

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ –  
ΤΑΧΥΣ ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ  
ΣΕ ΜΕΓΑΛΑ ΣΥΝΟΛΑ ΚΤΗΡΙΩΝ**

**Θεοφανοπούλου Πηνελόπη  
Λέκκα Μαρία**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

*Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσέγγιση του θέματος του προσεισμικού ελέγχου σε μεγάλα σύνολα κτηρίων με σκοπό την αποφυγή βλαβών αλλά κυρίως ανθρώπινων ζώων, σε περίπτωση μελλοντικού σεισμού. Γίνεται καταγραφή των μεθόδων προσεισμικού ελέγχου που εφαρμόζονται στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς (Ιταλία, Ιαπωνία, ΗΠΑ). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη φάση του Ταχύ Οπτικού Ελέγχου. Ακολουθεί αξιολόγηση της ελληνικής μεθόδου με βάση πιλοτικά προγράμματα που εφαρμόστηκαν τα τελευταία χρόνια.*

**1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, που παρουσιάζει την υψηλότερη σεισμική επικινδυνότητα στην Ευρώπη, ο σχεδιασμός και η κατασκευή κτηρίων ικανών να δέχονται με ασφάλεια τις σεισμικές καταπονήσεις κρίνεται αναγκαίος. Με τη θεσμοθέτηση αυστηρών Αντισεισμικών Κανονισμών η Πολιτεία διασφαλίζει τα νέα κτήρια.

Οι σεισμοί των τελευταίων 25 χρόνων όμως, απέδειξαν ότι ένα σημαντικό ποσοστό των κατασκευών έχει χαμηλή σεισμική ικανότητα. Το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως σε κατασκευές που έχουν δομηθεί σύμφωνα με παλαιότερους αντισεισμικούς κανονισμούς οι οποίοι όμως δεν πληρούν το επίπεδο «σεισμικής ασφάλειας» των σύγχρονων.

Συγκεκριμένα ο πρώτος Αντισεισμικός Κανονισμός που εφαρμόστηκε ήταν το Βασιλικό Διάταγμα του 1959 (ΒΔ '59) που ίσχυσε ως το 1985 (διεκδικώντας, ενδεχομένως, το παγκόσμιο ρεκόρ μακροβιότητας αντισεισμικού κανονισμού τουλάχιστον μεταξύ των ανεπτυγμένων χωρών!), οπότε έγινε η πρώτη σημαντική βελτίωσή του. Ο σύγχρονος ελληνικός κανονισμός (ΕΑΚ) θεσπίστηκε από τον Ο.Α.Σ.Π. το 1995 και με τις βελτιώσεις του 2000 ισχύει έως σήμερα. Είναι προφανές ότι υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα σε σχέση με τη σεισμική συμπεριφορά υφιστάμενων κτηρίων ανάλογα με την περίοδο κατασκευής τους. Σημειωτέον ότι ένα τμήμα του δομικού συνόλου που χτίστηκε πριν το 1954, δεν διέπετο από κανένα αντισεισμικό κανονισμό ενώ βέβαια, και κάποιες νεότερες κατασκευές είναι αυθαίρετες και οι αντισεισμικές προδιαγραφές τους είναι τουλάχιστον αμφισβητήσιμες.

Παρόμοιο πρόβλημα αντιμετωπίζουν κι άλλα σεισμογενή κράτη.

Οπότε κρίνεται αναγκαία η αναβάθμιση του δομικού τους συνόλου. Η αναβάθμιση αυτή μπορεί να γίνει είτε με την βαθμιαία αντικατάσταση των παλιών κατασκευών με νέες, αντισεισμικές, είτε με την προσεισμική επέμβαση σε υφιστάμενες κατασκευές. Ο πρώτος τρόπος είναι πιο αργός, χωρίς άμεσα αποτελέσματα, ανεκτού όμως κόστους. Ο δεύτερος αντίθετα, είναι σε θέση να αναβαθμίσει σχετικά γρήγορα το δομικό ιστό, αλλά η πλήρης εφαρμογή του απαιτεί τεράστια κονδύλια που ακόμα και ισχυρές οικονομίες δεν μπορούν να διαθέσουν. Συνεπώς μία επιλεκτική επέμβαση αποτελεί τη μόνη βιώσιμη λύση.

Για το σκοπό αυτό σε αρκετές προηγμένες χώρες (π.χ. ΗΠΑ, Ιαπωνία, Ν. Ζηλανδία, Ιταλία) εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια **προσεισμικός έλεγχος** κτηρίων σε ευρεία κλίμακα ώστε να προσδιοριστούν τα πιο επισφαλή με σκοπό να γίνουν κατόπιν οι όποιες επεμβάσεις. Συνήθως ο έλεγχος διενεργείται σε επιλεγμένες κατασκευές οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένη τιμή «σεισμικής διακινδύνευσης» (seismic risk). Με τον όρο αυτό εκφράζονται οι πιθανές απώλειες από ένα σεισμό που αφορούν όχι μόνο σε άμεσες απώλειες (θάνατοι, τραυματισμοί, ζημιές) αλλά και σε έμμεσες (διακοπή της οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή, ανάγκη μετεγκατάστασης, αρωγή σεισμοπλήκτων κλπ). Έτσι σε προτεραιότητα τίθενται κτήρια δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης (νοσοκομεία, σχολεία).

Διεθνώς διατίθενται αρκετές μέθοδοι όπως η μέθοδος της Ιταλικής GNDT, οι μέθοδοι της Αμερικανικής FEMA, η Ιαπωνική μέθοδος της Japan Building Disaster Prevention Association (1990), η Νεοζηλανδική μέθοδος της New Zealand National Society for Earthquake Engineering και η Ελληνική μέθοδος του ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ (2000)

Πρόκειται κυρίως για εμπειρικές μεθόδους που είναι γρήγορες στην εφαρμογή και προϋποθέτουν την ύπαρξη αξιόπιστων στατιστικών στοιχείων από σεισμικές βλάβες σε κατασκευές. Στην τυπική τους μορφή δεν απαιτούν αναλυτικούς υπολογισμούς ή επιτόπου δοκιμές οπότε προσφέρονται για εφαρμογή σε μεγάλα σύνολα κτηρίων ακόμη και για ολόκληρα αστικά κέντρα.

## 2.1. ΙΤΑΛΙΑ

Μια σύγχρονη μέθοδος αξιολόγησης αναπτύχθηκε στην Ιταλία υπό την αιγίδα της GNDT (Εθνική Επιτροπή Αντισεισμικής Άμυνας) και με συμμετοχή πανεπιστημιακών που δραστηριοποιούνται στον τομέα της αποτίμησης της τρωτότητας. Τρωτότητα είναι μία έννοια που συσχετίζει το μέγεθος ενός σεισμού με τις απώλειες που προκαλεί αυτός στην κατασκευή. Η GNDT εφαρμόζει τρία επίπεδα αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Στο επίπεδο I γίνονται ταχείς έλεγχοι για τον καθορισμό της έκθεσης σε σεισμικό κίνδυνο (ανθρώπινες ζωές, ιδιοκτησίες). Οι διαδικασίες που ακολουθούνται εδώ βασίζονται στην ταξινόμηση. Δηλαδή μετά από οπτικό έλεγχο της κατασκευής και μελέτη τυχόν διατιθέμενων αρχείων κατασκευών από δημόσιες ή άλλες υπηρεσίες, η κατασκευή ταξινομείται σε μια συγκεκριμένη κατηγορία τρωτότητας με βάση τα χαρακτηριστικά της (δομικό σύστημα, υλικά κατασκευής, ηλικία, αριθμός ορόφων). Το επίπεδο αποτίμησης II είναι μία λεπτομερής μέθοδος αξιολόγησης (βαθμολόγησης) με εφαρμογή τόσο στις κατασκευές Ο/Σ όσο και σ' αυτές από τοιχοποιία.

Η μέθοδος της GNDT για την αποτίμηση της τρωτότητας κτηρίων από Ο/Σ χρησιμοποιεί ένα κύριο έντυπο που αναφέρεται τόσο σε ποιοτικά όσο και σε ποσοτικά δεδομένα. Εκτός από το κύριο έντυπο συμπληρώνονται δύο ακόμη έντυπα (πίνακες) με περιγραφές της κάτοψης κάθε ορόφου και καθορισμό των δομικών του στοιχείων οι διαστάσεις των οποίων διαφέρουν σημαντικά από εκείνες των υπερκείμενων ή και των υποκείμενων. Η ποσότητα των δεδομένων που συλλέγονται με συμπλήρωση των εντύπων της GNDT είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή που χρειαζόταν στις παλιότερες μεθόδους και το προσωπικό που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει πρώτα να εκπαιδευτεί κατάλληλα. Στη διάρκεια σχετικά πρόσφατης εφαρμογής της μεθόδου στην περιοχή Emilia-Romagna της Ιταλίας βρέθηκε ότι από μια διμελή ομάδα, αποτελούμενη από έναν πολιτικό μηχανικό και έναν αρχιτέκτονα χρειάζεται

περίπου μια μέρα για την αποτίμηση ενός κτηρίου και το 60% αυτού του χρόνου διατίθεται για τη συμπλήρωση της τεχνικής έκθεσης (Gavarini et al.1990).

