

## Προταθέντα μέτρα αποκατάστασης του φέροντος οργανισμού πυρόπληκτου κτηριακού συγκροτήματος

**Ηλίας Παπαδόπουλος**

*Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., Μελετητής ΜΕΤΕ-ΣΥΣΜ Α.Ε., ipapadopoulos@metesysm.gr*

**Ιωάννης Τέγος**

*Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ., itegos@civil.auth.gr*

**Κωνσταντίνος Ψάρρας**

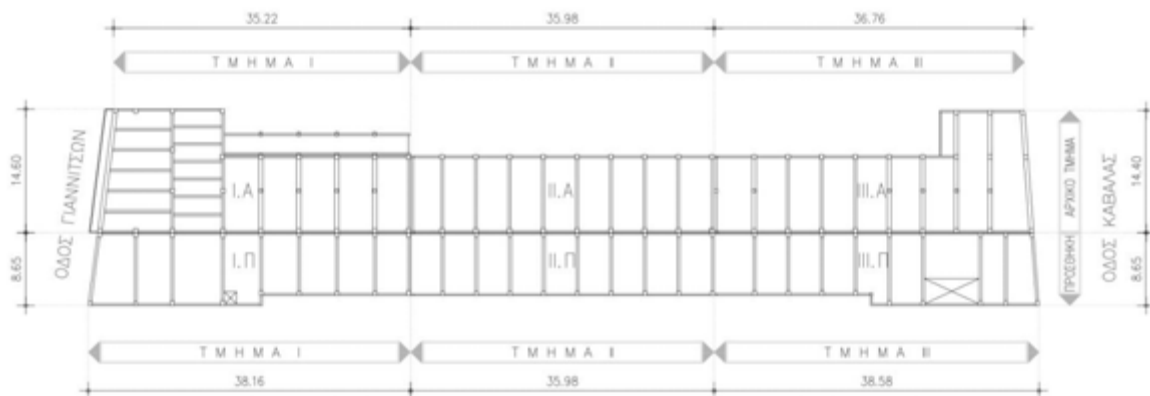
*Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., ko\_psar@yahoo.gr*

### 1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την αξιολόγηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς, που έπληξε κτηριακό συγκρότημα από οπλισμένο σκυρόδεμα επί της οδού Γιαννιτσών 75. Εν συνεχεία βάσει αυτής να καθορίσει τους τρόπους αποκατάστασης των ζημιών και, τέλος, να καταλήξει, κατόπιν σχετικής μελέτης, στην εκτίμηση του κόστους αυτής της αποκατάστασης του προ του συμβάντος επιπέδου ασφαλείας και λειτουργικότητας. Προς τούτο αξιοποιούνται τα καθιερωμένα κριτήρια συμμόρφωσης, που αναφέρονται στην ασφάλεια και τη λειτουργικότητα και τα συμπληρωματικά προς αυτά κριτήρια της οικονομίας, της αισθητικής και της ανθεκτικότητας στον χρόνο.

#### 1.1 Περιγραφή του κτηρίου

Το συγκρότημα συνολικού εμβαδού  $7.080\text{m}^2$ , διαθέτει υπόγειο ( $2.520\text{m}^2$ ), υπερυψωμένο ισόγειο ( $2.040\text{m}^2$ ) διαθέτον, στα προς τις οδούς Γιαννιτσών και Καβάλας έχοντα όψεις τμήματα, μεσοπατώματα ( $550\text{m}^2$ ) και στεγασμένο όροφο ( $1.970\text{m}^2$ ). Το Αρχικό κτήριο και η ολίγον μεταγενέστερή του οριζόντια Προσθήκη κατασκευάστηκαν το δεύτερο ήμισυ της δεκαετίας του '60 και σήμερα έχουν ηλικία μεταξύ 45 και 50 ετών. Χωρίζονται διαμήκως με τον κατασκευαστικό αρμό και εγκαρσίως με δύο επί πλέον αρμούς συστολοδιαστολής δια των οποίων το κτηριακό συγκρότημα χωρίζεται σε 6 (έξι) στατικώς ανεξάρτητα τμήματα (Σχ. 1). Οι αρμοί δεν είναι πρώτης ποιότητας με διπλούς στύλους και δοκούς εκατέρωθεν του αρμού, αλλά οι στύλοι και οι δοκοί του ενός από τα δύο χωριζόμενα τμήματα στηρίζουν αντιστοίχως τις δοκούς και τις πλάκες του άλλου, που εδράζονται σε βραχείς προβόλους (φορούσια) εξερχομένους από τους στύλους και τις δοκούς της άλλης πλευράς.



