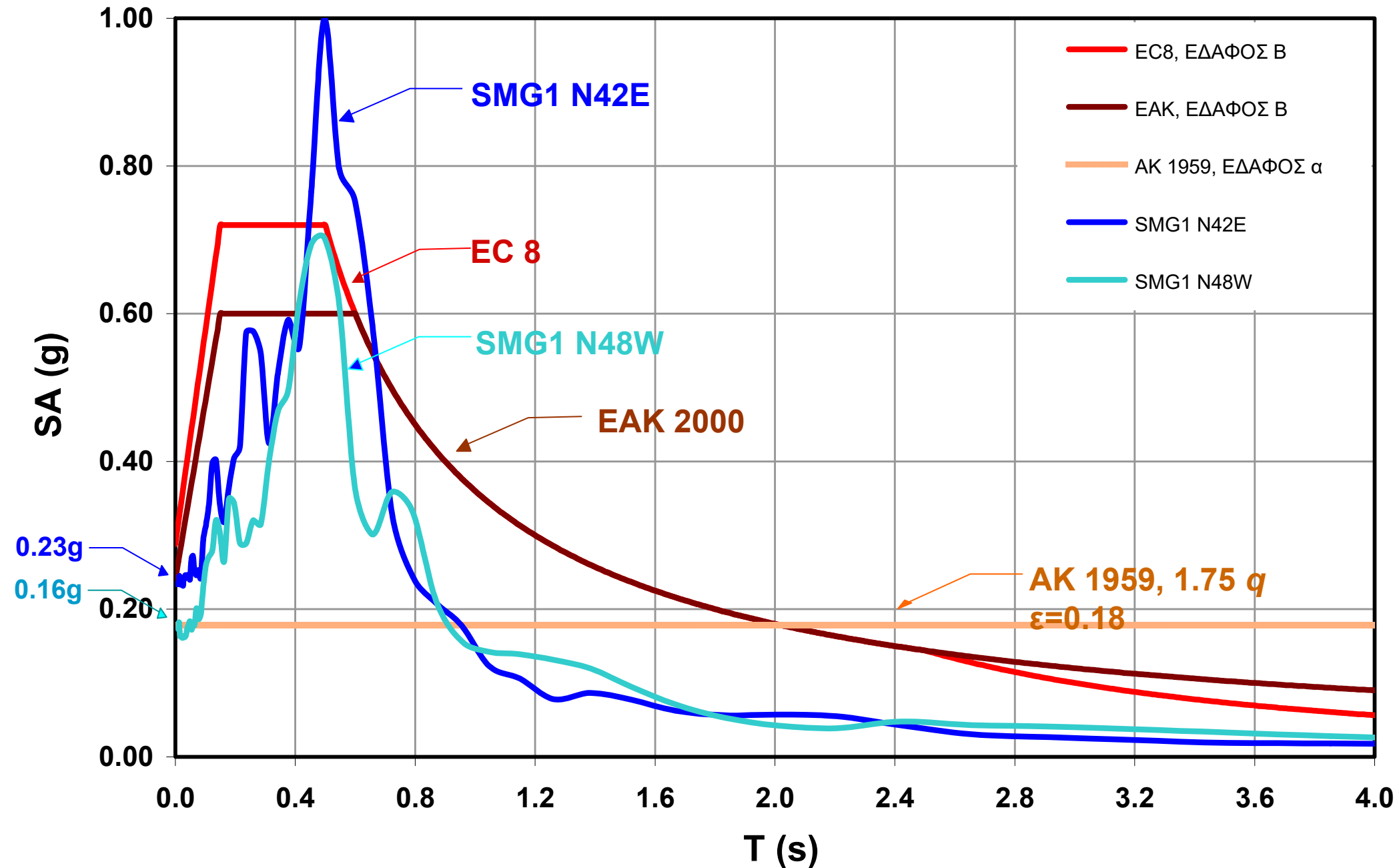


Σημαντικός αριθμός κτιρίων παρουσίασε σοβαρές βλάβες. Τα περισσότερα από αυτά ήταν δημόσια και ιδιωτικά κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία, κάποια από αυτά, αξιοσημείωτης αρχιτεκτονικής μορφολογίας και ποιότητας κατασκευής.

Ανάμεσά τους ήταν δύο ιστορικά κτίρια του νησιού, τα Δημοτικά σχολεία Κοντακέικων και Πλατάνου.

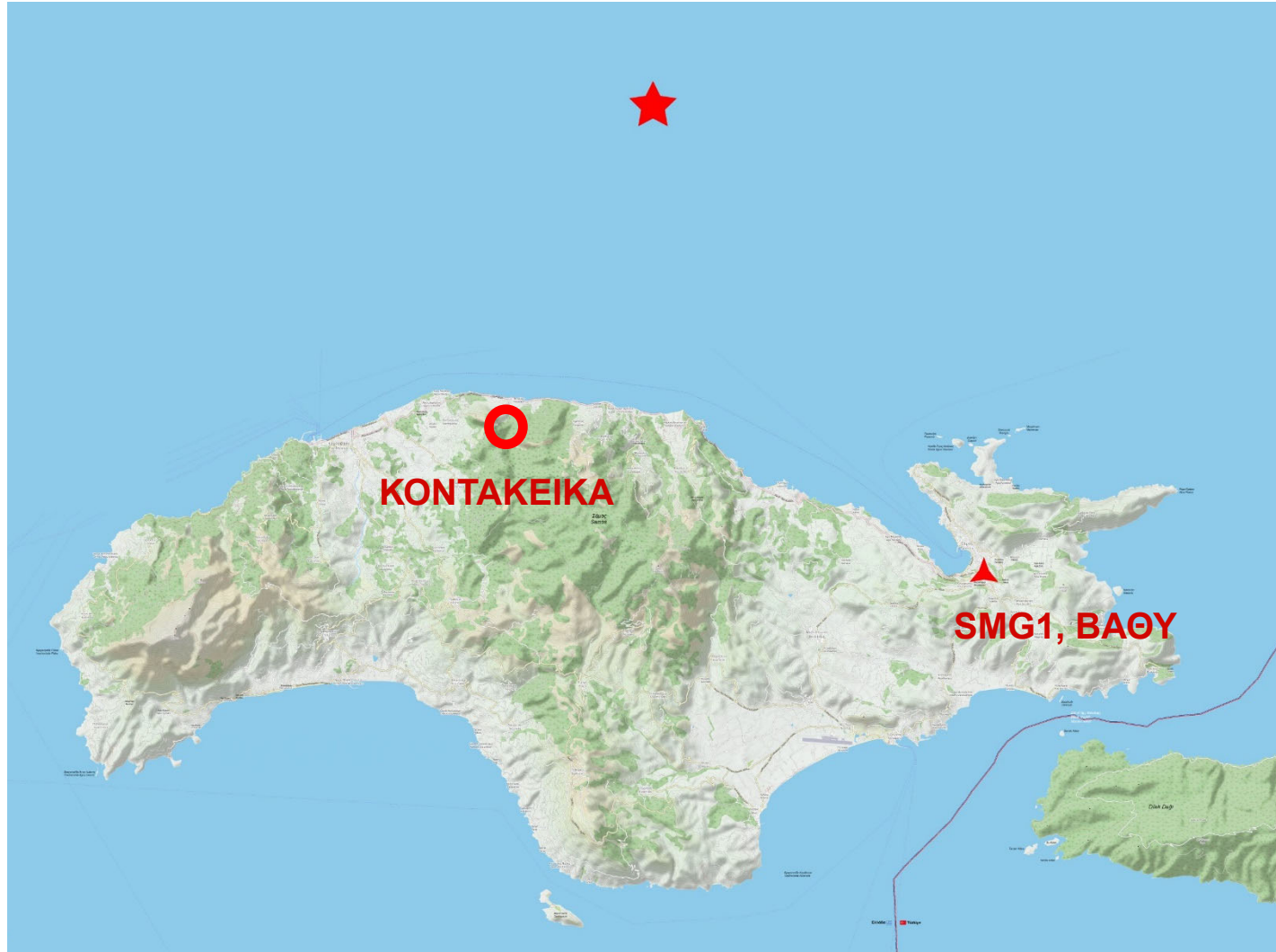
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Ελαστικά φάσματα επιταχύνσεων στο Βαθύ



3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων



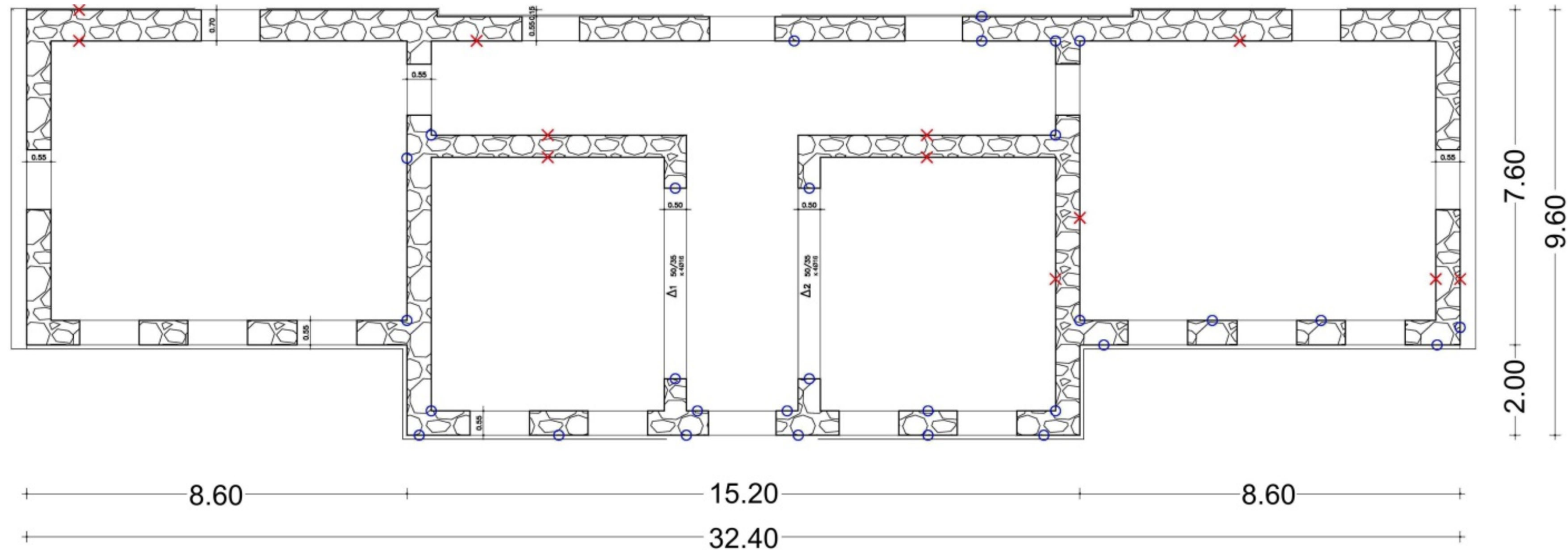
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων

- Το κτίριο κατασκευάστηκε την περίοδο 1926-1929.
- Έχει ορθογωνική κάτοψη διαστάσεων 32.40m X 9.60m.
- Είναι κατασκευασμένο σε εδαφική έξαρση επί κεκλιμένης πλαγιάς σε υψόμετρο 150m.
- Η στάθμη δαπέδου ισογείου είναι υπερυψωμένη με ύψος +1.35m ως προς το φυσικό έδαφος.
- Το συνολικό ύψος είναι 7.30m συμπεριλαμβανομένης της στέγης.
- Η λιθοδομή είναι τρίστρωτη με καθαρό πάχος μεταξύ 0.50 ~ 0.70m.
- Έχει στέγη από φυσική ξυλεία.

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων



- O καμπτικές βλάβες
- X διατμητικές βλάβες

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Παθολογία



3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Παθολογία



3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Παθολογία



3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Τεκμηρίωση - Μηχ. Ιδιότητες Τοιχοποιίας

Για το κτίριο διενεργήθηκαν μη καταστροφικοί έλεγχοι και εργαστηριακές δοκιμές λιθοσωμάτων, κονιάματος και σκυροδέματος για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων τους από την εταιρεία GEOMETRISI καθώς και το Εργαστήριο ΩΣ του Ε.Μ.Π.

Η τοιχοποιία αποτελείται από ασβεστόλιθο (υψηλής αντοχής) και μαργαϊκό ασβεστόλιθο (μικρότερης αντοχής).

Ο τρόπος δόμησης είναι τρίστρωτη τοιχοποιία.

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων: Τεκμηρίωση - Μηχ. Ιδιότητες Τοιχοποιίας

Λαμβάνοντας υπόψη τους ημιεμπειρικούς τύπους των Τάσιου - Χρονόπουλου (1985) και του ΚΑΔΕΤ προκύπτουν οι παρακάτω τιμές μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας.

	Χαρακτηριστικά	Τρίστρωτη Λιθοδομή Κοντακείκα
1	Θλιπτική αντοχή (MPa)	0.79
2	Μέτρο ελαστικότητας (MPa)	954
3	Μέτρο διατμήσεως (MPa)	257
4	Λόγος Poisson	0.30

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Τεκμηρίωση, Γεωτεχνικά στοιχεία

Το Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων βρίσκεται θεμελιωμένο σε **τοπογραφική έξαρση**.