Για τις κατασκευές από τοιχοποιία η GNDT ανέπτυξε μια μεθοδολογία ανάλογη, και μάλιστα προγενέστερη, αυτής για τα κτήρια Ο/Σ, η οποία βασίζεται στη βαθμολόγηση 11 χαρακτηριστικών της κατασκευής που καθορίζουν και την αναμενόμενη σεισμική βλάβη της (Benedetti et al.1988). Οι παράμετροι αυτές αναφέρονται στη μορφολογία, των τύπων θεμελίωσης, τη γεωμετρία των δομικών στοιχείων, την παρούσα κατάσταση, την ποιότητα των υλικών, κλπ. Για το σύνολο των 11 παραμέτρων υπολογίζεται ένας σταθμισμένος μέσος όρος από τον οποίο προκύπτει ο αναμενόμενος βαθμός βλάβης συναρτήσει της επιτάχυνσης του εδάφους (από καμπύλες τρωτότητας βαθμονομημένες βάσει στατιστικών στοιχείων). [2]

## 2.2. ΙΑΠΩΝΙΑ

Στην Ιαπωνία, χώρα ιδιαίτερα σεισμογενή, οι εξελίξεις στον τομέα του αντισεισμικού σχεδιασμού είναι συνεχείς. Έτσι προκύπτει το ερώτημα εάν τα κτήρια παλαιότερων ετών εξακολουθούν να είναι επαρκή σύμφωνα με τους νέους αντισεισμικούς κανονισμούς. Αυτή η προβληματική έγινε σε μεγάλη κλίμακα εμφανής στην Ιαπωνία για πρώτη φορά μετά τον σεισμό του Tokachioki το 1968, ο οποίος προκάλεσε σημαντικές βλάβες περίπου στο 15% των αντισεισμικά σχεδιασμένων κτηρίων Ο/Σ της πληγείσας περιοχής. Η σεισμική ασφάλεια των υφισταμένων κτηρίων απασχόλησε κυρίως κάποιους φορείς όπως το Υπουργείο Κατασκευών, υπεύθυνο για τα κρατικά κτήρια, καθώς και το Υπουργείο Παιδείας υπεύθυνο για όλα τα σχολικά κτήρια. Το γεγονός ότι ένας αντίστοιχης έντασης σεισμός (όπως του '68) αναμενόταν να προκαλέσει αντίστοιχες βλάβες αποτέλεσε το βασικό κίνητρο για την ανάπτυξη μιας μεθόδου αξιολόγησης ώστε να ανιχνευθούν τα πιο ευάλωτα κτήρια ανάμεσα στο μεγάλο πλήθος των υπαρχόντων.

Το 1977 συντάχθηκε ένα ενοποιημένο «Πρότυπο Αξιολόγησης Σεισμικής Ικανότητας Υφισταμένων Κτηρίων Ο/Σ» (Standard for Seismic Capacity Evaluation of Existing reinforced Concrete Buildings), υπό την καθοδήγηση του Υπουργείου Κατασκευών.

Η μέθοδος αποτίμησης όπως διαμορφώθηκε βάση του παραπάνω Προτύπου εφαρμόζεται σε κτήρια έως έξι ορόφων και γίνεται σε τρία επίπεδα. Η αξιοπιστία της συμπεριφοράς του κτηρίου έτσι όπως αυτή υπολογίζεται σε κάθε επίπεδο, είναι ευθέως ανάλογη του επιπέδου αυτού. Δηλαδή στο πρώτο επίπεδο η διαδικασία είναι απλούστερη και το αποτέλεσμα πιο αμφίβολο, ενώ στο τρίτο επίπεδο η ανάλυση είναι πιο περίπλοκη αλλά δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Οι παραπάνω διαδικασίες προορίζονται για εφαρμογή σε ομάδα υφισταμένων κτηρίων της ίδιας περιοχής ή σε κτήρια που ανήκουν στην ίδια κατηγορία, όπως «Σχολεία». Και τα τρία στάδια διαμορφώθηκαν εσκεμμένα έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για υπολογισμούς με το χέρι.

**1<sup>ο</sup> επίπεδο ελέγχου:** αφορά κυρίως στη διατηρητική αντοχή υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων.

**2<sup>ο</sup> επίπεδο ελέγχου:** περιλαμβάνει τον υπολογισμό αντοχής και πλαστιμότητας υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων διάτμησης. Οι δοκοί θεωρούνται άκαμπτες. Η εφαρμογή της διαδικασίας σε κατασκευές τύπου «αδύναμα υποστυλώματα – ισχυρές δοκοί» δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

**3<sup>ο</sup> επίπεδο ελέγχου:** περιλαμβάνει όλους τους πιθανούς μηχανισμούς αστοχίας, όπως αστοχία δοκών και στροφή των άκαμπτων τοιχωμάτων διάτμησης λόγω αστοχίας της θεμελίωσης.

Η μέθοδος βασίζεται στον υπολογισμό του Σεισμικού Δείκτη  $I_s$  (Seismic Index of Structure) ο οποίος αναφέρεται στην συνολική αντισεισμική ικανότητα ενός ορόφου σε κάθε κύρια διεύθυνση του σεισμού. Υπολογίζεται ως το γινόμενο τεσσάρων δεικτών:

$$I_s = E_o G S_D T$$

όπου:

$E_o$  = βασικός σεισμικός δείκτης

$G$  = γεωλογικός δείκτης

$S_D$  = δείκτης δομικού σχεδιασμού

$T$  = χρονικός δείκτης

Η μέθοδος υπολογισμού αυτών των δεικτών εξαρτάται από το επίπεδο στο οποίο βρισκόμαστε. Σύντομη παρουσίαση των δεικτών γίνεται παρακάτω:

Ο βασικός σεισμικός δείκτης δίνεται από:

$$E_o = \varphi C F$$

όπου:

$\varphi$  = συντελεστής ορόφων (συσχετίζει την απόκριση μονοβάθμιου ταλαντωτή με αυτή των πολυώροφων κατασκευών)

$C$  = δείκτης αντοχής

$F$  = δείκτης πλαστιμότητας

Ο γεωλογικός δείκτης ( $G$ ), λαμβάνει υπόψη τις τοπικές συνθήκες του εδάφους που μπορεί να αυξήσουν ή να μειώσουν την επίδραση της κίνησης του εδάφους στην κατασκευή. Λόγω έλλειψης πληροφοριών συντηρητικά λαμβάνεται ίσος με 1,0.

Με τον δείκτη δομικού σχεδιασμού ( $S_D$ ) λαμβάνονται υπόψη τα μειονεκτήματα λόγω της άνισης κατανομής ακαμψίας, τόσο σε κάτοψη όσο και καθ' ύψος της κατασκευής, καθώς και λόγω ασυμμετριών στο σχέδιο. Η επίδραση αυτών των παραγόντων ποσοτικοποιήθηκε με βάση τις παρατηρηθείσες βλάβες προηγούμενων σεισμών καθώς και την κρίση των μηχανικών. Για τη συλλογή των στοιχείων απαιτείται επιτόπου έρευνα. Η τιμή του κυμαίνεται από 0,4 έως 1,2.

Ο χρονικός δείκτης ( $T$ ) εισήχθη για να αξιολογηθεί η απώλεια αντοχής και γενικά η υποβάθμιση της ποιότητας της κατασκευής λόγω ηλικίας, περιλαμβάνοντας :

- Ρωγμές λόγω συστολών ή προηγούμενων φορτίσεων
- Παραμορφώσεις λόγω διαφορικών καθιζήσεων
- Φθορά των δομικών υλικών
- Φθορά λόγω πυρκαγιάς
- Έκθεση σε χημικά

Η τιμή του κυμαίνεται από 0,5 έως 1,0. Και πάλι για τη συλλογή των στοιχείων απαιτείται επιτόπου έρευνα. [8], [9]

### 2.3. ΗΠΑ

Οι μέθοδοι της FEMA παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού αποτέλεσαν τη βάση της Ελληνικής μεθόδου.

Μια πρώτη προσπάθεια έγινε όταν η FEMA (Federal Emergency Management Agency) χρηματοδότησε την προετοιμασία και την έκδοση του ταχύ ελέγχου κτηρίων με σεισμική επικινδυνότητα με αποτέλεσμα την δημιουργία του RVS (Rapid Visual Screening procedure ATC 21-1). Ο RVS δεν αποτελεί μια ακριβή μέθοδο σεισμικής αποτίμησης μεμονωμένων κτηρίων αλλά έχει ως στόχο τον έλεγχο ενός μεγάλου αριθμού κτηρίων σε μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι αποκλείονται από περαιτέρω έλεγχο τα σχετικώς επαρκή κτήρια.

Η ATC 21-1 (RVS) εξαρτάται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Μέγιστη επιτάχυνση- Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας των ΗΠΑ (Hazard Map). Υπάρχουν 3 δελτία προς συμπλήρωση για περιοχές χαμηλής, μεσαίας και υψηλής σεισμικής επικινδυνότητας. (βλ. Παράρτημα Ι)
- Τύπος κτηρίου (βλ. Πίνακα 1)
- Βασική δομική βαθμολογία (BSHS- Basic Structural Hazard Score) η οποία τροποποιείται κατόπιν, βάσει των ιδιαίτερων δομικών χαρακτηριστικών του κτηρίου, για να προκύψει το τελικό σκορ S.

Το εγχειρίδιο FEMA 154 (1988) αφορά στον ταχύ οπτικό έλεγχο των κτηρίων και αναθεωρήθηκε το 2001. Η μέθοδος βασίζεται στη συμπλήρωση ενός σύντομου έντυπου το οποίο συνοδεύεται από ένα συνοπτικό φύλλο αναφοράς που βοηθά το μηχανικό στη συμπλήρωσή του. Τα κτήρια κατατάσσονται σε έναν από 12 βασικούς δομικούς τύπους και παίρνουν την βασική βαθμολογία που κυμαίνεται από 1,0 έως 5,5 (άριστα). Η βαθμολογία αυτή στη συνέχεια μειώνεται λόγω κάποιων δυσμενών παραγόντων που σχετίζονται κυρίως με τη μορφολογία του κτηρίου ενώ αυξάνεται κατά δύο μονάδες αν το κτήριο έχει σχεδιαστεί με βάση ένα σύγχρονο αντισεισμικό κανονισμό. Η σεισμική διακινδύνευση του κτηρίου εκτιμάται τελικά με συνδυασμό της βαθμολογίας του και της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής στην οποία βρίσκεται. Η μέθοδος FEMA 154 εφαρμόστηκε, μεταξύ άλλων, σε 30000 κτήρια στο Portland των ΗΠΑ ενώ έχει προταθεί και η εφαρμογή της στη χώρα μας.