Σχ. 1 Κάτοψη του κτηριακού συγκροτήματος

Ο φέρων οργανισμός εκάστου εκ των έξι (6) στατικώς ανεξαρτήτων τμημάτων του κτηριακού συγκροτήματος συντίθεται από δίστυλα πλαίσια συνδεδεμένα εγκαρσίως με συνεχείς δοκούς ασθenoύς, συγκριτικώς, διατομής. Η μελέτη, η οποία τέθηκε από τους ιδιοκτήτες (ΔΗΜΗΤΡΑ Α.Ε.) στη διάθεση των συγγραφέων, είναι δυνατόν να χαρακτηριστεί πολύ καλή για την εποχή που εκπονήθηκε. Το ίδιο μπορεί να αναφερθεί και για την κατασκευή, η οποία δίνει τη δυνατότητα να χαρακτηριστεί επιμελημένη. Ο προβλεπόμενος από τη μελέτη δεύτερος όροφος δεν έχει κατασκευασθεί.

## 1.2 Περιγραφή της πυρκαγιάς

Η πυρκαγιά εκδηλώθηκε στις 04.12.2013 σε τμήμα του κτηρίου (ισόγειο 1.060m<sup>2</sup> και μεσοπατώματα 500m<sup>2</sup>), που είχε εκμισθωθεί σε Κινέζικη εταιρεία και χρησιμοποιείτο ως αποθήκη αλλά και για την εμπορία ειδών δώρων και διακοσμητικών. Οι πρώτες φλόγες έγιναν αντιληπτές περί την 15:00 ώρα. Ακολούθησε γενική κινητοποίηση των πυροσβεστικών δυνάμεων, οι οποίες κατέφθασαν με 20 οχήματα και 40 πυροσβέστες. Οι φλόγες επεκτάθηκαν ταχύτατα λόγω της φύσεως των αποθηκευμένων υλικών, όπως υφάσματα, πλαστικά κ.α. Η κατάσβεση ήταν δύσκολη και η κύρια προσπάθεια των πυροσβεστών ήταν να αποσοβηθεί τυχόν επέκταση της φωτιάς στα όμορα κτήρια (Εικ. 1). Η φωτιά διήρκεσε επί 3ωρον περίπου και σ' αυτό το διάστημα κατανάλωσε το σύνολο σχεδόν των αποθηκευμένων εμπορευμάτων. Επλήγησαν το ισόγειο του κτηρίου και τα έμπροσθεν και όπισθεν μεσοπατώματα επί συνολικής κάτοψης 3.000m<sup>2</sup>. Ο υπερκείμενος όροφος και το υποκείμενο υπόγειο ήταν άδεια και δεν εθίγησαν. Στη θιγείσα περιοχή οι βλάβες προέκυψαν ανομοιόμορφες, προφανώς αναλόγως της πυκνότητας και του είδους των καέντων αποθηκευμένων εμπορευμάτων.



Εικ. 1 Φωτογραφικό στιγμιότυπο από τη στιγμή εκδήλωσης της πυρκαγιάς  
(Πηγή: Εφημερίδα Μακεδονία, 05/12/2013)

## 1.3 Ενέργειες μετά το συμβάν – Συλλεγέντα στοιχεία

Για την αξιολόγηση της κατάστασης του φέροντος οργανισμού και τον καθορισμό των μέτρων αποκατάστασης του πληγέντος κτηρίου, οι πραγματογνώμονες (Ι. Τέγος & Κ. Ψάρρας) επισκέφθηκαν το χώρο αμέσως μετά το συμβάν και συνέταξαν σχετική έκθεση κατ' εντολή των ιδιοκτητών. Η μελέτη αποκατάστασης εκπονήθηκε από την εταιρεία ΜΕΤΕ ΣΥΣΜ Α.Ε. (Η. Παπαδόπουλος). Οι προς πραγμάτωση των ανωτέρω ενέργειες αδρομερώς περιγραφόμενες περιέλαβαν τα εξής:

- Τη συλλογή όλων των στοιχείων από διάφορες πηγές αναφορικός με την εκδήλωση, την εξέλιξη και την περιγραφή της πυρκαγιάς.
- Την υπόδειξη τυχόν μέτρων ασφαλείας.
- Την εκτίμηση των αναπτυχθεισών θερμοκρασιών.
- Την εκτίμηση των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών μετά την επαναφορά τους στη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Την απογραφή των προκληθεισών από την πυρκαγιά βλαβών.
- Τις διαπιστώσεις περί του υπάρχοντος βαθμού ζημιών και ταξινόμηση αυτών.
- Τον έλεγχο συμφωνίας μελέτης και κατασκευής.
- Την εκπόνηση της μελέτης αποκατάστασης.
- Την τεχνική περιγραφή υλικών και εργασιών και
- Την προμέτρηση των εργασιών και τον προϋπολογισμό του κόστους της αποκατάστασης.

Με ερείσματα τα ως άνω στοιχεία, την επιστημονική και μελετητική εμπειρία και ανάλογο βαθμό προσωπικής κρίσεως, είναι δυνατόν να προκύψουν τα μέτρα αποκατάστασης, τα οποία πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις που επιβάλλονται από τα συναφή κριτήρια συμμόρφωσης και σχετίζονται με την ασφάλεια, τη λειτουργικότητα, την οικονομία, την αισθητική και την ανθεκτικότητα.

## 2. Παθολογία του φέροντος οργανισμού – Αξιολόγηση των βλαβών

### 2.1 Εκτίμηση αναπτυχθεισών θερμοκρασιών

Το θερμικό “φορτίο” το οποίο εδέχθη το κτηριακό συγκρότημα είχε σοβαρές επιπτώσεις και επηρέασε αρνητικά τον φέροντα οργανισμό. Σημειώνεται ότι οι παρατεταμένες θερμικές δράσεις υψηλής έντασης προκάλεσαν σε αρκετά δομικά μέλη οιονεί ανήκεστες βλάβες, γεγονός που, εφόσον είναι δυνατόν, επιβάλλει την εκτομή των και την ανακατασκευή των.

Ένα από τα πρώτα και κύρια βήματα κατά τη διαδικασία της αποτίμησης των συνεπειών της πυρκαγιάς στο κτήριο αποτελεί η εκτίμηση των μεγίστων θερμοκρασιών που ανεπτύχθησαν στα διάφορα τμήματα του κτηρίου, καθώς και η εκτίμηση της διάρκειας της πυρκαγιάς. Υπάρχουν αξιόπιστες ενδείξεις για τη μέγιστη θερμοκρασία αέρος στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων. Η γνωστότερη εξ αυτών είναι οι χρωματικές αλλαγές που εκδηλώνονται στο σκυρόδεμα και έχουν διάφορες αποχρώσεις, αναλόγως του ύψους της αναπτυχθείσας θερμοκρασίας  $T$ . Ισχύουν για ασβεστολιθικά αδρανή (Neville 1996):

- Για  $T < 300^{\circ}\text{C}$  το σκυρόδεμα διατηρεί το χρώμα του κάτω από την επικαθίσασα καπνιά.
- Για  $300 < T < 600^{\circ}\text{C}$  το σκυρόδεμα λαμβάνει απόχρωση ροζ και σκεπάζεται με περισσότερη καπνιά.
- Για  $600 < T < 900^{\circ}\text{C}$  το σκυρόδεμα λευκαίνει και σκεπάζεται με περισσότερη καπνιά.
- Για  $T > 900^{\circ}\text{C}$  το σκυρόδεμα γίνεται φαιοκίτρινο.

Στην εξεταζόμενη περίπτωση, επειδή ο χώρος είναι αποθήκη, υπήρχε μεγαλύτερη του συνήθους ποσότητα και από απόψεως είδους υπήρχαν υλικά με μεγάλη θερμαντική ικανότητα, οπότε η πυρκαγιά διήρκεσε επί πολύ χρόνο και είχε μεγάλη ένταση. Με βάση τα συλλεγμένα στοιχεία, οι θερμοκρασίες, που αναπτύχθηκαν ήταν της τάξης των  $900^{\circ}\text{C}$ .