Έγινε γεώτρηση σε βάθος 15.00m και εντοπίστηκαν ιλύς και ιλυώδης άμμος μέχρι το βάθος των 7.00m, άργιλος μέχρι το βάθος των 10.90m, μάργα μέχρι το βάθος των 12.20m και τέλος άργιλος.

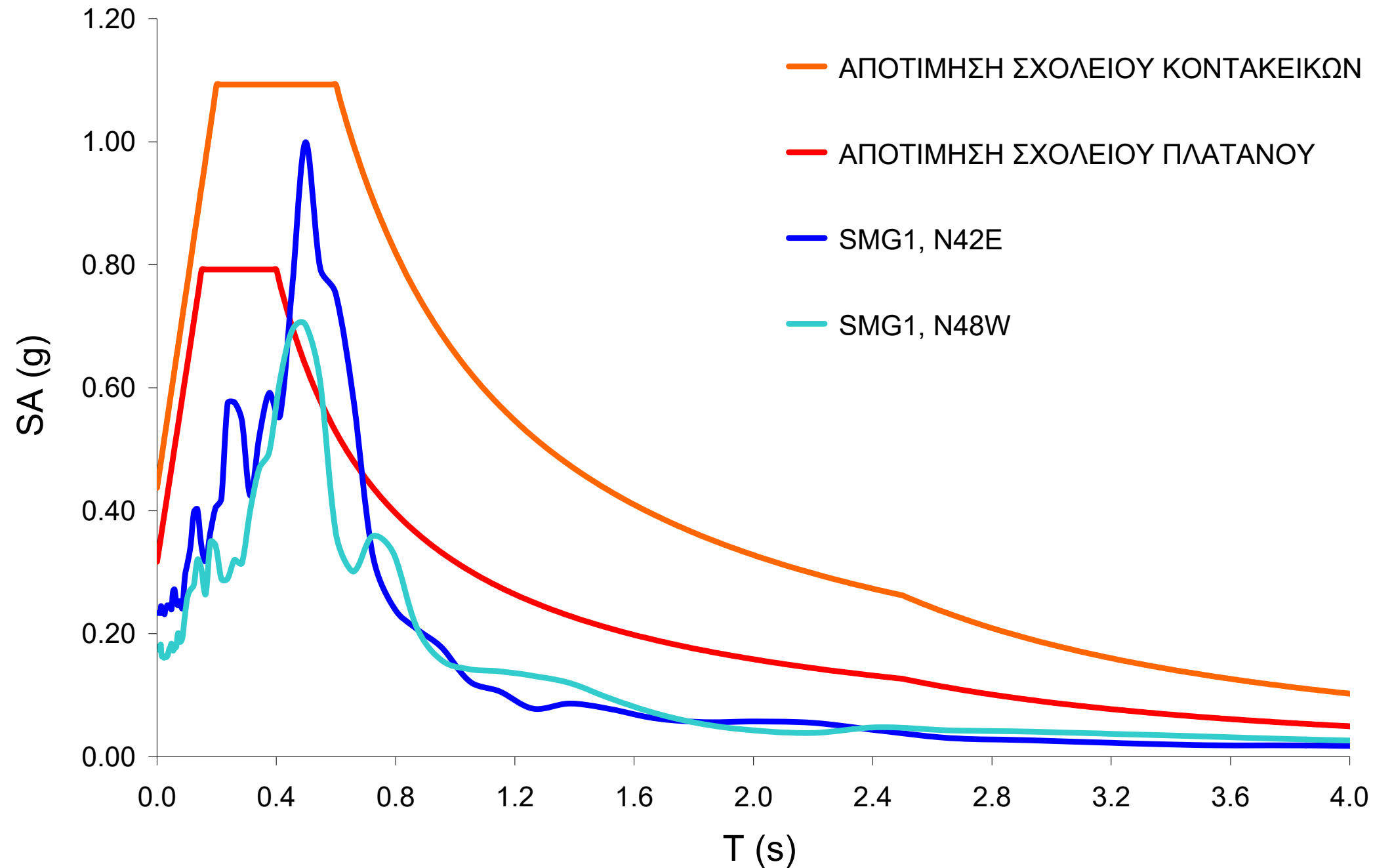
Σύμφωνα με τον EC8, το υπέδαφος θεμελίωσης κατατάσσεται στην κατηγορία C.

Επιπρόσθετα λόγω του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής σε συνδυασμό με την Κατηγορία Σπουδαιότητας του κτιρίου (Σ3), λαμβάνεται υπόψη **συντελεστής τοπογραφικής ενίσχυσης**.

Συγκεκριμένα για μεμονωμένους απότομους αναβαθμούς με κλίση μεγαλύτερη των 15° λαμβάνεται συντελεστής $S_T \geq 1.20$, όμως επειδή στην εξεταζόμενη περίπτωση συντρέχει επιφανειακά χαλαρή εδαφική στρώση, ο συντελεστής λαμβάνεται προσαυξημένος κατά 20%, ήτοι $S_T \geq 1.44$.

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακέικων, Φάσμα σχεδιασμού

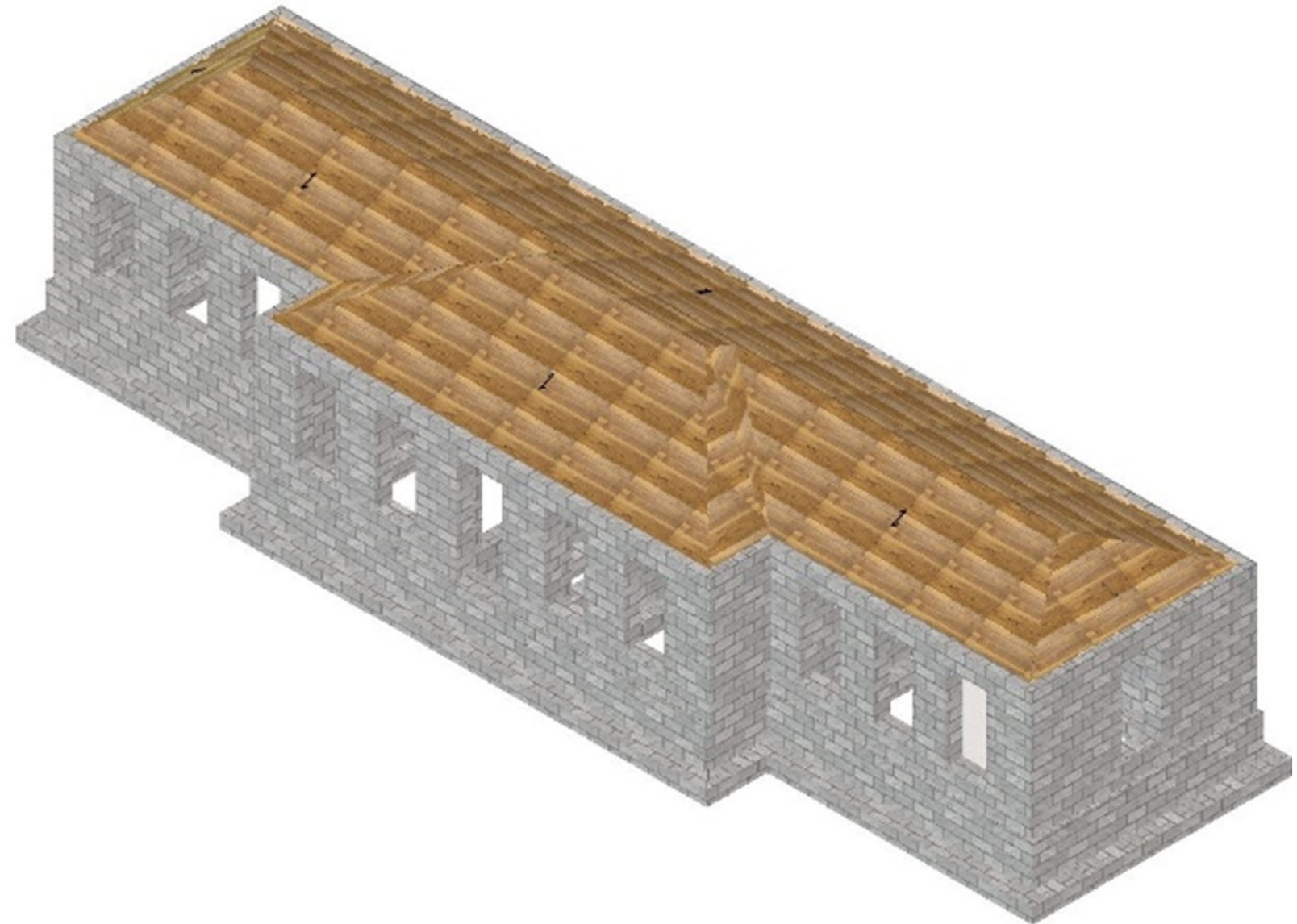


3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Προσομοίωμα

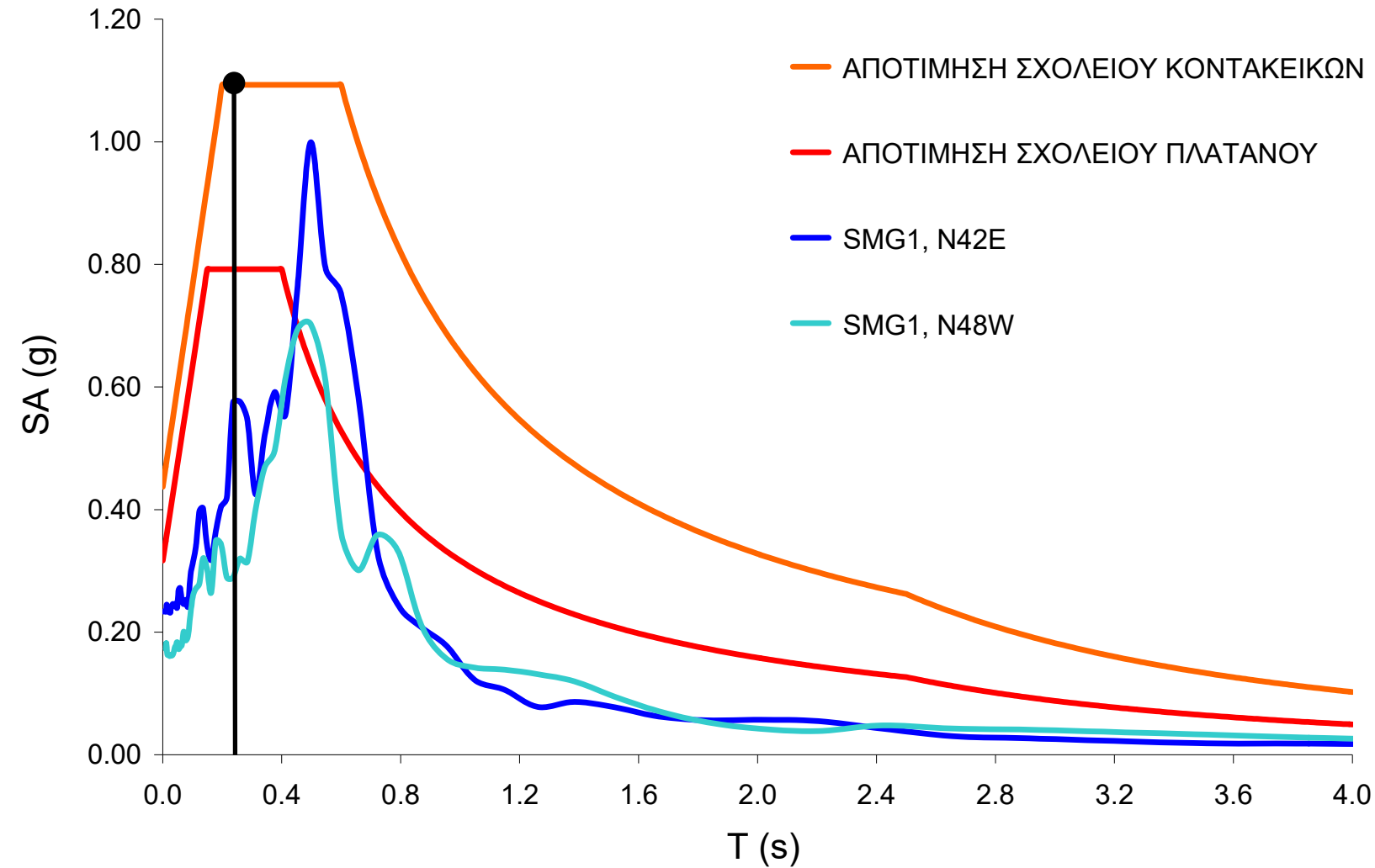
Για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα 3Muri. Μορφώθηκε χωρικό προσομοίωμα με την εισαγωγή τοίχων, που διακριτοποιούνται με μακροστοιχεία που αντιπροσωπεύουν τους αντίστοιχους πεσσούς και τις υπέρθυρες δοκούς.