Το εγχειρίδιο FEMA 178 (1992) περιλαμβάνει επίσης μια μεθοδολογία αποτίμησης (σε δύο στάδια) ακολουθούμενη, εφόσον απαιτείται, από αναλυτικούς υπολογισμούς. Το εγχειρίδιο αυτό αποτέλεσε το συνοδευτικό τεχνικό κείμενο του αμερικανικού Προεδρικού Διατάγματος του 1994 το οποίο αναφέρεται μόνο σε δημόσια κτήρια (FEMA). Η μέθοδος αυτή δίνει προτεραιότητα στην ασφάλεια ζωής, ώστε υφιστάμενα κτήρια να ενισχυθούν για αποφυγή μελλοντικών βλαβών. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει 1 γενικό έντυπο και 15 ειδικά ένα για κάθε τύπο κτηρίου (5 για χαλύβδινα, 3 για Ο/Σ, 2 για ξύλινα, 2 για προκατασκευασμένα, 1 για κοινή τοιχοποιία, 2 για οπλισμένη τοιχοποιία). Η τελική αποτίμηση βασίζεται στη σύνθεση ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων. Το εγχειρίδιο FEMA 178 αναμένεται να αντικατασταθεί από το νέο κανονισμό ASCE- FEMA 310 (2000), ο οποίος ενσωματώνει το πολύ σημαντικό από επιστημονικής πλευράς σχετικό κείμενο που είναι οι Οδηγίες της FEMA 273 (1997) για τη σεισμική αποτίμηση και αναβάθμιση των κτηρίων, στο οποίο για πρώτη φορά διεθνώς δίνονται λεπτομερείς οδηγίες και βοηθήματα για την αποτίμηση κτηρίων με ανελαστικές ή δυναμικές αναλύσεις. [2], [4], [7], [8]

## 2.4. ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα μετά το μεγάλο σεισμό της Θεσσαλονίκης του 1978, το πρόβλημα της τραγικότητας των υφιστάμενων κατασκευών απασχόλησε τόσο την πολιτεία όσο και τους φορείς των μηχανικών. Παρά όμως τον αρκετά μεγάλο αριθμό σεισμών που έπληξαν αστικά κέντρα τα τελευταία χρόνια, δεν έγινε δυνατό να εξασφαλισθεί χρηματοδότηση για προσεισμική ενίσχυση έστω και ολιγάριθμων κατασκευών. Στο ίδιο διάστημα δαπανήθηκαν βέβαια αρκετά δισεκατομμύρια για την αποκατάσταση ζημιών σε κατασκευές που πλήγηκαν από κάποιο σεισμό.

Για την αντισεισμική θωράκιση υφισταμένων κτηρίων αλλά και γεφυρών έγιναν σημαντικές προσπάθειες στις αρχές του 1997 εκ των οποίων ιδιαίτερα συστηματική ήταν της Ομάδας Εργασίας (ΟΕ) του ΤΕΕ με υπεύθυνο τον Καθηγητή κ.Θ.Π. Τάσιο. Η ΟΕ συνέταξε ένα κείμενο στο οποίο προτεινόταν η δημιουργία 19 επιμέρους ΟΕ με αντικείμενα που καλύπτουν όλο το φάσμα του προβλήματος της αντισεισμικής ενίσχυσης. Το ΤΕΕ προχώρησε στο τέλος του 1999 (μετά και από την εμπειρία του σεισμού της Αθήνας) στη σύσταση των επτά κυριότερων, το έργο των οποίων ολοκληρώθηκε στα μέσα του 2001.

Το θέμα του προσεισμικού ελέγχου των Δημοσίων και Κοινοφελούς χρήσης κτηρίων τέθηκε θεσμικά με την εγκύκλιο 53 του ΥΠΕΧΩΔΕ (1997) με θέμα «Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης για Κοινοφελή κτήρια σε επίπεδο Νομού». Ο ΟΑΣΠ ανέθεσε σε ΟΕ (Πενέλης και συνεργάτες) τη διατύπωση πρότασης προσεισμικού ελέγχου.

Η επιστημονική ομάδα αξιοποιώντας την εμπειρία από την εφαρμογή μεθόδων προσεισμικού ελέγχου σε άλλες χώρες, κυρίως στις ΗΠΑ και λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες δόμησης των κτηρίων και τη διοικητική οργάνωση της χώρας μας διαμόρφωσε ένα κανονιστικό πλαίσιο αναφοράς για τον προσεισμικό έλεγχο ο οποίος περιλαμβάνει 3 στάδια.

**1<sup>ο</sup> στάδιο: Ταχύς Οπτικός Έλεγχος** (Rapid Visual Screening), για την πρώτη καταγραφή και ταχεία αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας των κτηρίων. Παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω.

**2<sup>ο</sup> στάδιο:** Προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας με βάση αναλυτικότερους υπολογισμούς, για όσα κτήρια προκύψει ανεπαρκής σεισμική ικανότητα από το πρώτο στάδιο (ΤΟΕ). Η αποτίμηση περιλαμβάνει την επισταμένη μελέτη του φακέλου του έργου στο γραφείο καθώς και επιτόπου μη-καταστροφικούς ελέγχους ποιότητας των υλικών, μέτρηση των κρίσιμων γεωμετρικών διαστάσεων του φέροντος οργανισμού, εξακρίβωση του σπλισμού στα κρίσιμα σημεία της κατασκευής, προσεγγιστικός υπολογισμός της τέμνουσας βάσης κλπ, πάντως όχι λεπτομερείς αναλύσεις.

Η σεισμική αποτίμηση διεξάγεται με βάση τις «Προδιαγραφές σεισμικής ασφάλειας κτηρίων που ανήκουν ή μισθώνονται από το κράτος» (ICSS RP4) και το εγχειρίδιο της FEMA-178, κατάλληλα προσαρμοσμένα στα ελληνικά δεδομένα.

**3<sup>ο</sup> στάδιο:** Λεπτομερής αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας και ενδεχομένως σύνταξη μελέτης αποκατάστασης- ενίσχυσης, για όσα κτήρια προκύψει σεισμική ανεπάρκεια (είτε τοπικά είτε στο σύνολο) από το προηγούμενο στάδιο. Η μελέτη συντάσσεται με βάση κατάλληλο κανονιστικό πλαίσιο: ΕΚΟΣ 2000, ΕΑΚ 2000, για το 85% των σεισμικών δράσεων και κατάλληλους δείκτες συμπεριφοράς ( $q$ ). Μία άλλη πρόταση είναι να ακολουθηθεί η FEMA 273 (1997) για έλεγχο των παραμορφώσεων.

Τέλος η ομάδα εργασίας του ΟΑΣΠ προτείνει ως θεσμικό πλαίσιο της όλης διαδικασίας το ΠΔ Clinton του 1994, με κάποιες προσαρμογές.

Το παραπάνω πλαίσιο υιοθετήθηκε από τη Β' Επιστημονική Επιτροπή του ΟΑΣΠ με μικρές προσαρμογές ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ (2000). Ήδη από την άνοιξη του 2001 με εντολή του ΟΑΣΠ διεξάγεται στη χώρα μας η πρώτη φάση (Ταχύς Οπτικός Έλεγχος) του προσεισμικού ελέγχου. [1], [2]

### 3.1. ΤΑΧΥΣ ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Ο ΤΟΕ διενεργείται σε επίπεδο Νομού από τους φορείς που έχουν την ευθύνη της λειτουργίας και ασφάλειας των κτηρίων. Για κάθε κτήριο που ελέγχεται συμπληρώνεται ένα «Δελτίο Προσεισμικού Ελέγχου Κτηρίων» (βλ. Παράρτημα Ι). Τα στοιχεία που συλλέγονται και καταγράφονται στα Δελτία Ελέγχου έχουν καθοριστεί προκειμένου να παρέχουν τιμές σε ένα πρώτο «δείκτη σεισμικής ικανότητας» (Structural Score S), ο οποίος θα προσδιοριστεί μετά από επεξεργασία και βαθμονόμηση των στοιχείων αυτών από τον ΟΑΣΠ (μεγαλύτερη τιμή του δείκτη σημαίνει καλύτερη σεισμική συμπεριφορά του κτηρίου). Από την επεξεργασία των στοιχείων του δελτίου και από τις αναμενόμενες μέγιστες σεισμικές δράσεις στην περιοχή για τα επόμενα χρόνια προσδιορίζονται οι προτεραιότητες για τον περαιτέρω έλεγχο ή την αναγκαιότητα λήψης μέτρων.

Το δελτίο χωρίζεται σε πέντε ενότητες.

- *Ενότητα Α* : Περιλαμβάνει τα στοιχεία ταυτότητας του κτηρίου όπως τοποθεσία, χρήση, μέγιστος αριθμός ανθρώπων που συναθροίζονται σ' αυτό.
- *Ενότητα Β* : Περιλαμβάνει τα τεχνικά στοιχεία του κτηρίου όπως αριθμός ορόφων-υπογείων, ολική δομημένη επιφάνεια (συνολικό εμβαδόν κτηρίου), έτος κατασκευής (προτιμάται η χρονολογία μελέτης αν είναι γνωστή).
- *Ενότητα Γ* : Περιλαμβάνει τα σεισμολογικά και γεωτεχνικά στοιχεία όπως ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας κατά ΕΑΚ2000 και κατά το χρόνο μελέτης του κτηρίου, κατηγορία εδάφους (ΕΑΚ2000). Σημειώνεται ότι για κτήρια προ του 1959, που μελετήθηκαν χωρίς αντισεισμικό κανονισμό δεν συμπληρώνεται το αντίστοιχο τετραγωνίδιο.
- *Ενότητα Δ* : Αφορά στον δομικό τύπο του κτηρίου που δίνεται αναλυτικά στον Πίνακα 2
- *Ενότητα Ε* : Περιλαμβάνει στοιχεία τρωτότητας όπως:
  - α) αλλαγή σπουδαιότητας λόγω αλλαγής χρήσης του κτηρίου. Το στοιχείο αυτό ενδιαφέρει από δομικής πλευράς όταν συνεπάγεται αλλαγή στις προβλεπόμενες φορτίσεις ή στη σπουδαιότητα του κτηρίου με αποτέλεσμα τη μεταβολή των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού.
  - β) Βλάβες από προγενέστερους σεισμούς,
  - γ) κακή κατάσταση λόγω ελλιπούς συντήρησης/ κακοτεχνιών π.χ. εμφανής ύπαρξη κακής ποιότητας σκυροδέματος ή εκτεθειμένων οπλισμών, ρηγματώσεις, εμφανείς κακοτεχνίες. Προφανώς το γενικό επίπεδο συντήρησης του κτηρίου αποτελεί την καλύτερη γρήγορη οπτική ένδειξη: αν το εξωτερικό του κτηρίου είναι παραμελημένο μπορεί να υποθεθεί ότι και το βασικό δομικό του σύστημα θα βρίσκεται σε κακή κατάσταση.
  - δ) Μαλακός όροφος,
  - ε) ασυμμετρία (οριζοντίως ή καθ' ύψος),
  - στ) μη κανονική διάταξη τοιχοπληρώσεων. Η ύπαρξη κανονικά διατεταγμένων ισχυρών τοιχοπληρώσεων συμβάλλει θετικά στη σεισμική συμπεριφορά του κτηρίου.