Ο αλγόριθμος στον οποίο στηρίζεται η χρήση των μακροστοιχείων, επιτρέπει την αναγνώριση του μηχανισμού αστοχίας από διάτμηση στο κεντρικό τμήμα του στοιχείου αυτού ή λυγισμό στις πλευρές του στοιχείου.



3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Δυναμικά χαρακτηριστικά κτιρίου



ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΙ

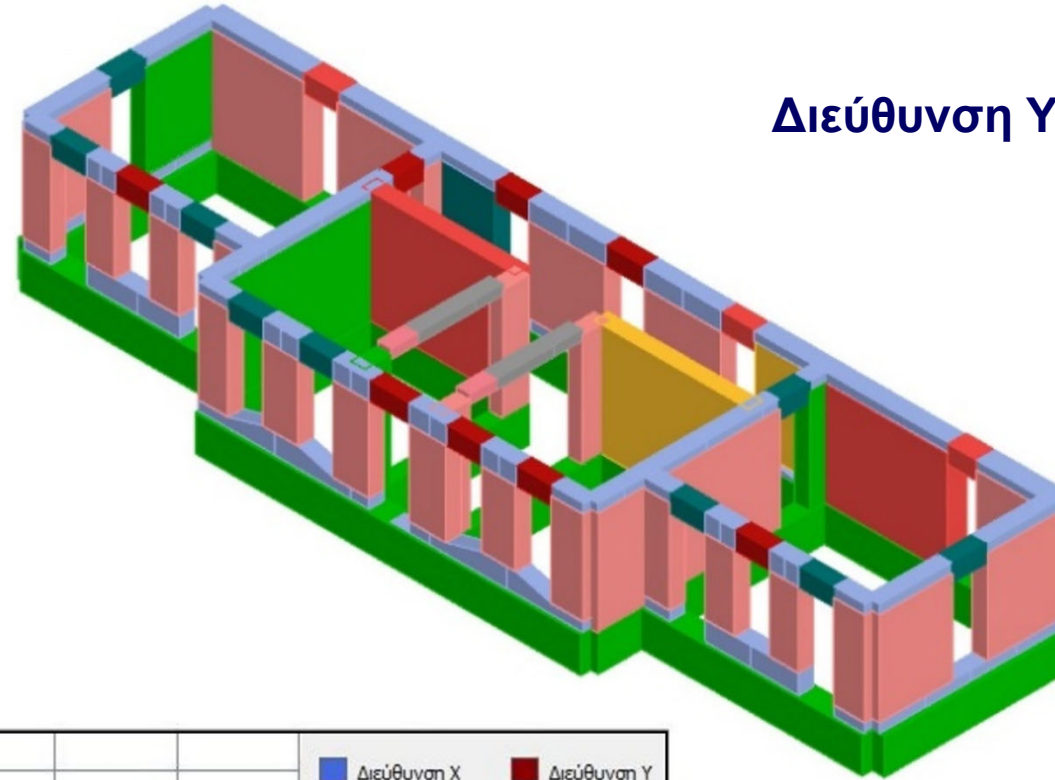
$$T_Y = 0.24s$$

$$T_X = 0.22s$$

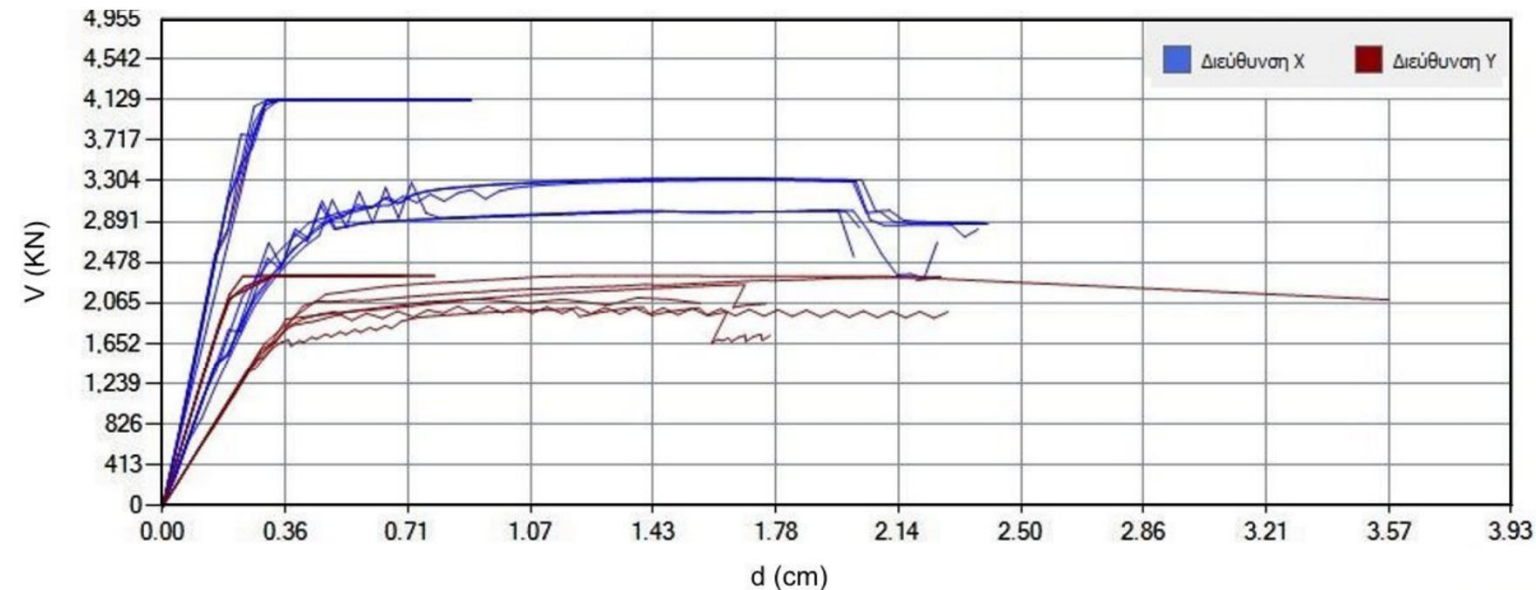
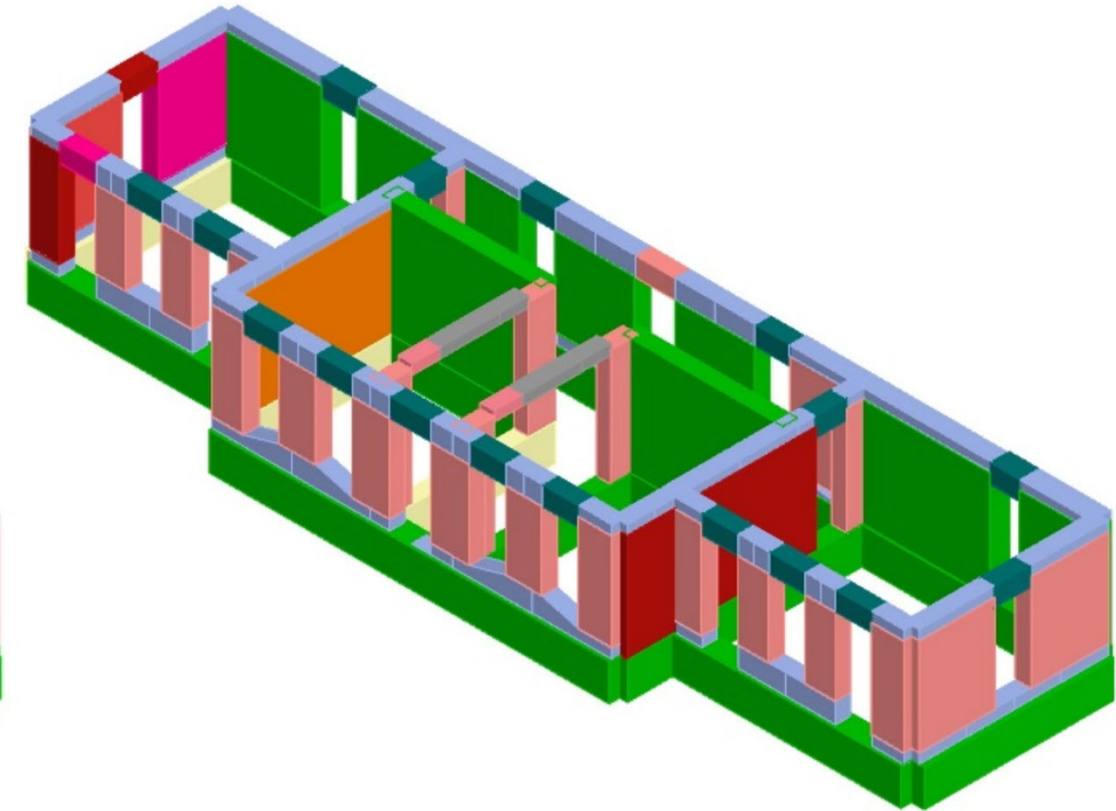
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Ανελαστική στατική μέθοδος, φάσμα EC8

Διεύθυνση X



Διεύθυνση Y



ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Y

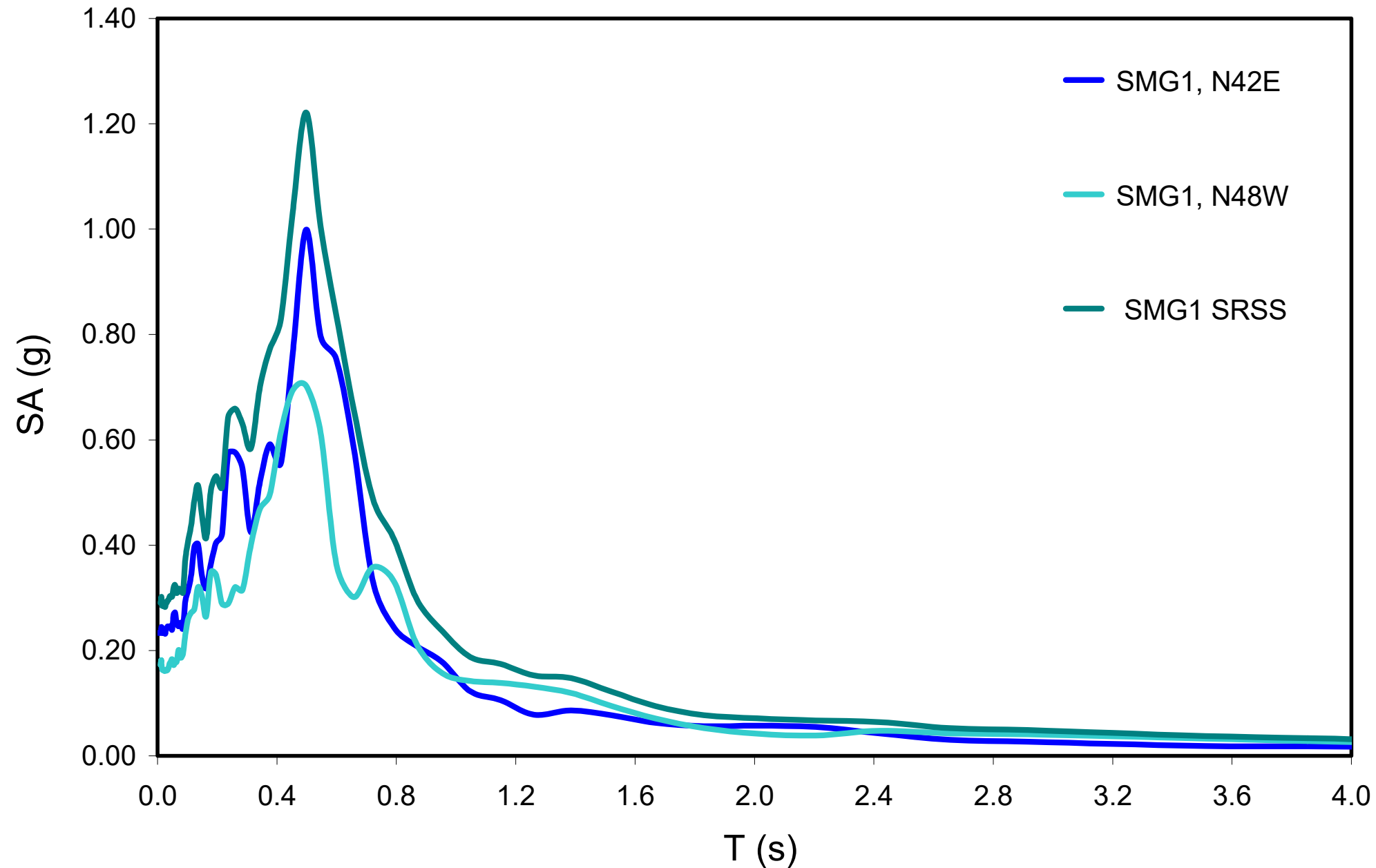
Ικανότητα 17.1mm

Στοχευόμενη 31.5mm

- Χωρίς βλάβη
- Διατμητική βλάβη
- Έναρξη διατμητικής αστοχίας
- Διατμητική αστοχία (όριο)
- Καμπτική βλάβη
- Έναρξη καμπτικής αστοχίας
- Καμπτική αστοχία (όριο)