ζ) κοντά υποστυλώματα π.χ. όροφοι με φεγγίτες σε όλο το μήκος του ανοίγματος ή κτήρια στάθμευσης αυτοκινήτων με τοιχοπληρώσεις προστασίας ύψους 1- 1.5 m

Το δελτίο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι απλή και τυποποιημένη η διαδικασία συμπλήρωσής του (σημειώνοντας X στις αντίστοιχες επιλογές, ώστε να είναι δυνατή και η ηλεκτρονική επεξεργασία των δεδομένων).

Ο έλεγχος πραγματοποιείται από διμελή επιτροπή μηχανικών εκ των οποίων ο ένας τουλάχιστον πρέπει να είναι Πολιτικός Μηχανικός. Οι μηχανικοί πρέπει να έχουν σημαντική εμπειρία σε ανάλογα θέματα ενώ δε φέρουν ευθύνη για την εκτίμηση των ζητούμενων στοιχείων τρωτότητας του κτηρίου έναντι σεισμού. Επισημαίνεται ότι είναι πολύ σημαντικό να βρεθεί και να χρησιμοποιηθεί η μελέτη του κτηρίου ώστε να εξασφαλισθεί κατά το δυνατόν η αξιοπιστία των στοιχείων. Για να είναι πιο πλήρη τα στοιχεία που αφορούν στο κτήριο συνιστάται στους μηχανικούς να σχεδιάζουν την κάτοψη του κτηρίου και μία χαρακτηριστική τομή του καθώς και να φωτογραφίζουν την όψη του.

Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί βαθμολογούνται με βάση τους Πίνακες 3 και 4 ώστε να εξαχθεί η τελική βαθμολογία (score S). Ο Πίνακας 3 δίνει τη βασική βαθμολογία η οποία στη συνέχεια μεταβάλλεται κατάλληλα σύμφωνα με τις αυξομειώσεις που προτείνονται στον Πίνακα 4. [1]

### 3.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΑΧΕΩΣ ΟΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Για την αξιολόγηση της μεθόδου TOE, πριν αρχίσει να εφαρμόζεται, μελετήθηκε ένα σύνολο από 5.470 κτήρια της Θεσσαλονίκης που είχαν ‘χτυπηθεί’ από το σεισμό της 20/06/1978. Για τα κτήρια αυτά υπήρχαν λεπτομερείς πληροφορίες σε βάση δεδομένων του εργαστηρίου Ο/Σ του ΑΠΘ από την περίοδο του σεισμού. Οι πληροφορίες περιλάμβαναν το δομικό τύπο των κτηρίων, τη σεισμική τους συμπεριφορά καθώς και το κόστος επισκευής ανά  $m^3$  (κατασκευαστικών και γενικών επισκευών). Το δείγμα περιλάμβανε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος 2 έως 9 ορόφων και φέρουσας τοιχοποιίας 1 έως 3 ορόφων. Τα κτήρια αξιολογήθηκαν με τη μέθοδο του TOE και προέκυψαν βαθμολογίες από -4.3 έως +3. Φαίνεται ότι το δείγμα είναι σχετικά χαμηλής ποιότητας, αν λάβουμε υπόψη ότι το υψηλότερο σκορ για μοντέρνα κατασκευή Ο/Σ στην περιοχή της Θεσσαλονίκης είναι  $S=+4,5$ . Έχοντας τη βαθμολογία του κάθε κτηρίου και χρησιμοποιώντας το σχετικό κόστος επισκευής ανά  $m^3$  ως δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα. [3], [5]

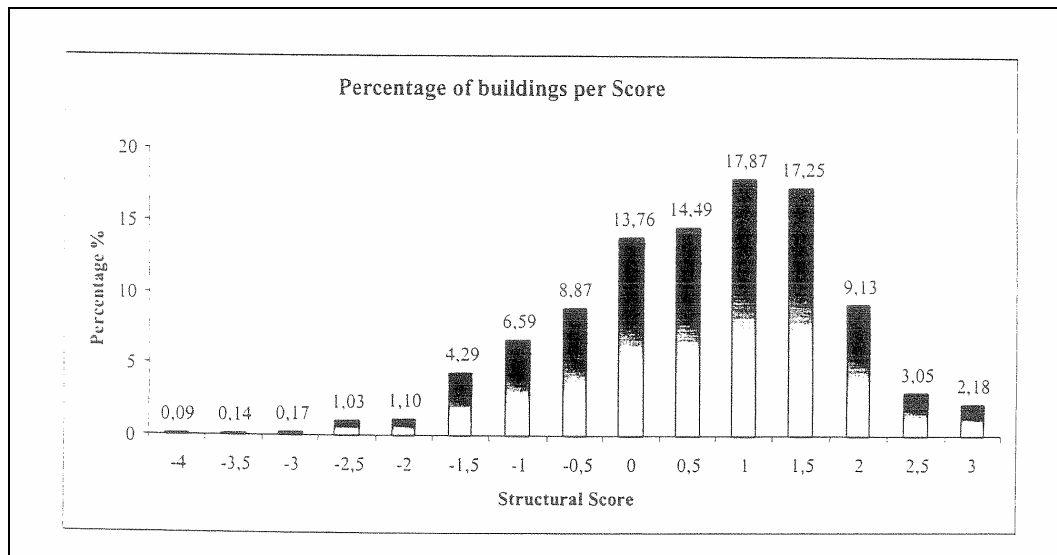
*Κατανομή των κτηρίων με βάση το δομικό τους τύπο και το σκορ S:*

Το δείγμα μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις βασικές κατηγορίες

- |                                                              |        |
|--------------------------------------------------------------|--------|
| • Πολυώροφα παλαιά κτήρια με φέροντα οργανισμό από Ο/Σ (ΟΣ1) | 6,86%  |
| • Διώροφα κτήρια με φέροντα οργανισμό από Ο/Σ (ΟΣ3)          | 57,72% |
| • Κτήρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία 2 έως 3 ορόφων (ΑΤ)     | 31,05% |
| • Κτήρια με φέρουσα οπλισμένη τοιχοποιία 2 έως 3 ορόφων (ΔΤ) | 4,37%  |

Η κατανομή των κτηρίων σε ποσοστό του ολικού δείγματος συναρτήσει της βαθμολογίας που συγκέντρωσαν δίνεται στην ακόλουθη γραφική παράσταση (γράφημα 1).





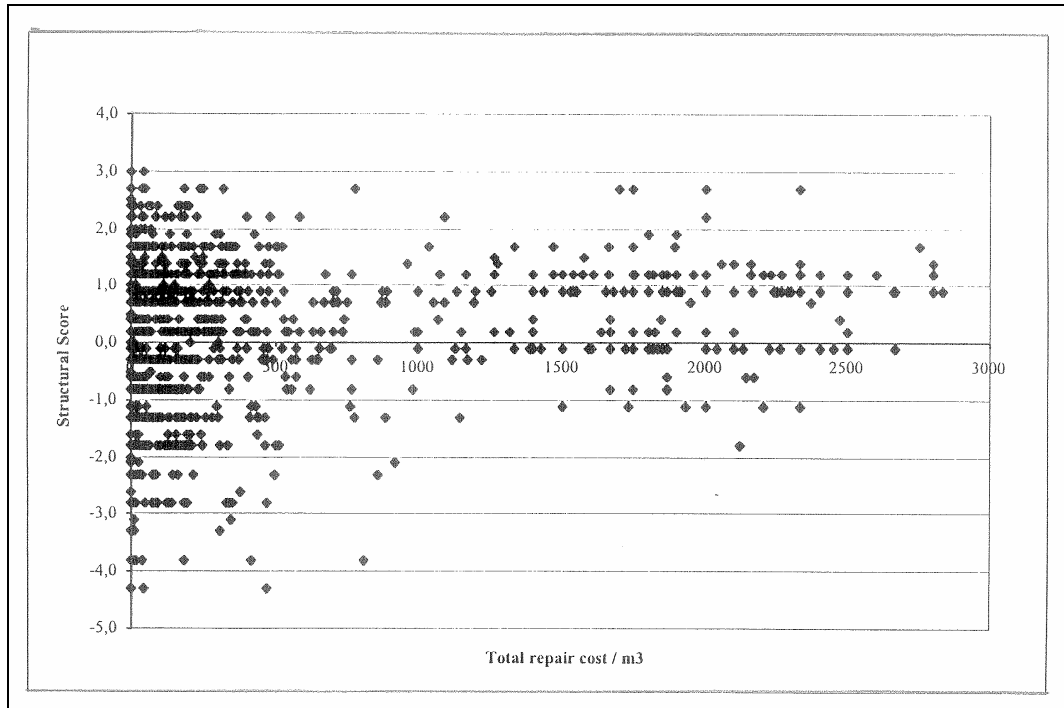
**Γράφημα 1**

Το κόστος επισκευής για κτήρια κατηγορίας ΟΣ1, ΟΣ3 υπολογίστηκε σε 29,9 δρχ./ m<sup>3</sup> , για την κατηγορία ΔΤ 144,0 δρχ./ m<sup>3</sup> ενώ για την κατηγορία ΑΤ 287,7 δρχ./ m<sup>3</sup>. Βλέπουμε ότι τα κτήρια από Ο/Σ είχαν πολύ μικρότερο κόστος επισκευής που σημαίνει ότι παρουσίασαν πολύ καλύτερη συμπεριφορά από τις άλλες δύο κατηγορίες, παρότι ήταν πολυώροφα.