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

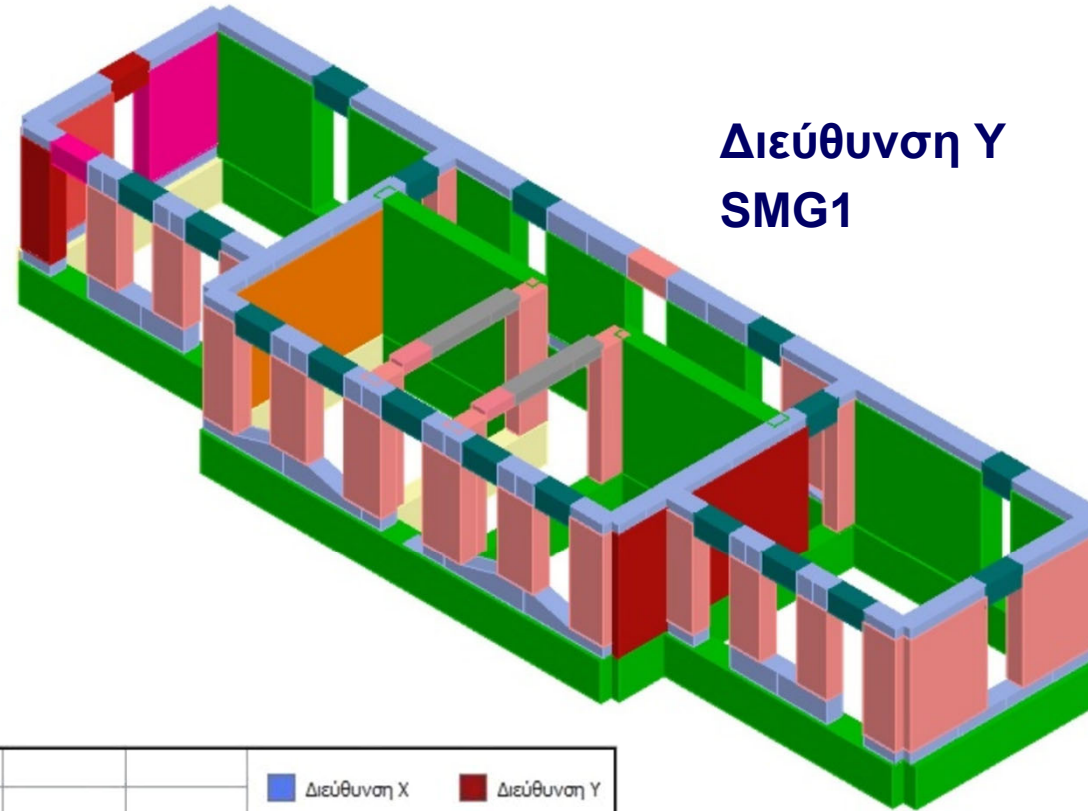
Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, φάσμα SMG1



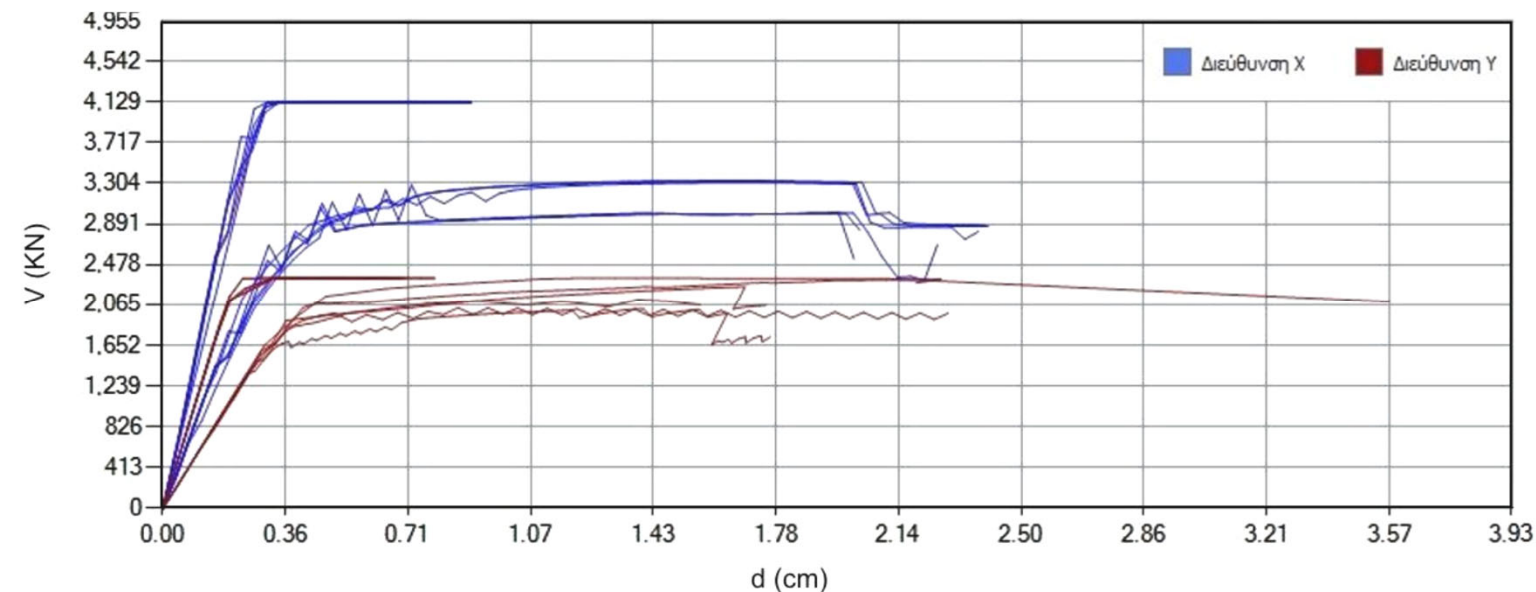
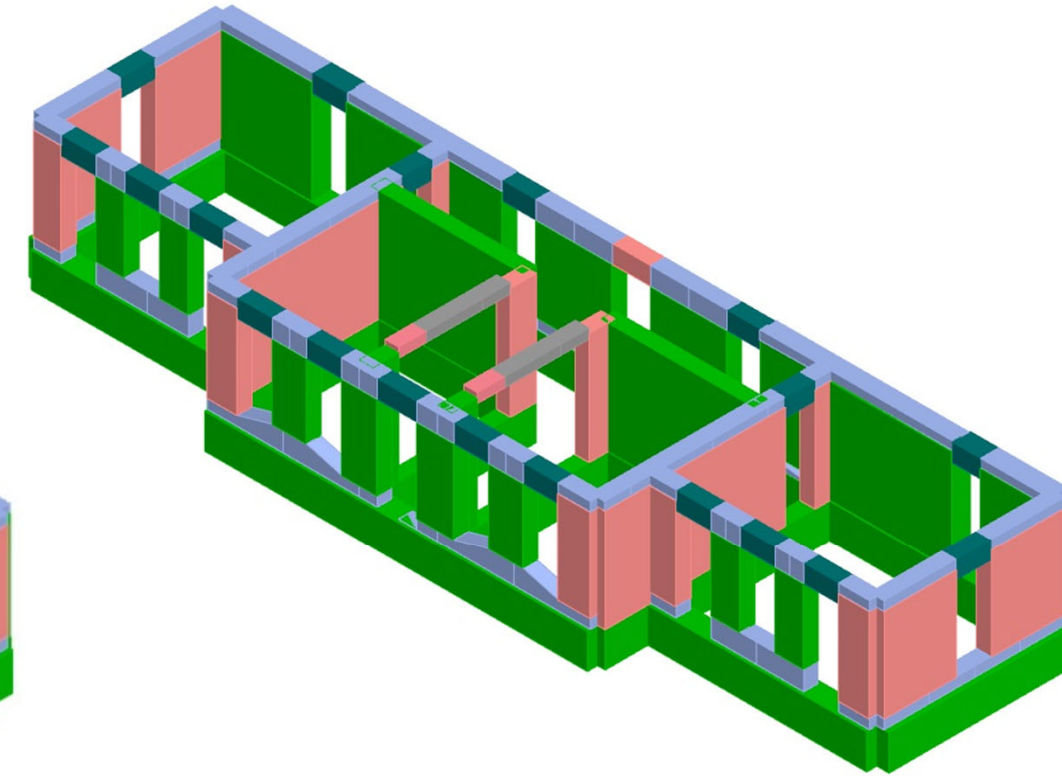
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Ανελαστική στατική μέθοδος, φάσμα SMG1

Διεύθυνση Y
EC8



Διεύθυνση Y
SMG1



- Χωρίς βλάβη
- Διατμητική βλάβη
- Έναρξη διατμητικής αστοχίας
- Διατμητική αστοχία (όριο)
- Καμπτική βλάβη
- Έναρξη καμπτικής αστοχίας
- Καμπτική αστοχία (όριο)

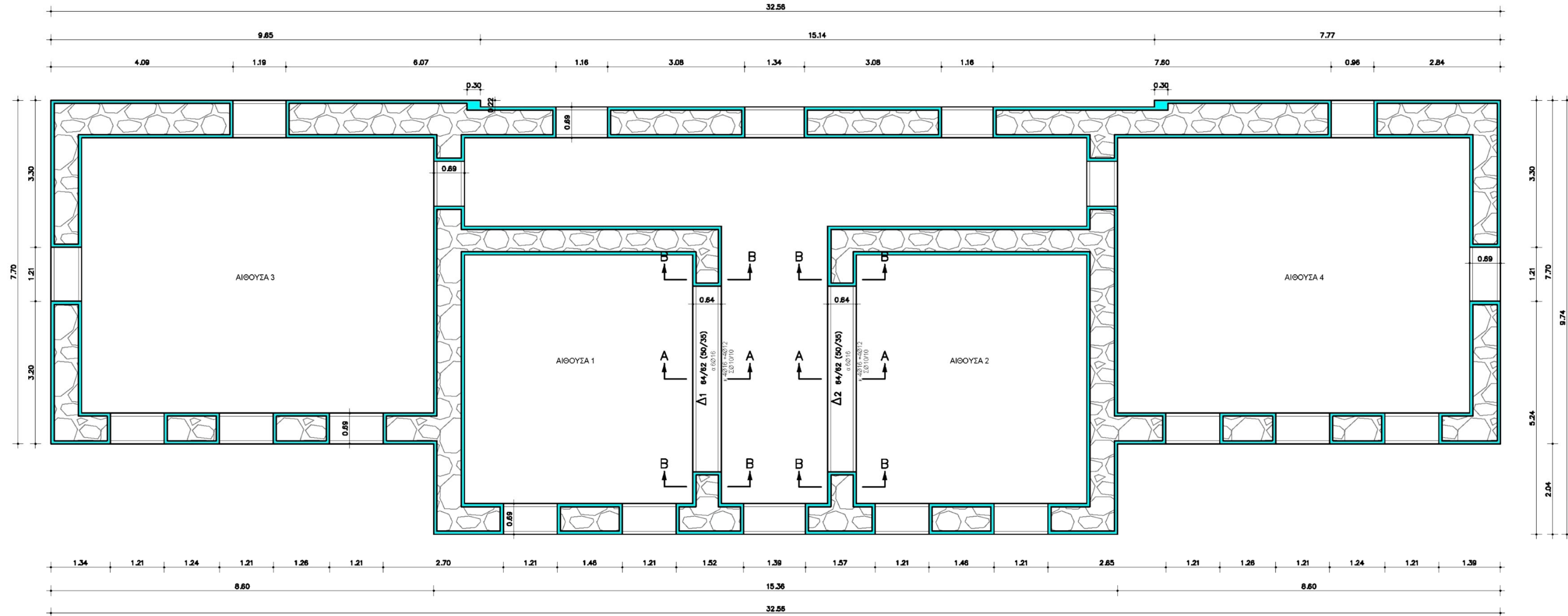
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Αποκατάσταση - Ενίσχυση

- Ενίσχυση των μηχανικών χαρακτηριστικών και αποκατάσταση των βλαβών (ρωγμών) της φέρουσας τοιχοποιίας, με βαθιά αρμολογήματα και ενέματα.
- Ενίσχυση της τοιχοποιίας με ωπλισμένα επιχρίσματα και στις δύο παρειές της. Τα ωπλισμένα επιχρίσματα θεμελιώνονται σε περιμετρικό πέδιλο που κατασκευάζεται κάτω από το δάπεδο ισογείου.
- Ενίσχυση των δύο δοκών ΩΣ στις Αίθουσες 1 και 2.
- Καθαίρεση και ανακατασκευή της ξύλινης στέγης. Για την εξασφάλιση της διαφραγματικής λειτουργίας αλλά και την αγκύρωση των οπλισμών των επιχρισμάτων ενίσχυσης κατασκευάζεται περιμετρικό διάζωμα (σενάζ).

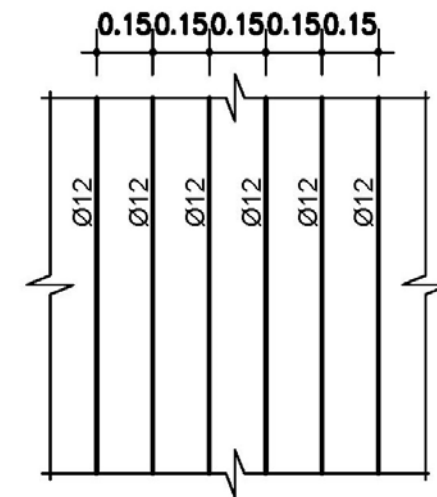
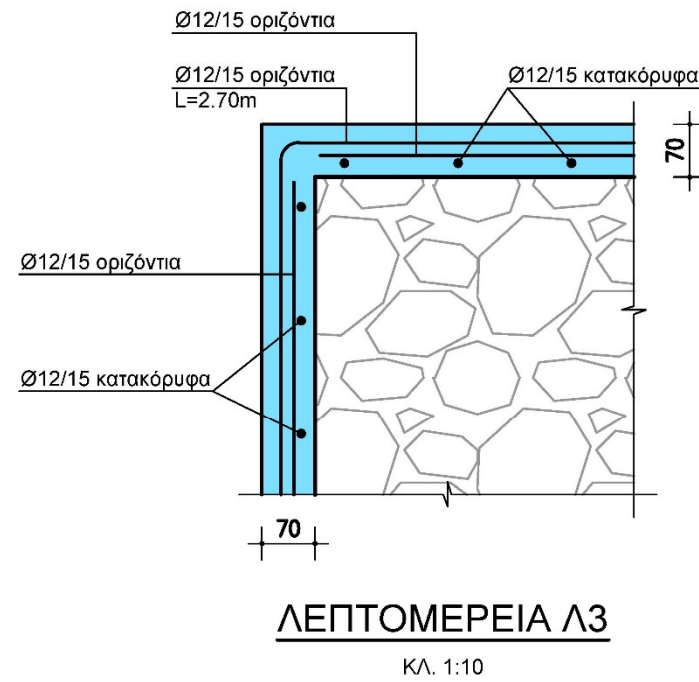
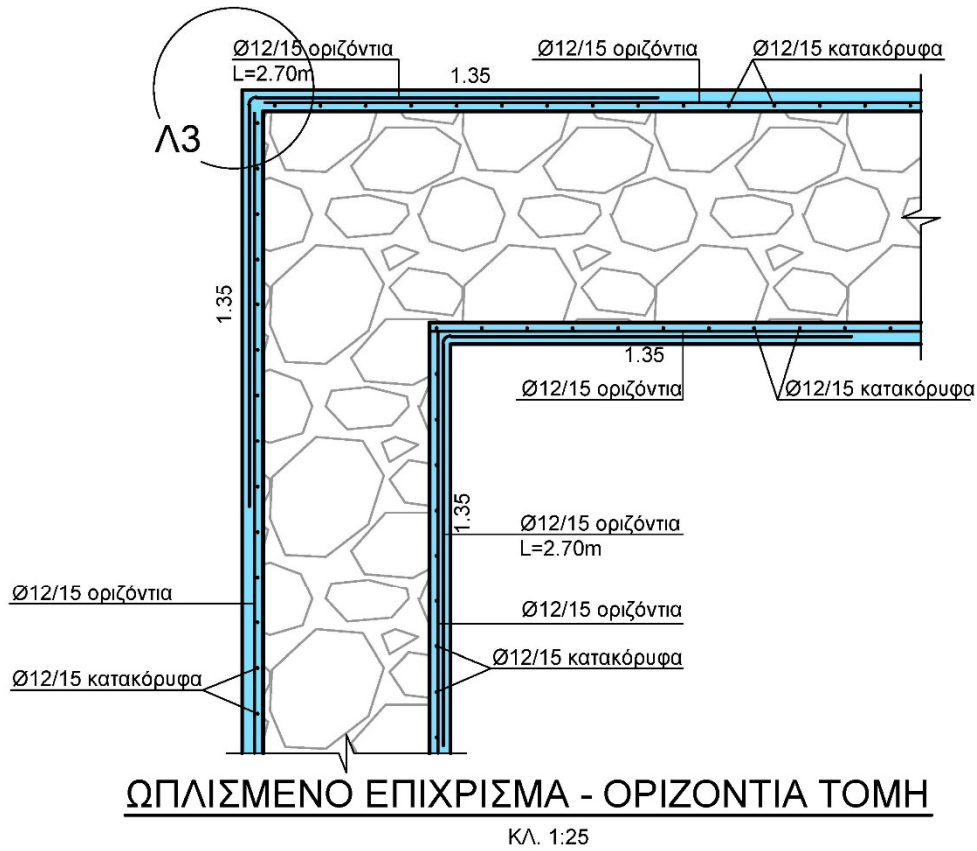
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Αποκατάσταση - Ενίσχυση

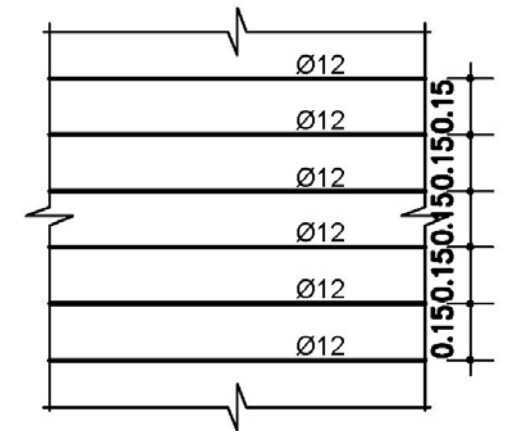


3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Κοντακείκων, Αποκατάσταση - Ενίσχυση



1η στρώση οπλισμού Ø12/15 κατακόρυφα



2η στρώση οπλισμού Ø12/15 οριζόντια

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου



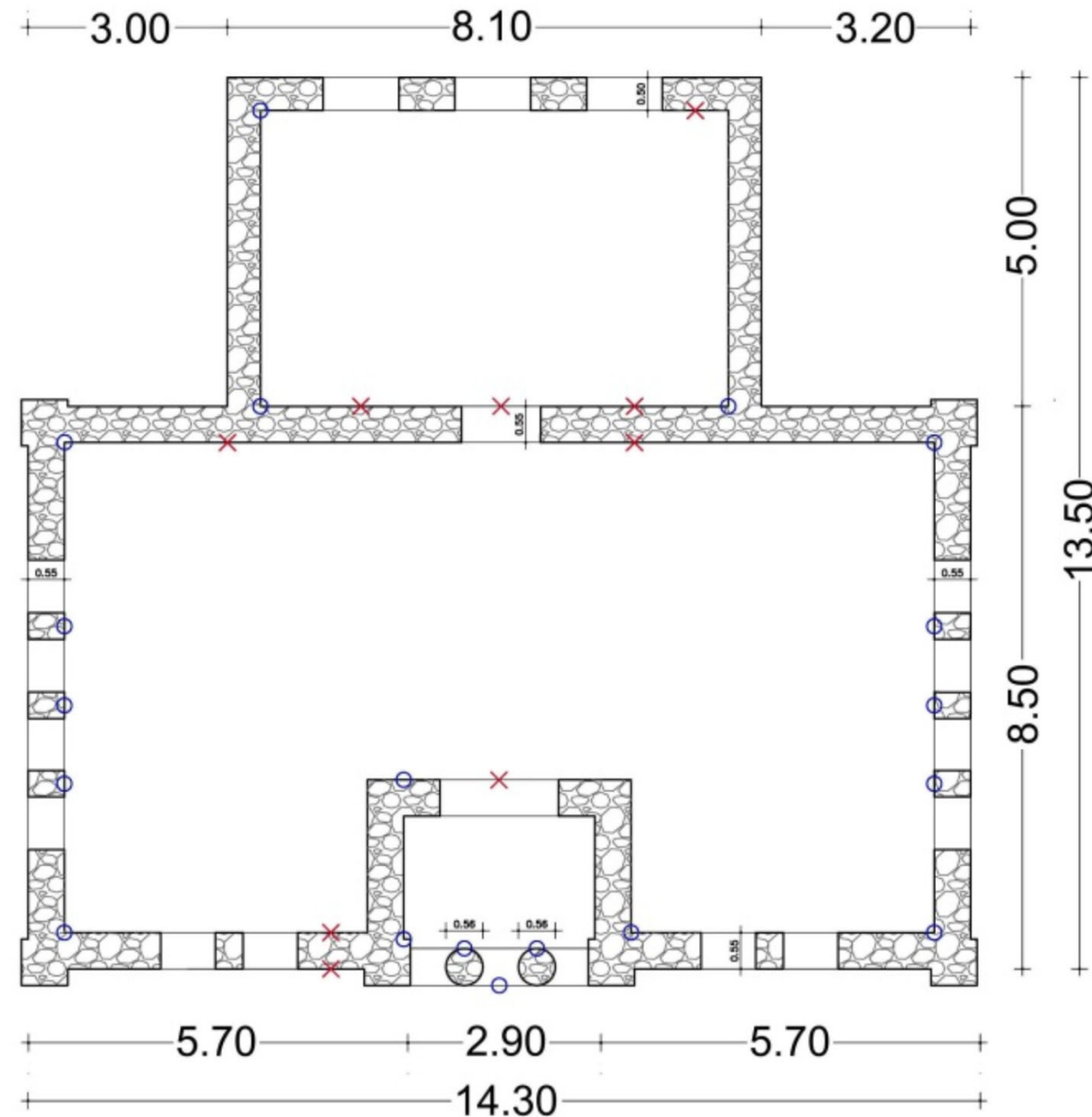
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου

- Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1896 (Αρχιτέκτονας Ν. Τσουκαλαδάκης).
- Έχει κάτοψη μορφής T και διαστάσεων 14.30m X 8.50m.
- Είναι κατασκευασμένο επί κεκλιμένης πλαγιάς (όρος Καρβούνη) σε υψόμετρο 530m.
- Αποτελείται από δύο στάθμες:
 - (α) στάθμη βοηθητικών χώρων ύψους 1.20m (β) στάθμη ισογείου ύψους 4.00m.
- Το συνολικό ύψος είναι 7.00m συμπεριλαμβανομένης της στέγης.
- Η λιθοδομή είναι τρίστρωτη με καθαρό πάχος 0.50m.
- Έχει προεξοχές από λαξευτή λιθοδομή στις 4 εξωτερικές γωνιακές ακμές.
- Στην πρόσοψη έχει στεγασμένο πρόπυλο που αποτελείται από δύο προεξοχές και δύο κυκλικούς κίονες από λιθοδομή.

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου



- καμπτικές βλάβες
- ✕ διατμητικές βλάβες

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Παθολογία



3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Παθολογία



3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Παθολογία



3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Τεκμηρίωση - Μηχ. Ιδιότητες Τοιχοποιίας

Για το κτίριο διενεργήθηκαν μη καταστροφικοί έλεγχοι και εργαστηριακές δοκιμές λιθοσωμάτων, κονιάματος και σκυροδέματος για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων τους από την εταιρεία GEOMETRISI καθώς και το Εργαστήριο ΩΣ του Ε.Μ.Π.

Η τοιχοποιία αποτελείται από ασβεστόλιθο (υψηλής αντοχής) και μαργαϊκό ασβεστόλιθο (μικρότερης αντοχής).

Ο τρόπος δόμησης είναι τρίστρωτη τοιχοποιία.

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Τεκμηρίωση - Μηχ. Ιδιότητες Τοιχοποιίας

Λαμβάνοντας υπόψη τους ημιεμπειρικούς τύπους των Τάσιου - Χρονόπουλου (1985) και του ΚΑΔΕΤ προκύπτουν οι παρακάτω τιμές μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας.