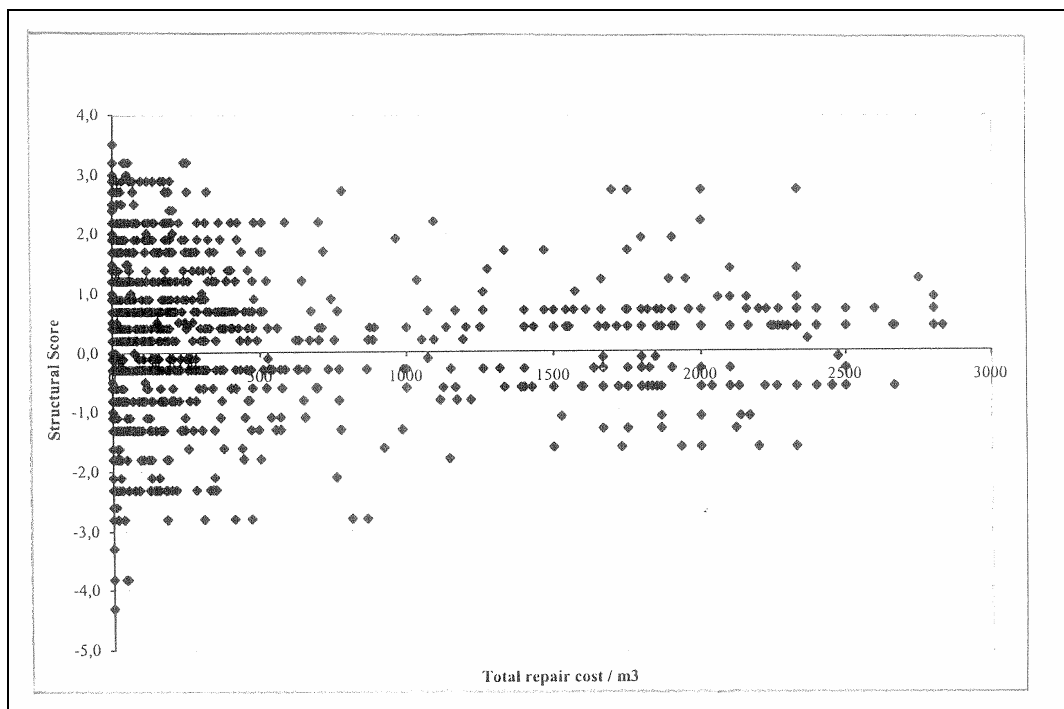
#### *Σχέση μεταξύ του κατασκευαστικού σκορ και του κόστους επισκευής*

Στα γραφήματα 2 και 3 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ κατασκευαστικού σκορ και συνολικού κόστους επισκευής ανά m<sup>3</sup> για όλα τα κτήρια του δείγματος που έχουν ταξινομηθεί βάση της διαδικασίας ΟΑΣΠ/ΤΟΕ και FEMA 154 αντίστοιχα.

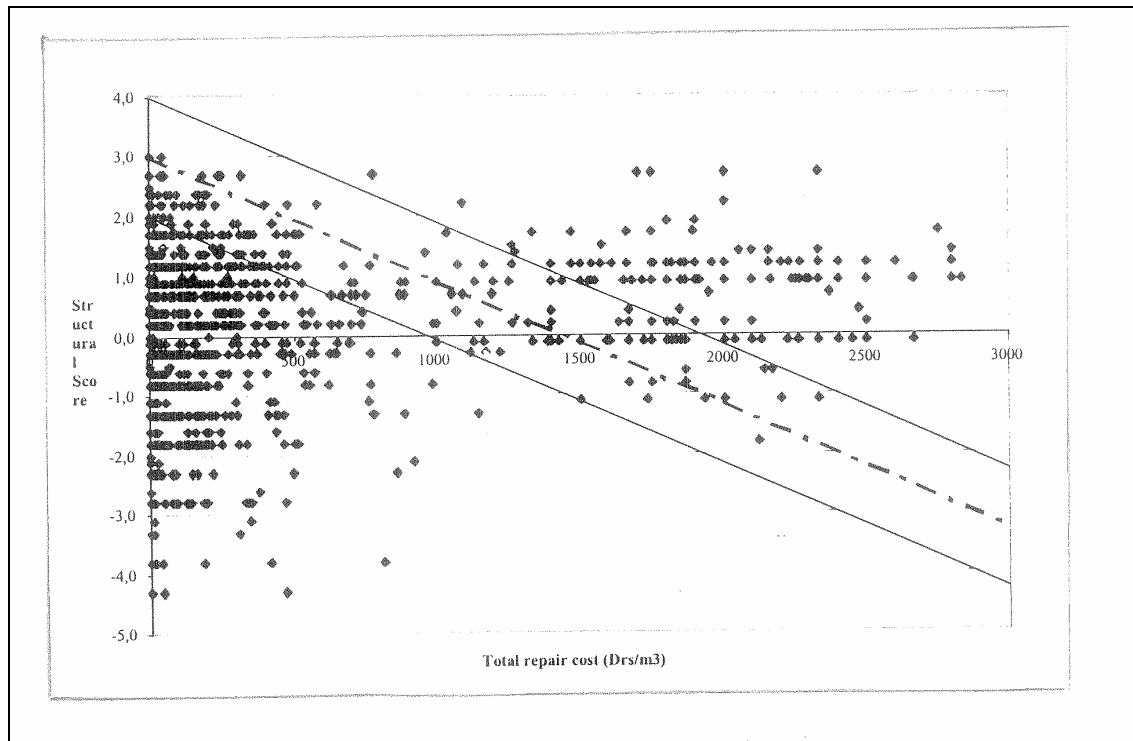
Παρατηρούμε ότι οι γραφικές παραστάσεις και των δύο μεθόδων είναι της ίδιας μορφής, με τυχαία κατανομή που παρουσιάζει υψηλή συγκέντρωση τιμών στην περιοχή χαμηλού κόστους επισκευής. Επίσης για δεδομένο κόστος επισκευής υπάρχουν κτήρια τόσο με υψηλό όσο και με χαμηλό σκορ, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να αποκλείσουμε κάποια από αυτά από περαιτέρω ανάλυση. Η μορφή των γραφημάτων δεν ήταν η αναμενόμενη για τους αναλυτές, οι οποίοι περίμεναν ένα γράφημα όπου χαμηλό κόστος επισκευής θα αντιστοιχούσε σε υψηλό σκορ του κτηρίου ενώ αντίθετα υψηλό κόστος σε χαμηλό σκορ (βλ. γράφημα 4). Το ερώτημα λοιπόν που τίθεται είναι αν η μέθοδος ΤΟΕ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια πρώτη καταγραφή ώστε να τεθούν προτεραιότητες για τα επόμενα βήματα.



Γράφημα 2: ΟΑΣΠ



Γράφημα 3: FEMA

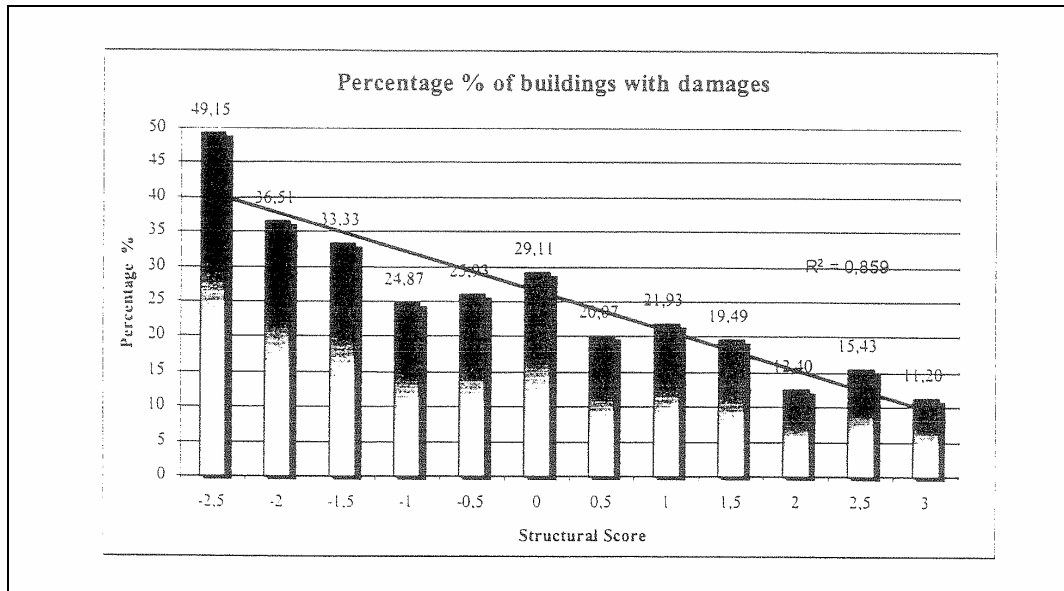


Γράφημα 4

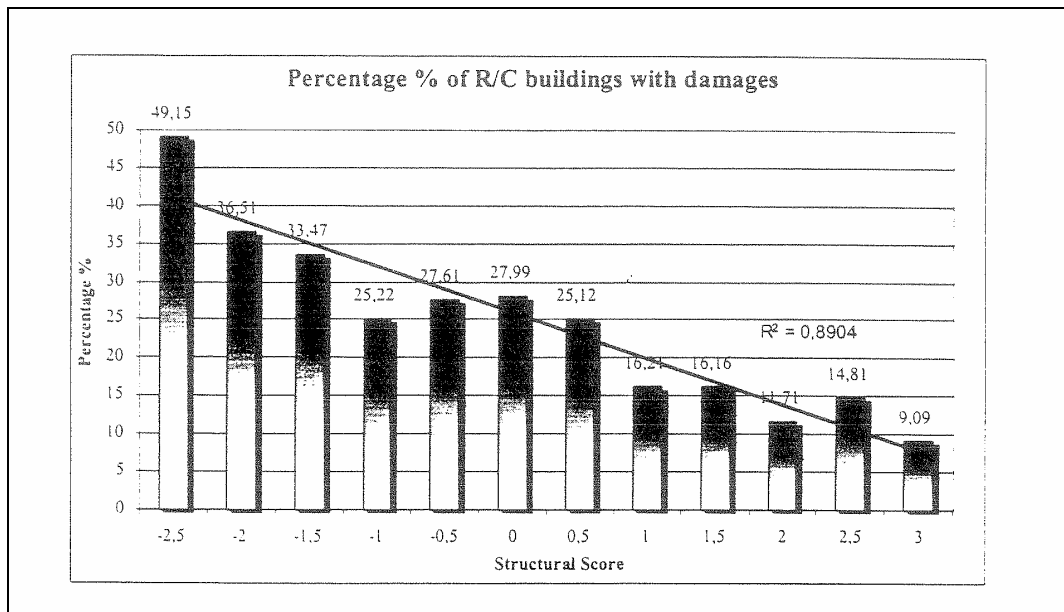
Σχέση μεταξύ κατασκευαστικού σκορ και ποσοστού κτηρίων με δεδομένο κόστος επισκευής.