	Χαρακτηριστικά	Τρίστρωτη Λιθοδομή Πλάτανος	Δίστρωτη Λιθοδομή Πλάτανος
1	Θλιπτική αντοχή (MPa)	1.15	4.75
2	Μέτρο ελαστικότητας (MPa)	1331	3800
3	Μέτρο διατμήσεως (MPa)	372	1543
4	Λόγος Poisson	0.30	0.30

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

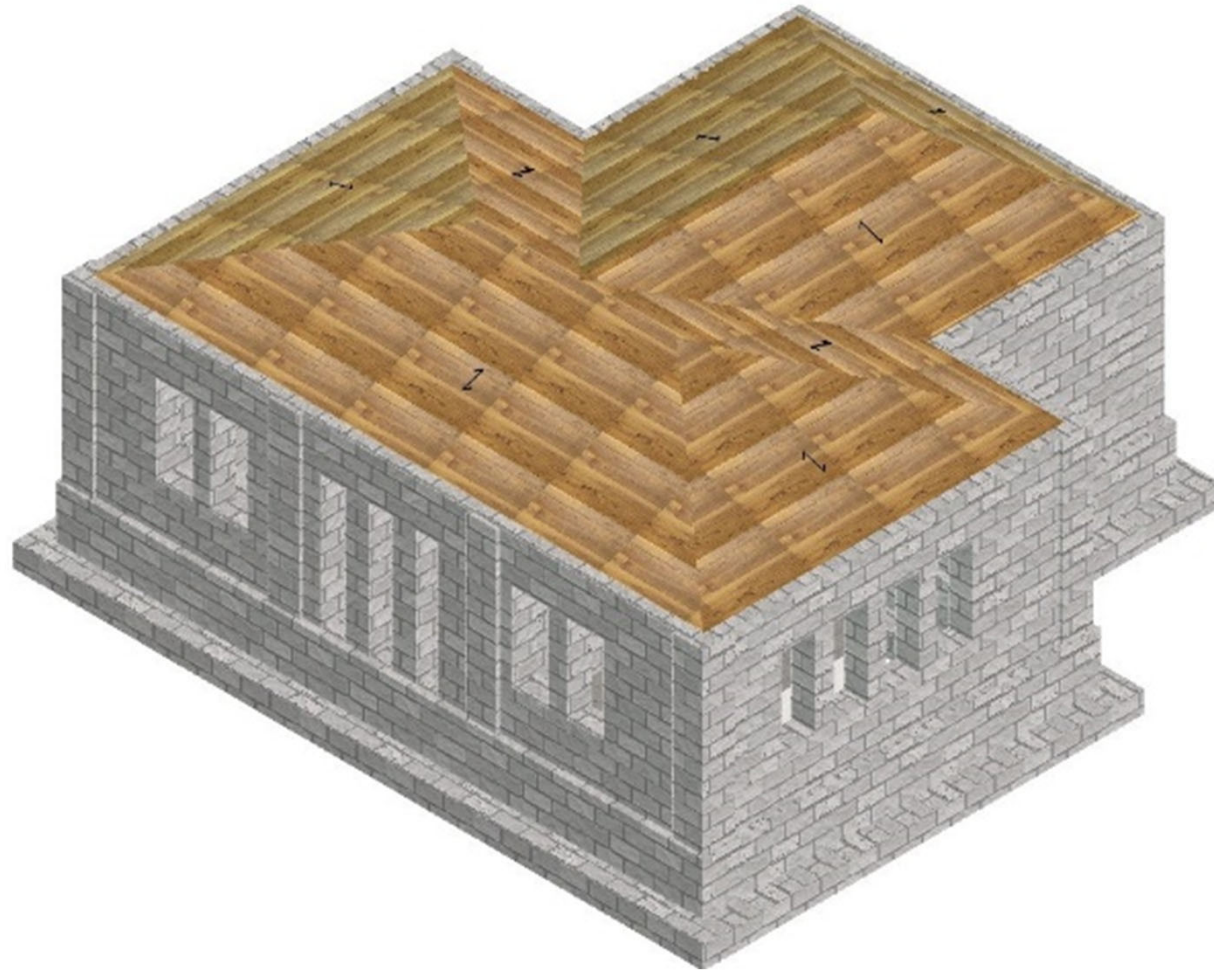
Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Τεκμηρίωση, Γεωτεχνικά στοιχεία

Το Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου βρίσκεται θεμελιωμένο στην κορυφογραμμή πρηνούς σχετικά ήπιας κλίσης. Έγινε γεώτρηση σε βάθος 10.00m και προσδιορίστηκε ότι το κτίριο εδράζεται σε ασβεστολιθική βραχομάζα κερματισμένου έως κατακερματισμένου ασβεστόλιθου.

Σύμφωνα με τον EC8, το υπέδαφος θεμελίωσης κατατάσσεται στην κατηγορία A. Ως προς την τοπογραφική ενίσχυση, η κλίση του εδάφους είναι μικρότερη από 15° και έτσι η επιρροή της τοπογραφίας επιτρέπεται να αγνοηθεί. Ωστόσο με βάση την εικόνα βλαβών πολλών κτιρίων του οικισμού στο ίδιο πρηνές σε σχέση με κτίρια που βρίσκονται σε σχεδόν επίπεδο εδάφος κρίθηκε ότι έπρεπε να ληφθεί υπόψη ο σχετικός συντελεστής, $S_T \geq 1.20$.

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Προσομοίωμα

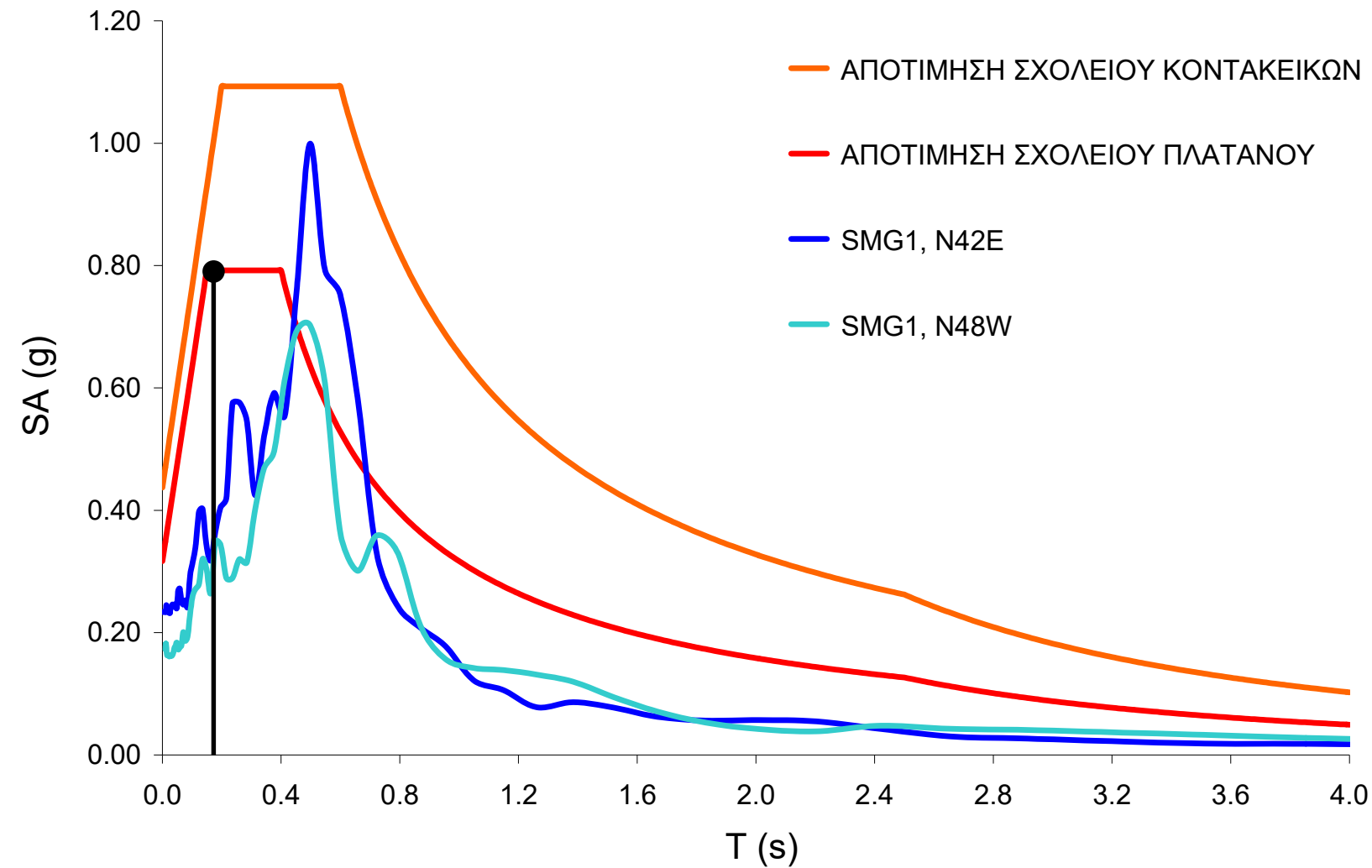


Για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα 3Muri. Μορφώθηκε χωρικό προσομοίωμα με την εισαγωγή τοίχων, που διακρίτοποιούνται με μακροστοιχεία που αντιπροσωπεύουν τους αντίστοιχους πεσσούς και τις υπέρθυρες δοκούς.

Ο αλγόριθμος στον οποίο στηρίζεται η χρήση των μακροστοιχείων, επιτρέπει την αναγνώριση του μηχανισμού αστοχίας από διάτμηση στο κεντρικό τμήμα του στοιχείου αυτού ή λυγισμό στις πλευρές του στοιχείου.

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Δυναμικά χαρακτηριστικά κτιρίου



ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΙ

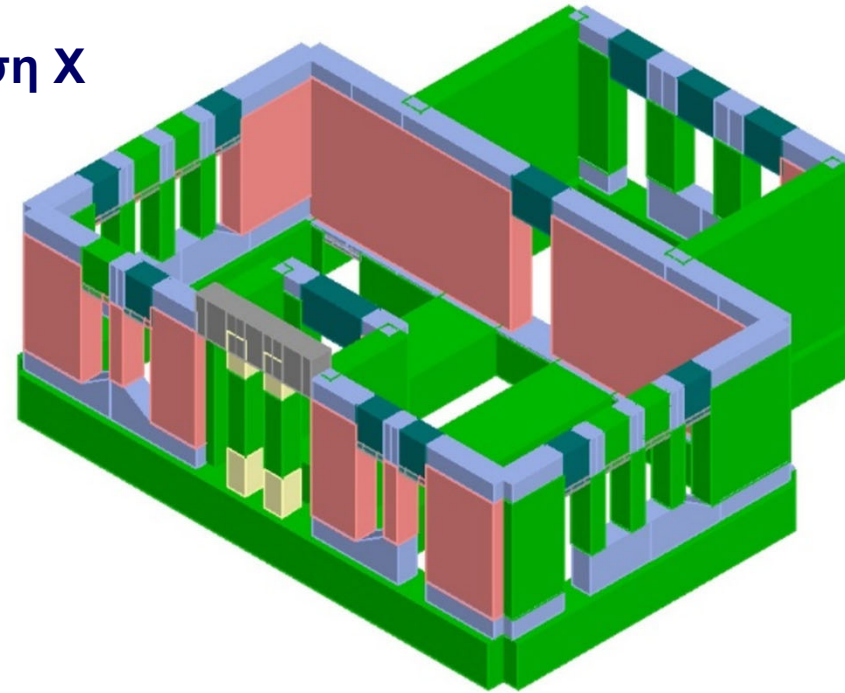
$$T_x = 0.18s$$

$$T_y = 0.18s$$

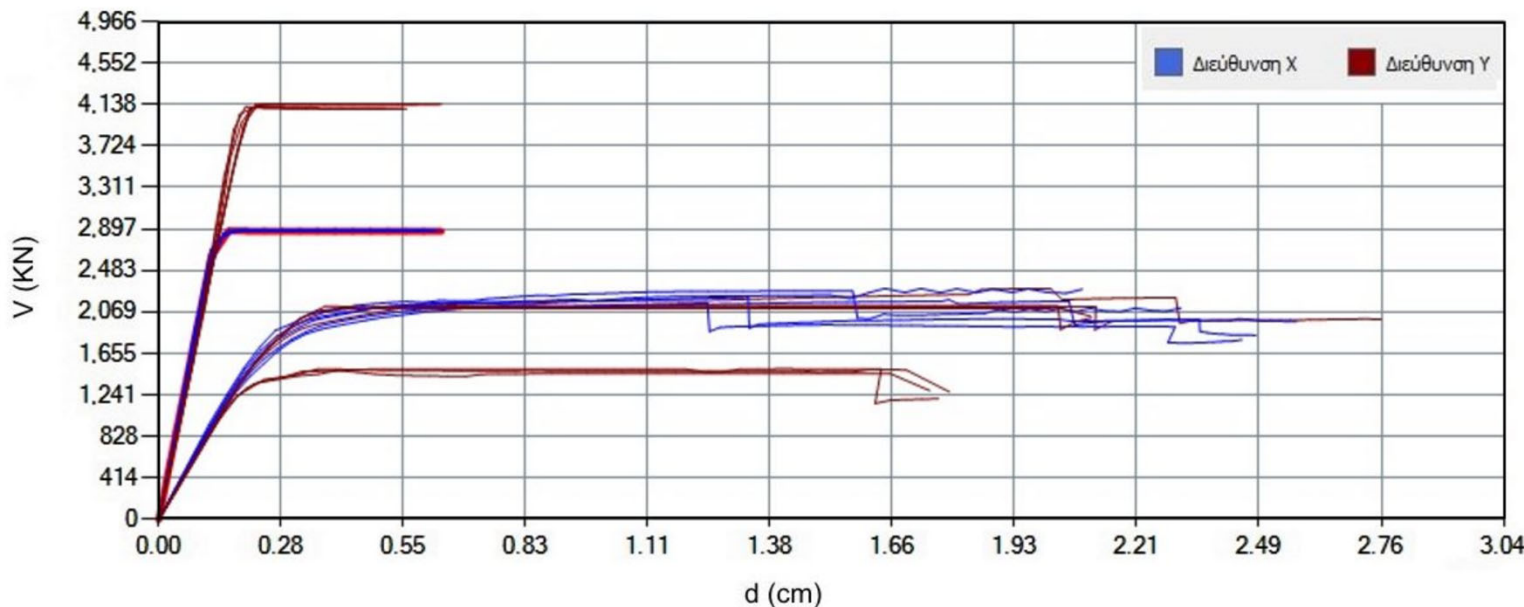
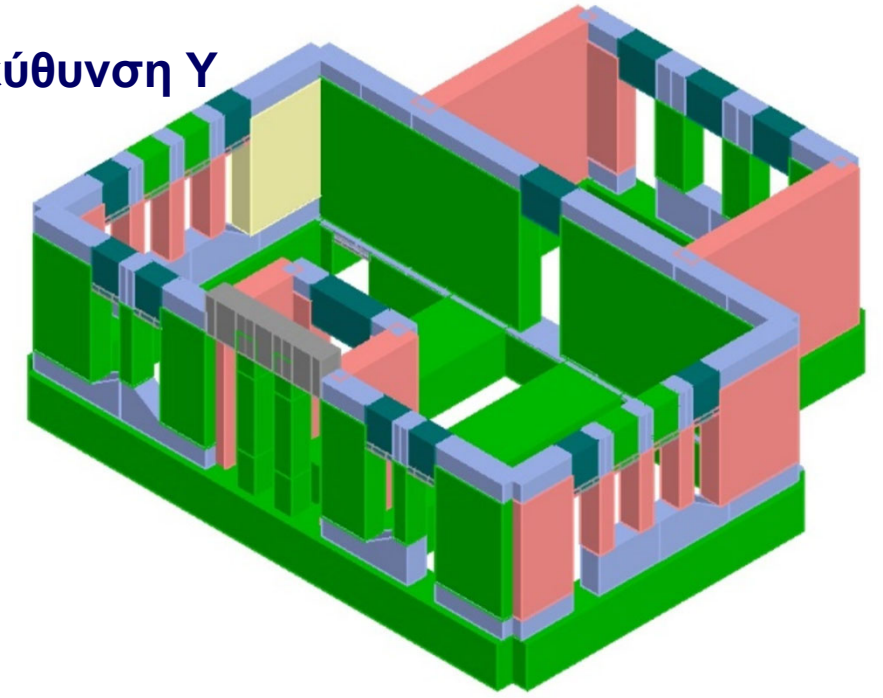
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Ανελαστική στατική μέθοδος, φάσμα EC8