Μετά από μια αναλυτικότερη στατιστική ανάλυση των δεδομένων προέκυψε το γράφημα 5. Για διαδοχικές τιμές του κατασκευαστικού σκορ (από -2,5 έως +3) υπολογίστηκε το ποσοστό % των κτηρίων που παρουσίασαν ζημιές, για παράδειγμα όπως φαίνεται στο γράφημα, από τα κτήρια με σκορ  $S=-2,5$  το 49,15% υπέστησαν βλάβες.

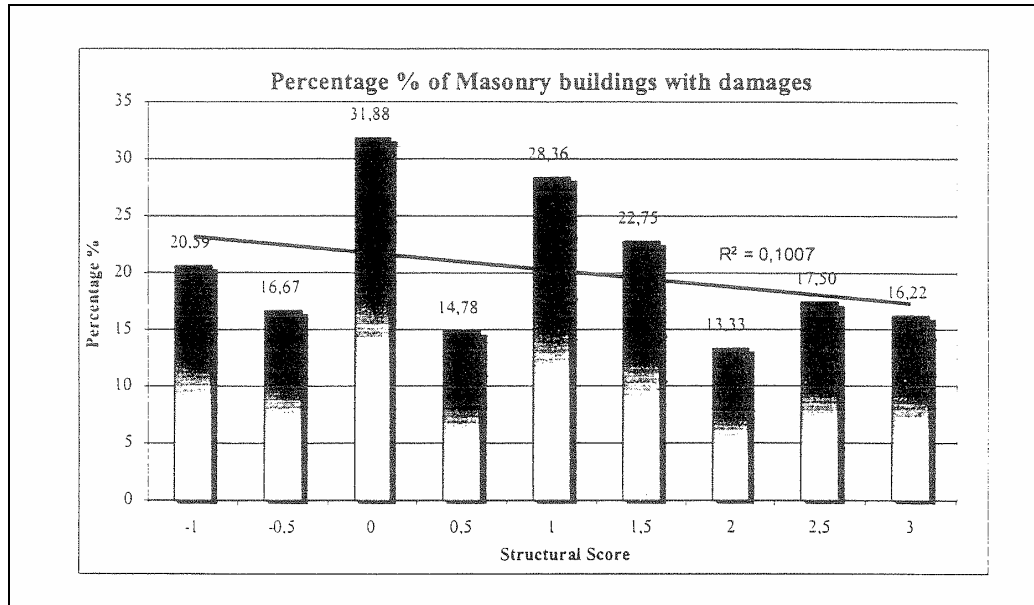
Βλέπουμε ότι το γράφημα αυτό έχει την επιθυμητή μορφή, οπότε συμπεραίνουμε ότι η διαδικασία του ΤΟΕ δίνει μια καλή συσχέτιση μεταξύ του σκορ και του ποσοστού των βλαμμένων κτηρίων, γεγονός που μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο αυτή για μια αξιόπιστη ταξινόμηση των κτηρίων σε πρώτη φάση μελέτης. Τέλος, τα ίδια διαγράμματα έγιναν ξεχωριστά για κτήρια από Ο/Σ (γράφημα 6) και τοιχοποιία (γράφημα 7). Από αυτά γίνεται φανερό ότι τα προηγούμενα συμπεράσματα ισχύουν για κατασκευές από Ο/Σ, δεν ισχύουν όμως για κατασκευές από τοιχοποιία.



Γράφημα 5



Γράφημα 6



Γράφημα 7

#### Οικονομική ανάλυση

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα μιας προκαταρκτικής οικονομικής ανάλυσης που διεξήχθη για τα Δημοτικά, Γυμνάσια και Λύκεια της περιοχής της Θεσσαλονίκης. Υπολογίζεται ότι λειτουργούν περίπου 500 σχολεία. Το κόστος της όλης διαδικασίας συμπεριλαμβανομένων των απαραίτητων εργασιών επέμβασης φαίνεται παρακάτω:

- Προκαταρκτική διαδικασία ΤΟΕ  
500\*200 χιλιάδες δρχ. = 100.000 χιλ.δρχ.
- Προσεγγιστική αποτίμηση  
400\*2.000 χιλ.δρχ = 800.000 χιλ.δρχ.
- Λεπτομερής μελέτη αποκατάστασης  
300\*10.000 χιλ.δρχ. = 3.000.000 χιλ.δρχ.
- Εργασίες επέμβασης  
150\*100.000 χιλ.δρχ. = 15.000.000 χιλ.δρχ.  
150\* 50.000 χιλ.δρχ. = 7.500.000 χιλ.δρχ.  
**Συνολικό κόστος = 26.400.000 χιλ.δρχ.**

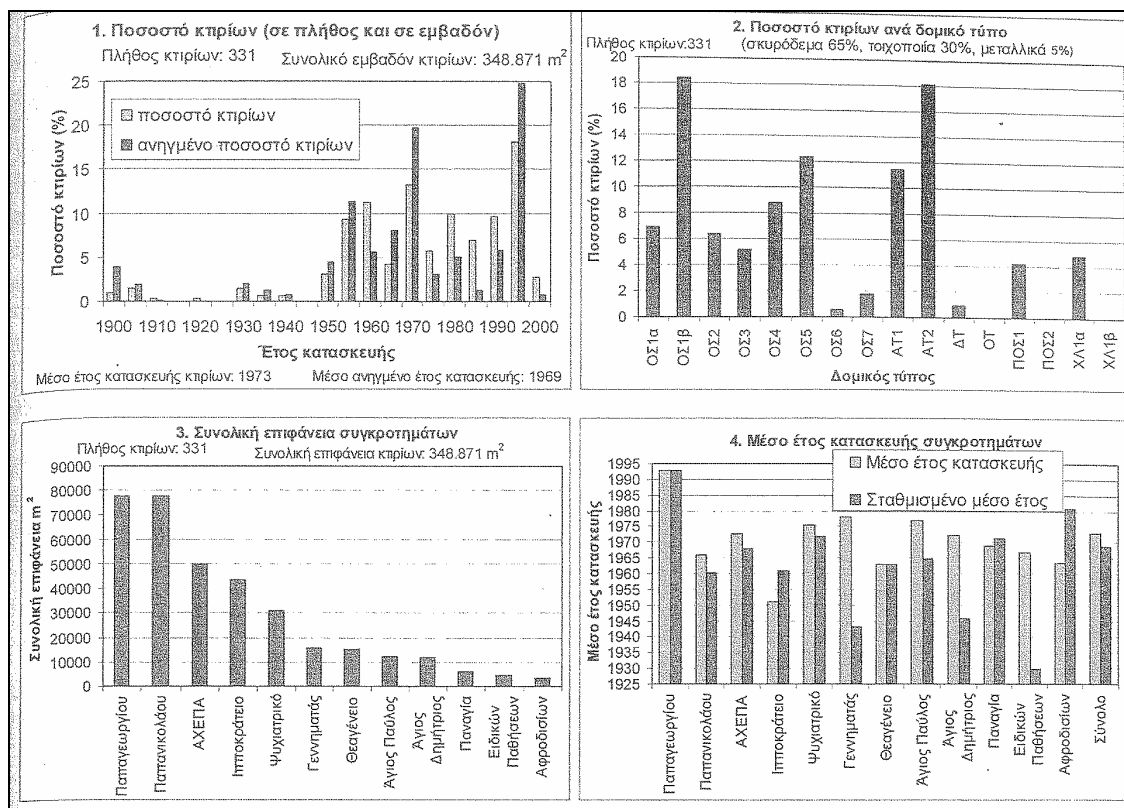
- Αξία υπαρχόντων σχολικών συγκροτημάτων  
500\*500.000 χιλ.δρχ. = 250.000.000 χιλ.δρχ.
- Λόγος του κόστους επισκευής προς την απομένουσα αξία των σχολείων της Θεσσαλονίκης.  
 $\lambda = 26.400.000/250.000.000 = 10,5\%$

Ας σημειωθεί ότι τα κονδύλια για νέα σχολεία στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας στο Δημόσιο προϋπολογισμό ανέρχονται για την περίοδο 2001-2007 στα 30 δις δρχ. Βλέπουμε λοιπόν ότι τέτοια προγράμματα προσεισμικών επεμβάσεων ακόμα και για ειδικές κατηγορίες κτηρίων θα μπορούσαν να αλλάξουν ακόμα και τις προτεραιότητες του κρατικού προϋπολογισμού. [3]

### 3.3 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ ΜΕ FEMA 154 (2000)

Η Περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας χρηματοδότησε το 2002 ένα πιλοτικό πρόγραμμα προσεισμικού ελέγχου σχολείων και νοσοκομείων της περιοχής της Θεσσαλονίκης. Την ερευνητική ομάδα που έφερε εις πέρας το πρόγραμμα πλαισίωσαν πανεπιστημιακοί και πολιτικοί μηχανικοί. Πηγές άντλησης των στοιχείων ήταν: Δήμος Θεσσαλονίκης, Δ.Τ.Υ.Ν.Α. Θεσσαλονίκης, Πολεοδομία Θεσσαλονίκης, Διευθύνσεις Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Π.Ε.Σ.Υ., αρχεία Νοσοκομείων.

Το δείγμα σε αυτό το στάδιο αναφέρεται σε 331 νοσοκομεία τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία των οποίων περιγράφονται στα τέσσερα πρώτα διαγράμματα (Σχήμα 1). Τα κτήρια καταλαμβάνουν επιφάνεια περίπου 350.000 m<sup>2</sup> και κατανέμονται σε 12 συγκροτήματα (διάγραμμα 3). Το μέσο έτος κατασκευής τους είναι το 1973, ενώ το μέσο έτος, ανηγμένο στην επιφάνεια των κτηρίων, είναι το 1969. Η διαφοροποίηση αυτή υποδηλώνει ότι κατά μέσο όρο τα πιο παλιά κτήρια είναι μεγαλύτερης επιφάνειας από τα νεότερα. Από την ανάλυση των χαρακτηριστικών του δείγματος παρατηρήθηκε ότι το κτιριακό απόθεμα είναι σχετικά μεγάλης μέσης ηλικίας καθώς περιλαμβάνει σημαντικό ποσοστό κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία (30%) που είναι ασυνήθιστα υψηλό για ένα μεγάλο αστικό κέντρο της Ελλάδας.



Σχήμα 1

Η χρονική κατανομή της κατασκευής κτηρίων φαίνεται στο διάγραμμα 1. Παρατηρείται μια σημαντική έξαρση σε αυτό το διάγραμμα την χρονιά του 1993 πράγμα που οφείλεται στην κατασκευή του συγκροτήματος Παπαγεωργίου. Ο δομικός τύπος των κτηρίων απεικονίζεται στο διάγραμμα 2. Το 65% των κτηρίων διαθέτουν φέροντα οργανισμό από Ο/Σ, το 30% από φέρουσα τοιχοποιία και το υπόλοιπο 5% είναι μεταλλικά.

#### *Δομική Βαθμολογία ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ*

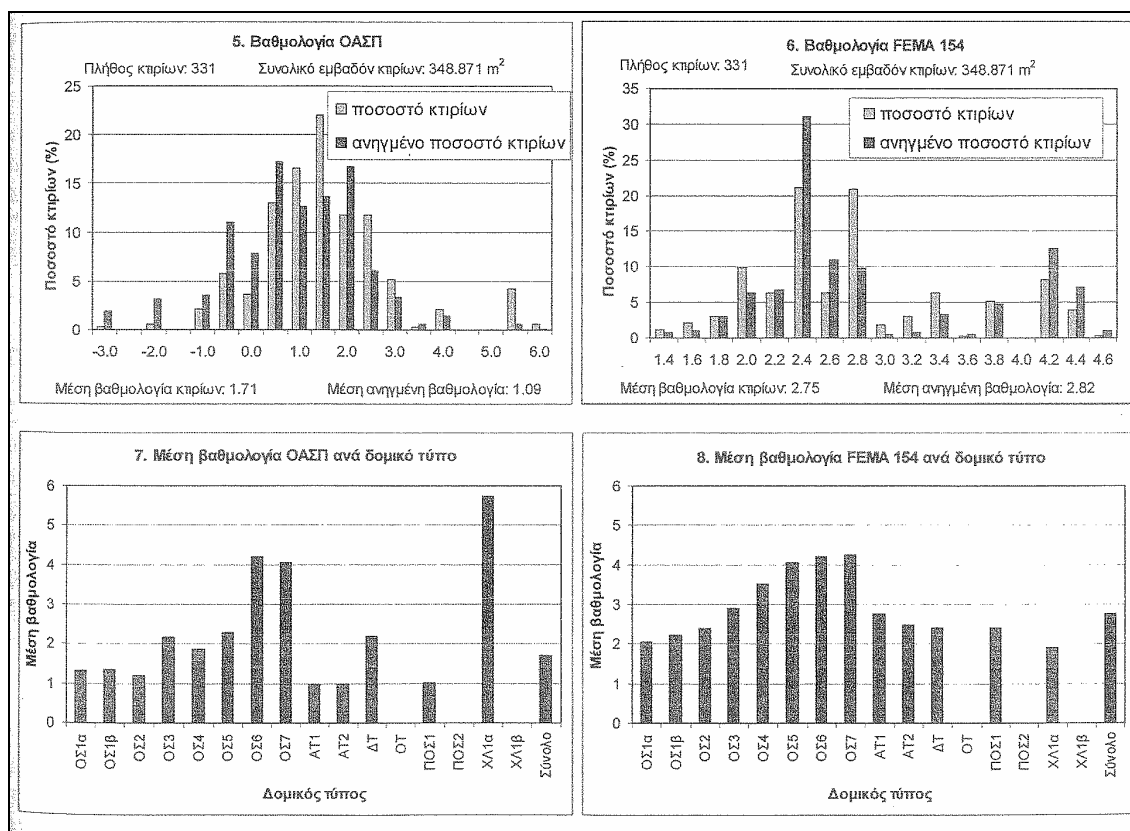
Στο διάγραμμα 5 φαίνεται η κατανομή της Δομικής Βαθμολογίας των κτηρίων συναρτήσει του έτους κατασκευής τους. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κτηρίων έχει βαθμολογία που κυμαίνεται από  $-0,5$  έως  $+2,5$ . Το αποτέλεσμα αυτό δεν είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό για την περιοχή, αν λάβουμε υπόψη μας ότι η ερευνητική ομάδα είχε θέσει ως όριο Δομικής Βαθμολογίας το  $2,0$ , κάτω του οποίου χρειάζεται περαιτέρω έρευνα. Το όριο αυτό είναι αρκετά αυστηρό και θα μπορούσε να αναπροσαρμοσθεί. Στο διάγραμμα 7 φαίνεται η κατανομή της Βαθμολογίας των κτηρίων συναρτήσει του δομικού τους τύπου.

#### *Δομική Βαθμολογία FEMA 154 (2000)*

Τα ίδια διαγράμματα έγιναν για την απεικόνιση της βαθμολογίας με αυτή τη μέθοδο. Η μορφή των διαγραμμάτων δεν αλλάζει σημαντικά, υπάρχουν όμως ορισμένες διαφοροποιήσεις.

Στο διάγραμμα 6 το εύρος των τιμών της βαθμολογίας της FEMA 154 περιορίζεται έναντι της αντίστοιχης του ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ σε  $1,4$  έως  $4,6$  από  $-0,3$  έως  $6,0$ . Ο περιορισμός αυτού του εύρους τιμών οφείλεται στο ότι με τη μέθοδο FEMA 154 αμβλύνονται οι σωρευτικές μειώσεις της Δομικής Βαθμολογίας λόγω διαφόρων μηχανοκτονιών. Έτσι προκύπτουν τελικά μεγαλύτερες βαθμολογίες, οι οποίες μάλιστα έχουν θετική τιμή. Παρατηρείται ότι η μέση βαθμολογία του δείγματος είναι  $2,75$  και η μέση ανηγμένη  $2,82$ , δηλαδή της ίδιας τάξεως μεγέθους, σε αντίθεση με την μέθοδο ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ ( $1,71$  και  $1,09$ ). Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στο ότι τα κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία έχουν συγκριτικά μεγαλύτερη βαθμολογία, πράγμα που ανεβάζει τη μέση ανηγμένη.

Στο διάγραμμα 8 φαίνεται η μέση βαθμολογία των κτηρίων συναρτήσει του δομικού τους τύπου. Αντίστοιχα προς τη μέθοδο ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ για τα κτήρια από Ο/Σ διαπιστώνεται αύξηση της βαθμολογίας συναρτήσει της βελτίωσης του αντισεισμικού κανονισμού. Μεγάλη είναι η διαφοροποίηση των προκατασκευασμένων κτηρίων των οποίων η μέση βαθμολογία, σε αντίθεση προς τη βαθμολογία του ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ, πλησιάζει τη μέση τιμή του συνολικού δείγματος. Το ίδιο ισχύει και για τα κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία, τα οποία έχουν συγκρίσιμη βαθμολογία προς τα του προ του 1985 από Ο/Σ γεγονός που έρχεται σε αντίθεση προς την κοινή αίσθηση των Μηχανικών της χώρας μας. Τέλος τα μεταλλικά κτήρια μετά από κάποιες διαφοροποιήσεις (αμερικανικές εμπειρίες Northridge 1994), με τη μέθοδο ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ είχαν την υψηλότερη βαθμολογία, και με αρκετή διαφορά, ενώ με τη μέθοδο FEMA 154 τη χαμηλότερη. [6]



Σχήμα 2

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά βλέπουμε ότι, ο προσεισμικός έλεγχος αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο της αντισεισμικής θωράκισης των αστικών κέντρων σειсмоγενών περιοχών. Αν και τα κονδύλια που απαιτούνται για την καθολική εφαρμογή του είναι τεράστια, οι εμπειρικές μέθοδοι ταχέως ελέγχου αποτελούν μια αρκετά ικανοποιητική λύση για να τεθούν προτεραιότητες στην ενίσχυση ή επισκευή κατασκευών προσεισμικά.

Συγκρίνοντας τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν στις διάφορες χώρες παρατηρούμε ότι:

1. Ο προσανατολισμός τους είναι προς την ασφάλεια ζωής, γι' αυτό προτεραιότητα δίνεται σε κτήρια υψηλής συγκέντρωσης κοινού όπως Δημόσια και άλλα κοινωφελή κτήρια.

2. Όλες οι μέθοδοι προσεισμικού ελέγχου που έχουν εφαρμοστεί αποτελούνται από διαδοχικά στάδια αυξανόμενης πολυπλοκότητας, καθένα από τα οποία εξαιρεί τα πιο ασφαλή κτήρια από περαιτέρω ανάλυση.

3. Ενώ στις ΗΠΑ, Ελλάδα, Ιταλία οι διαδικασίες ξεκινούν με συμπλήρωση εντύπων με βάση Ταχύ Οπτικό Έλεγχο βλέπουμε ότι στην Ιαπωνία η μέθοδος είναι σε αυτό το στάδιο πιο αναλυτική και βασίζεται στον υπολογισμό χαρακτηριστικών δεικτών της κατασκευής.