Διεύθυνση X



Διεύθυνση Y



ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ X

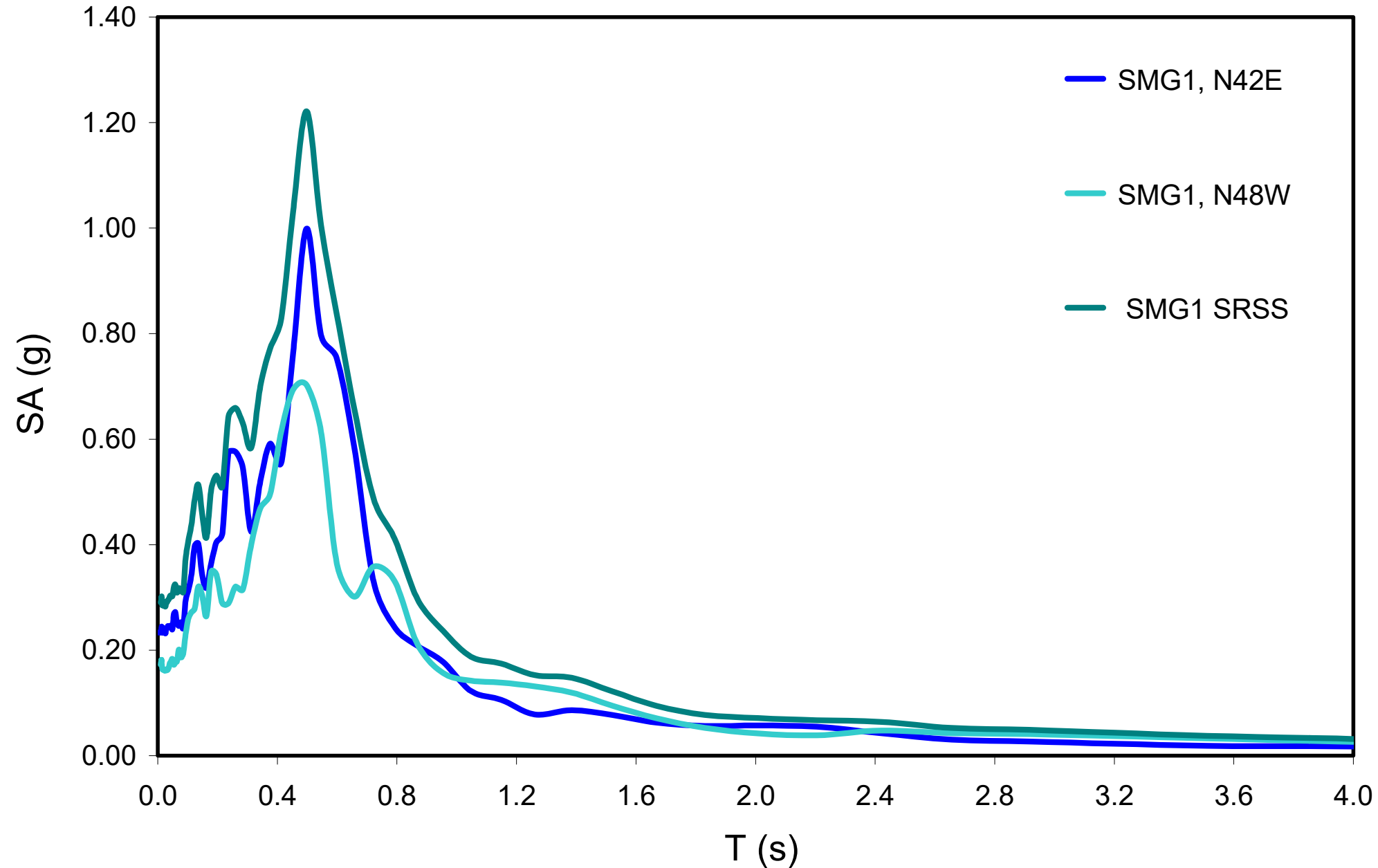
Ικανότητα 20.7mm

Στοχευόμενη 3.6mm

- Χωρίς βλάβη
- Διατμητική βλάβη
- Έναρξη διατμητικής αστοχίας
- Διατμητική αστοχία (όριο)
- Καμπτική βλάβη
- Έναρξη καμπτικής αστοχίας
- Καμπτική αστοχία (όριο)

3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

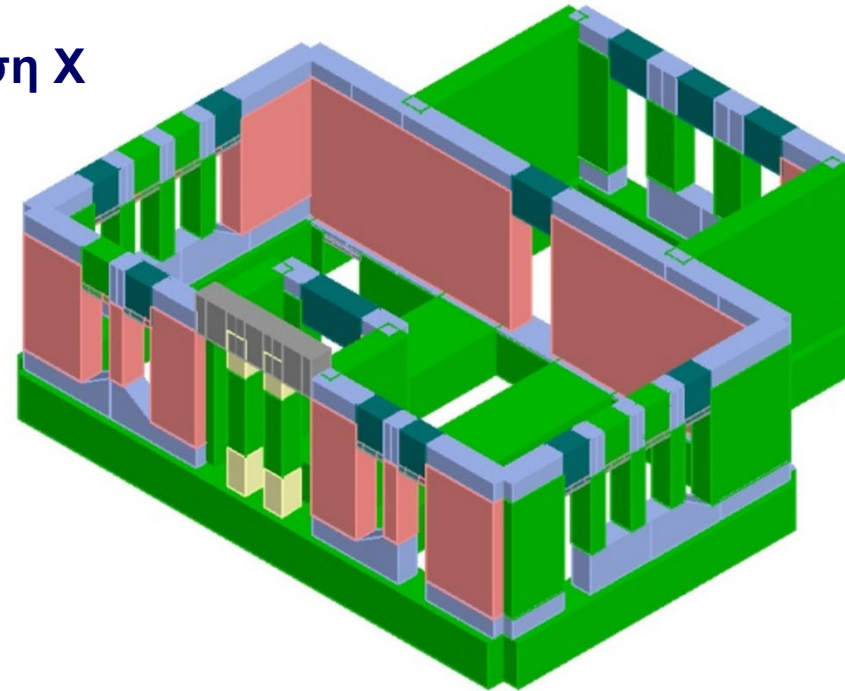
Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, φάσμα SMG1



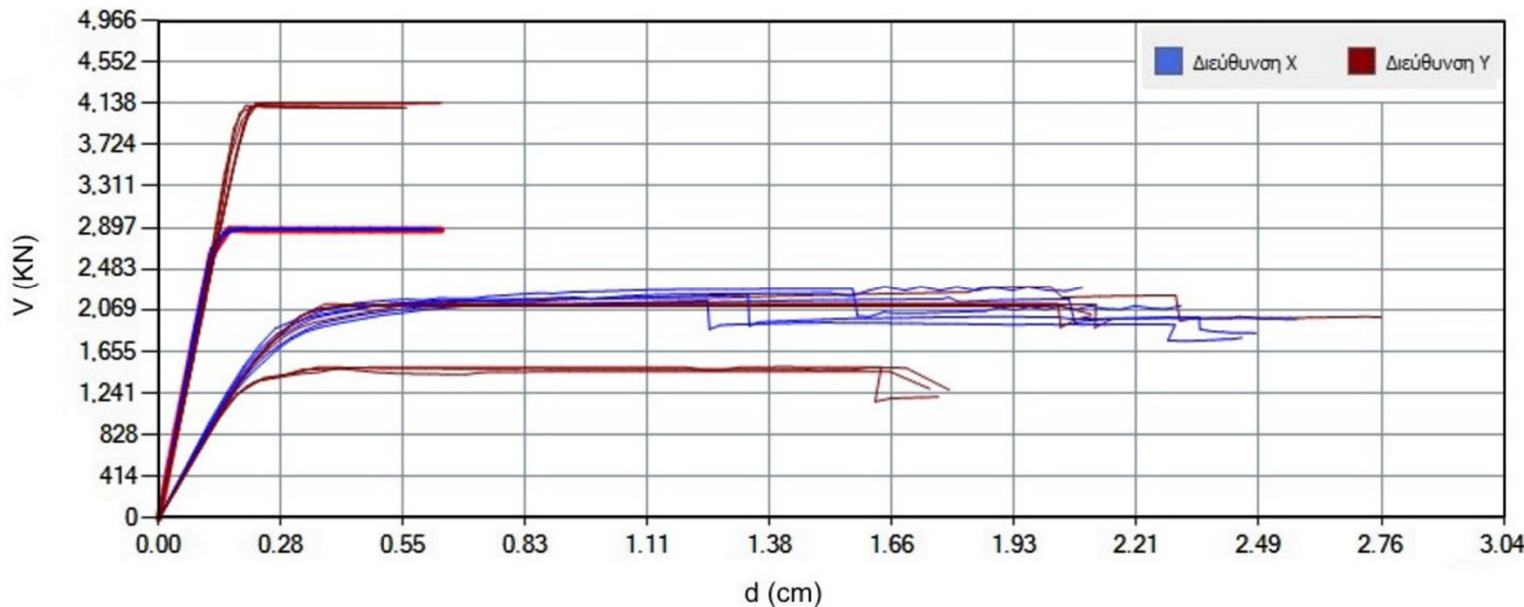
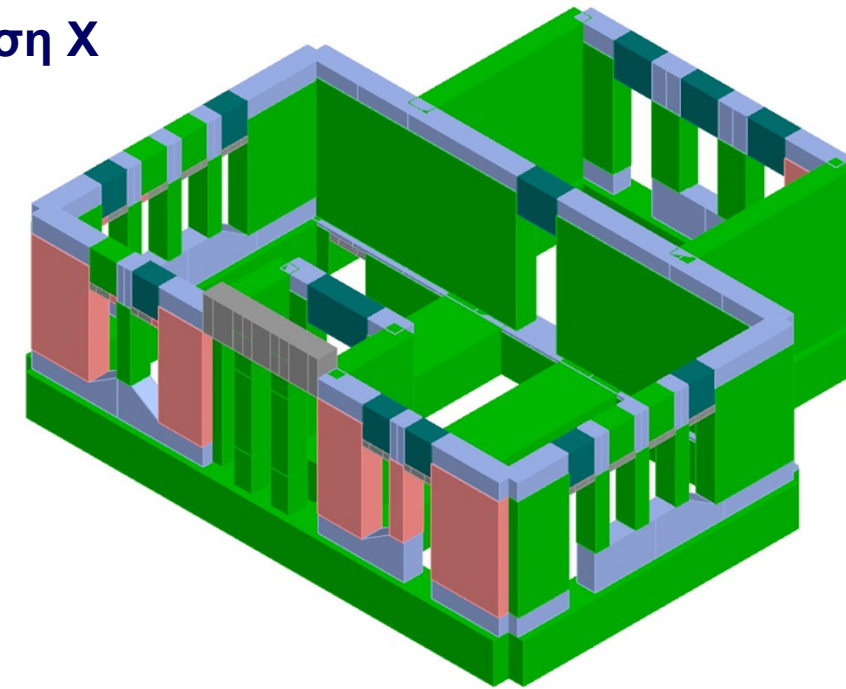
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Ανελαστική στατική μέθοδος, φάσμα SMG1