4. Σε κάθε περίπτωση οι ομάδες που αναλαμβάνουν τους οπτικούς ελέγχους πρέπει να απαρτίζονται από έμπειρους μηχανικούς καθώς η κρίση του μηχανικού παίζει ιδιαίτερο ρόλο κατά τη συμπλήρωση των δελτίων



5. Γενικότερα το πλαίσιο των μεθόδων δεν είναι ιδιαίτερα αυστηρό. Νέες μελέτες γίνονται και προκύπτουν καινούρια στοιχεία για την βελτίωση και εξέλιξη τους.

Είναι προφανές ότι κάθε μέθοδος πρόληψης των αρνητικών συνεπειών ενός καταστροφικού σεισμού, σε κατασκευές και ανθρώπους, είναι προτιμότερη από την εκ των υστέρων αντιμετώπιση τους και γι' αυτό πρέπει να επιδιώκεται κατά το δυνατό από την Πολιτεία.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων Δημόσιας και Κοινοφελούς Χρήσης**, ΥΠΕΧΩΔΕ - ΟΑΣΠ
2. **«Τρωτότητα Υφισταμένων Κτηρίων», πρακτικά σεμιναρίου κατάρτισης μηχανικών: Προσεισμικός και Μετασεισμικός Έλεγχος Κτηρίων**, Ανδρέας Ι. Κάππος, Θεσσαλονίκη Μάιος 2003.
3. **“Pre-Earthquake Assessment of Public Buildings in Greece”, International Workshop on seismic assessment and Rehabilitation of Structures**, Prof. George Gr. Penelis, Athens-Constantinople, January 2001
4. **«Αξιολόγηση Μεθόδων Πρωτοβάθμιου Προσεισμικού Ελέγχου με Κριτήριο τη Συμπεριφορά των Κτηρίων σε Συγκεκριμένους σεισμούς»**, Κ. Χ. Στυλιανίδης, Α. Ι. Κάππος, Γ. Γ. Πενέλης, Χ. Ε. Ιγνατάκης
5. **«Βαθμονόμηση της Α' φάσης του Προσεισμικού Ελέγχου (Ταχύς Οπτικός Έλεγχος)»**, Α. Ι. Καραμπίνης
6. **«Προσεισμικός Έλεγχος Νοσοκομείων και Σχολείων Περιφέρειας Κ. Μακεδονίας»**, Κ. Χ. Στυλιανίδης, Α. Ι. Κάππος, Γ. Γ. Πενέλης, Χ. Ε. Ιγνατάκης, Χ. Ζ. Καρακώστας
7. **“Seismic Retrofit Program, Risk Assessment Methodology for State of California Buildings”**, Vilas Mujumdar, Pacific Conference on Earthquake Engineering, Australia, November 1995
8. **“Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards- Methods practiced in Japan and USA”**, Prof. Dr. Ozal Yuzugullu
9. **“A Method for the Evaluation of the Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings in Japan”**, Hiroyuki Aoyama, Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, Vol.14, No.3, September 1981

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

**ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ**

**ΔΕΛΤΙΑ ΑΤC 21/1**

**Πίνακες 1-4**

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ-  
ΤΑΧΥΣ ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Πίνακας 2: Δομικοί τύποι κτηρίων

	ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΟΣ1	Κτήριο με πλαισιακό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα (ΟΣ)	Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54)
	ΟΣ2	Κτήριο με μικτό φέροντα οργανισμό από ΟΣ (υποστυλώματα και τοιχώματα)	Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54)
	ΟΣ3	Κτήριο με μικτό φέροντα οργανισμό από ΟΣ (υποστυλώματα και τοιχώματα ώστε να απαλλάσσεται του Α/Σ υπολογισμού)	Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54)
	ΟΣ4	Κτήριο με πλαισιακό φέροντα οργανισμό από ΟΣ	Α/Σ '59 με προσθήκες 1985 Κ/Σ '54
	ΟΣ5	Κτήριο με μικτό φέροντα οργανισμό από ΟΣ (υποστυλώματα και τοιχώματα)	Α/Σ '59 με προσθήκες 1985 Κ/Σ '54
	ΟΣ6	Κτήριο με πλαισιακό φέροντα οργανισμό από ΟΣ	Α/Σ : ΝΕΑΚ Κ/Σ : ΝΕΚΟΣ
	ΟΣ7	Κτήριο με μικτό φέροντα οργανισμό από ΟΣ (υποστυλώματα και τοιχώματα)	Α/Σ : ΝΕΑΚ Κ/Σ : ΝΕΚΟΣ
ΠΡΟΚ ΑΤΑΣ ΚΕΥΗ	ΠΟΣ1	Κτήρια με προκατασκευασμένο πλαισιακό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	
	ΠΟΣ2	Κτήρια με προκατασκευασμένα τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα	
ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	ΑΤ1	Κτήρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία κυρίως λιθοδομή (αργοί ή ημιλαξευτοί λίθοι), χωρίς διαζώματα ή διαφράγματα, με ξύλινη στέγη	
	ΑΤ2	Κτήρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, με διαφράγματα (πατώματα) από ΟΣ	
	ΔΤ	Κτήρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία κυρίως λιθοδομή (αργοί ή ημιλαξευτοί λίθοι), με διαζώματα και διαφράγματα από ΟΣ	
	ΟΤ	Κτήρια με φέρουσα οπλισμένη τοιχοποιία κυρίως από σύγχρονου τύπου τοιχοσώματα, με διάσπαρτο οπλισμό (οριζοντίως και κατακορύφως), με διαφράγματα και ίσως και πρόσθετα διαζώματα από ΟΣ	
	ΕΤ	Κτήρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, επισκευασμένα και ενισχυμένα με διαζώματα, διαφράγματα και κατάλληλα συνδεδεμένους και θεμελιωμένους ελαφρούς μανδύες από ΟΣ, μονόπλευρους και αμφίπλευρους	
	<b>Σημείωση:</b> 1. Ως διαζώματα νοούνται οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία από ΟΣ, με ισχυρές συνδέσεις με τους τοίχους και με ισχυρούς κόμβους στις συναντήσεις τους, σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις και κανονιστικές απαιτήσεις/ διατάξεις για διαζωματική περισιφισμένη τοιχοποιία 2. Ως διαφράγματα νοούνται ελαφρές συνεχείς πλάκες από ΟΣ, με ισχυρές συνδέσεις με τους τοίχους και με το πλέγμα των οριζοντίων και κατακόρυφων διαζωμάτων		
ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	ΧΛ1α	Μονώροφα βιομηχανικά κτήρια	Α/Σ '59, DIN 1050 (ξένος κανονισμός)
	ΧΛ1β		ΝΕΑΚ '96 Ευρωκώδικας 3
	ΧΛ2α	Πολυώροφα μεταλλικά κτήρια ως χωρικά πλαίσια ή/ και με κατακόρυφους μεταλλικούς συνδέσμους	Α/Σ '59, DIN 1050 (ξένος κανονισμός)
	ΧΛ2β		ΝΕΑΚ '96 Ευρωκώδικας 3
<b>Παρατήρηση:</b> Για μεταλλικά κτήρια με τοιχώματα ή/ και πυρήνες από σκυρόδεμα ισχύουν τα αντίστοιχα των τοιχωματικών κτηρίων από σκυρόδεμα.			

**Πίνακας 3: βασική βαθμολογία για κάθε δομικό τύπο**

	ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ (Πίνακας 2)	ΑΡΧΙΚΟ ΣΚΟΡ	ΖΩΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ			ΡΙΛΟΤΙΣ και/ή ΚΟΝΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣ ΗΣ	ΒΑΣΙΚΟ ΣΚΟΡ
			I	II	III/IV			
ΟΓΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΟΣ1	3,0	0	-0,5	-1,5	-1,5	0,5	
	ΟΣ2	3,5	0	-1,0	-1,5	-1,5	0,5	
	ΟΣ3	4,0	0	-1,0	-1,5	-1,0	-	
	ΟΣ4	4,0	0	-1,0	-1,5	-1,5	0,5	
	ΟΣ5	4,0	0	-1,0	-1,5	-0,5	0,5	
	ΟΣ6	6,5	0	-2,0	-3,0	-0,5		
	ΟΣ7	6,5	0	-2,0	-3,0	-0,5		
ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΠΟΣ1	2,0	0	-0,5	-1,0	-0,5		
	ΠΟΣ2	3,5	0	-1,0	-1,5			
ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	ΑΤ	2,5	0	-0,5	-1,5			
	ΔΤ	3,5	0	-0,5	-1,0			
	ΟΤ	4,0	0	-0,5	-1,0			
	ΕΤ	3,5	0	-0,5	-1,0			
ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	ΧΛ1α	8,0	0	-1,0	-2,0			
	ΧΛ1β	8,0	0	0	0			
	ΧΛ2α	5,0	0	-1,0	-2,0			
	ΧΛ2β	7,0	0	-1,0	-2,0			

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ-  
ΤΑΧΥΣ ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

---

**Πίνακας 1:** Basic structural Hazard Scores for all Building Classes and NEHRP Areas

		Seismic Area (NEHRP MAP AREAS)		
		low	moderate	high
	Building Identifier	(1,2)	(3,4)	(5,6,7)
W	WOOD FRAME	8.5	6.0	4.5
S1	STEEL MRF	3.5	4.0	4.5
S2	BRACED STEEL FRAME	2.5	3.0	3.0
S3	LIGHT METAL	6.5	6.0	5.5
S4	STEEL FRAME W/ CONCRETE SW	4.5	4.0	3.5
C1	RC MRF	4.0	3.0	2.0
C2	RCSW NO MRF	4.0	3.5	3.0
C3/S5	URM INFILL	3.0	2.0	1.5
PC1	TILT-UP	3.5	3.5	2.0
PC2	PC FRAME	2.5	2.0	1.5
RM	REINFORCED MASONRY	4.0	3.5	3.0
URM	UNREINFORCED MASONRY	2.5	2.0	1.0