Διεύθυνση X
EC8



Διεύθυνση X
SMG1



- Χωρίς βλάβη
- Διατμητική βλάβη
- Έναρξη διατμητικής αστοχίας
- Διατμητική αστοχία (όριο)
- Καμπτική βλάβη
- Έναρξη καμπτικής αστοχίας
- Καμπτική αστοχία (όριο)

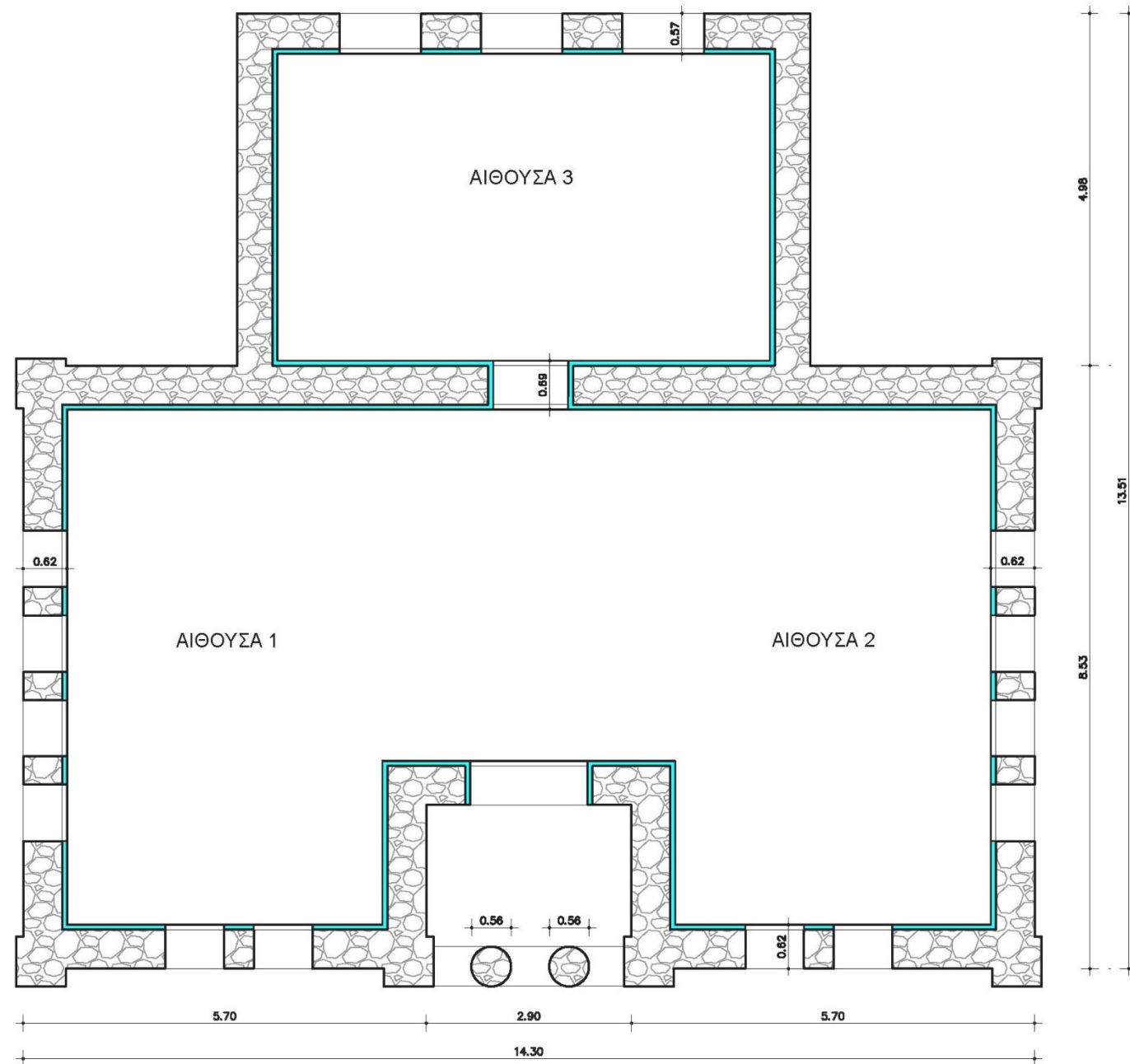
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Αποκατάσταση - Ενίσχυση

- Ενίσχυση των μηχανικών χαρακτηριστικών και αποκατάσταση των βλαβών (ρωγμών) της φέρουσας τοιχοποιίας, με βαθιά αρμολογήματα και ενέματα.
- Ενίσχυση της τοιχοποιίας με ωπλισμένα επιχρίσματα μόνο στις εσωτερικές πλευρές του κτιρίου (διατήρηση των εξωτερικών όψεων). Τα ωπλισμένα επιχρίσματα θεμελιώνονται σε περιμετρικό πέδιλο που κατασκευάζεται κάτω από το δάπεδο ισογείου.
- Καθαίρεση και ανακατασκευή της ξύλινης στέγης. Για την εξασφάλιση της διαφραγματικής λειτουργίας αλλά και την αγκύρωση των οπλισμών των επιχρισμάτων ενίσχυσης κατασκευάζεται περιμετρικό διάζωμα (σενάζ).
- Πλήρης ανακατασκευή του γείσου και του αετώματος με τους ίδιους λίθους και μορφολογία, με τοποθέτηση εντός του σώματος τους κατακόρυφων ανοξείδωτων αγκυρίων και ανοξείδωτων λαμών για την εξασφάλιση της κάμψης εντός και εκτός επιπέδου.

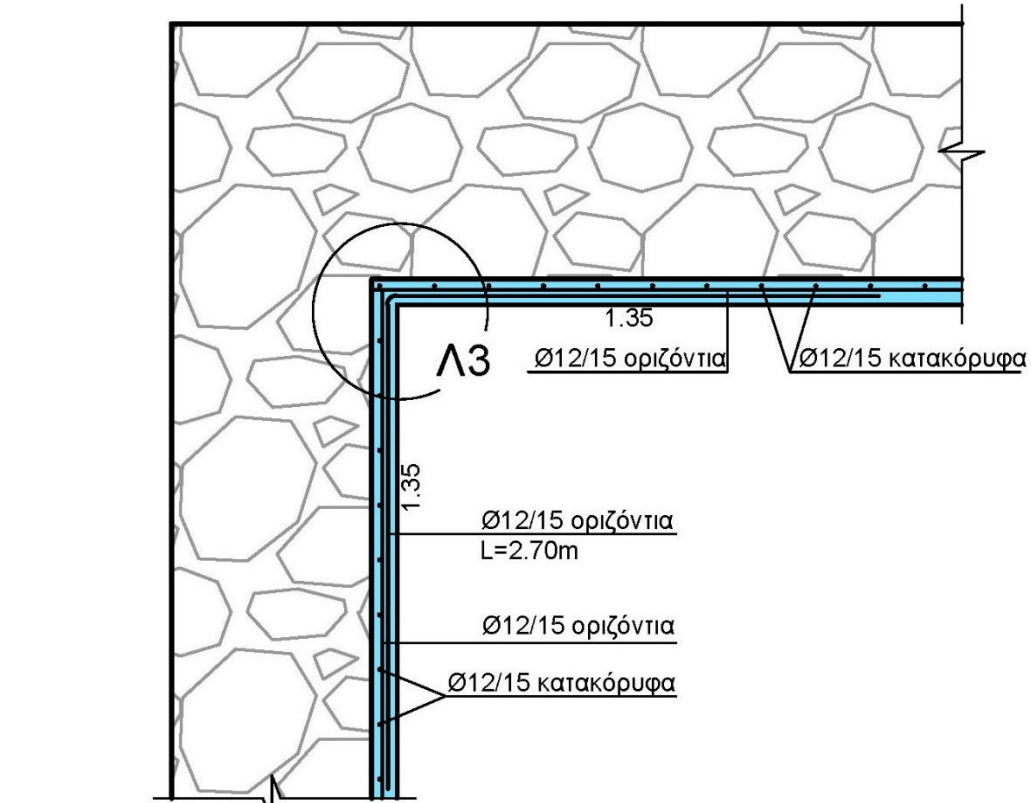
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Αποκατάσταση-Ενίσχυση



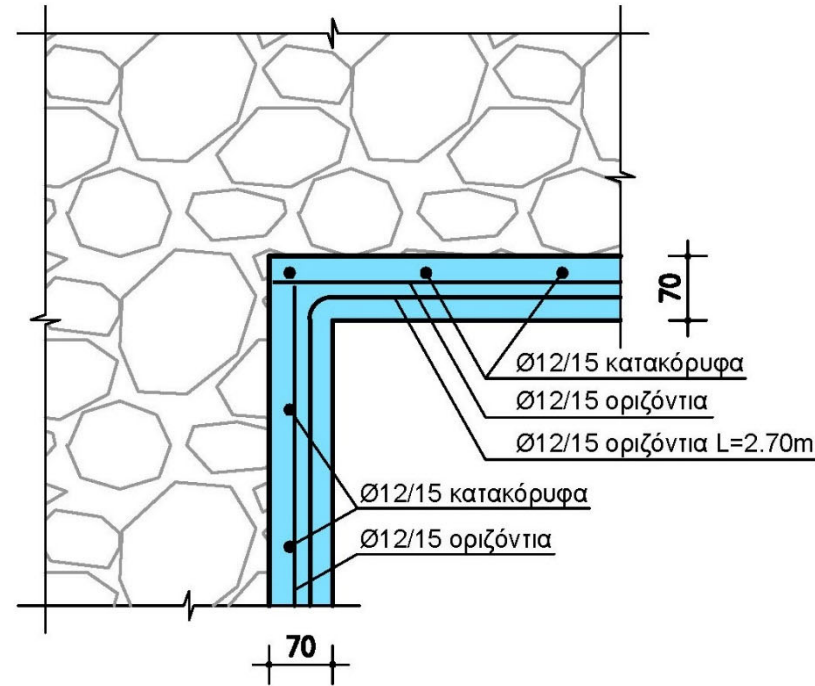
3. Λιθόκτιστα σχολεία στη Σάμο

Δημοτικό Σχολείο Πλατάνου, Αποκατάσταση-Ενίσχυση



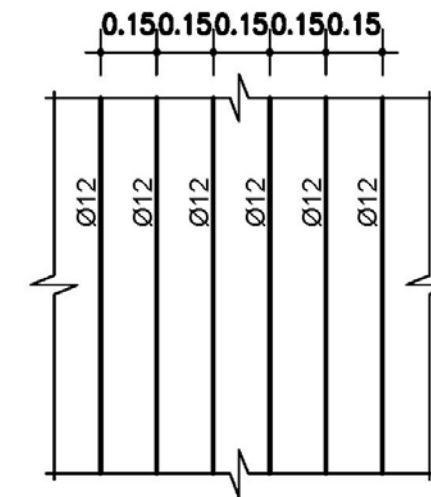
ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ - ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ

ΚΛ. 1:25

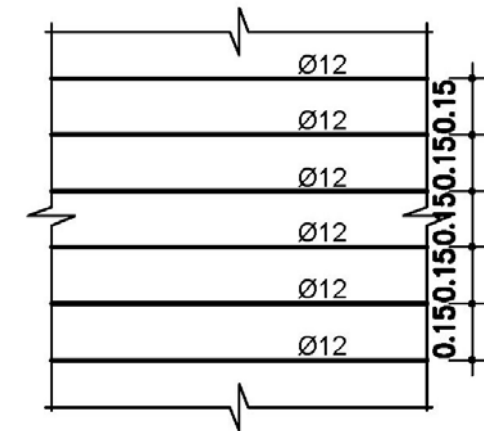


ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ Λ3

ΚΛ. 1:10



1η στρώση οπλισμού Ø12/15 κατακόρυφα



2η στρώση οπλισμού Ø12/15 οριζόντια

Σχετικά άρθρα

- Χ. Γιαρλέλης, Ε. Λαμπρινού, Κ. Ρεπαπής, Γ. Μυλωνάκης, Α. Σέξτος, Γ. Μανώλης, "**Δυναμική Απόκριση Σχολικού Κτηρίου στους Σεισμούς της Κεφαλονιάς του 2014**", 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, Αθήνα 2019.
- C. Giarlelis, E. Lamprinou, C. Repapis, "**Seismic rehabilitation of a school building in Cephalonia, Greece**", Chapter 1 in Case Studies 2: Case studies on conservation and seismic strengthening/retrofitting of existing structures, ed. A. Lampropoulos, ISBN 978-3-85748-173-4, Publisher: IABSE, 2020.
- C. Giarlelis, C. Repapis, E. Lamprinou, G. Mylonakis, G. Manolis, A. Sextos, "**Seismic Performance and SSI effects of a Two-Storey RC School Building during the 2014 Cephalonia, Greece, earthquake sequence**", Bulletin of Earthquake Engineering, 2023.
- Χ. Γιαρλέλης, Δ. Κουφάλης, Ε. Λαμπρινού, Κ. Ρεπαπής, Π. Ψαρρόπουλος, "**Συμπεριφορά δύο λιθόκτιστων σχολικών κτιρίων κατά τον σεισμό της Σάμου, 30/10/2020**", 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, Αθήνα 2022.

Όλα τα άρθρα βρίσκονται αναρτημένα στο www.equidas.com

Σχετικά άρθρα