### 2.2 Αποτίμηση κατάστασης υλικών

Η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στο χάλυβα και το σκυρόδεμα επηρεάζει δυσμενώς τόσο τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά, όπως η αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας, όσο και τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, καθώς επιφέρει αλλαγή της κρυσταλλικής τους δομής και προκαλεί εσωτερικές ρηγματώσεις. Συνέπεια τούτων είναι μειώσεις στη φέρουσα ικανότητα των δομικών

στοιχείων και γενικότερα των χωρικών συστημάτων, που αποτελούν τους φέροντες οργανισμούς, στους οποίους εκδηλώνονται μεγάλες παραμορφώσεις και ακραίες ανακατανομές εντάσεων. Πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ δύο καταστάσεων κατά τις οποίες οι αντοχές των υλικών διαφοροποιούνται σημαντικά. Η πρώτη αφορά στη διάρκεια της έκθεσής των στις υψηλές θερμοκρασίες, όπου οι αντοχές μειώνονται δραματικά και απειλείται η τοπική ή η ολική κατάρρευση, ενώ η δεύτερη των μετά την απόψυξη κατάσταση και την επαναφορά τους στις συνθήκες του περιβάλλοντος, οπότε και πρέπει να αντιμετωπισθούν τα προβλήματα της αποτίμησης και της επισκευής του δομήματος.

Η πειραματική, κυρίως, έρευνα αναφορικός με τη συμπεριφορά των υλικών και των δομικών στοιχείων έναντι των υψηλών θερμοκρασιών, έχει δώσει μέχρι σήμερα σημαντικά αξιοποιήσιμα αποτελέσματα (βλ. Βιβλιογραφία). Ωστόσο οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με το φαινόμενο, περιπλέκουν το ήδη πολύπλοκο πρόβλημα και τον χειρισμό των συνεπειών της πυρκαγιάς.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι, ως γνωστόν, οι κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος βασίζονται στη συνεργασία του σκυροδέματος και του ενσωματωμένου σιδηρού οπλισμού. Η επιθυμητή συνεργασία των δύο υλικών υπό ομαλές συνθήκες εξασφαλίζεται μέσω μιας συνδυασμένης δράσης μηχανισμών που παρεμποδίζουν την σχετική ολίσθηση μεταξύ των ράβδων οπλισμού και του περιβάλλοντος αυτής σκυροδέματος. Η δράση αυτή αποδίδεται με τον όρο συνάφεια (πρόσφυση) και προσομοιώνεται με τη δημιουργία διαμήκων διατμητικών τάσεων ασκουμένων στη διεπιφάνεια ράβδων χάλυβα και σκυροδέματος, ήτοι των τάσεων συνάφειας. Η συνάφεια αποτελεί τον “εκ των ων ουκ άνευ” παράγοντα για την λειτουργία των μηχανισμών παραλαβής των διαφόρων ειδών καταπονήσεων, που προέρχονται από τα φορτία βαρύτητας, τους καταναγκασμούς και τον σεισμό. Μειωμένη δυνατότητα ανάπτυξης τάσεων συνάφειας συνεπάγεται υποβιβασμό της φέρουσας ικανότητας των δομικών μελών, που συναποτελούν τον φέροντα οργανισμό ενός δομήματος. Μία τέτοια μείωση είναι γνωστόν ότι μπορεί να προκληθεί ύστερα από έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως σε μια κατάσταση πυρκαγιάς. Στη σχετική βιβλιογραφία αναφέρεται ότι ήδη στους 500° C η συνάφεια μεταξύ χάλυβα και σκυροδέματος υποβαθμίζεται στο 50%, ενώ στους 750° C πρακτικώς δεν υφίσταται (Τρέζος και Σαγιάς 2006). Αυτά ισχύουν για τους χάλυβες που έχουν νευρώσεις, που είναι αυξημένης συνάφειας. Για τους λείους χάλυβες η κατάσταση είναι πολλαπλασίως δυσμενέστερη.

### 2.2.1 Αποτίμηση κατάστασης σκυροδέματος

Αναφορικός με το σκυρόδεμα διενεργήθηκε οπτικός έλεγχος, που περιέλαβε: α) τον εντοπισμό των πλέον θερμικώς επηρεασμένων περιοχών, β) την έκταση των αποφλοιώσεων, ρηγματώσεων και των εν γένει αποδιοργανώσεων, γ) την ύπαρξη τυχόν παραμενουσών παραμορφώσεων και μετατοπίσεων και δ) την κατάσταση των υπαρχόντων αρμών διαστολής.

Για λόγους πληρότητας ζητήθηκε εργαστηριακή έρευνα με βάση τις οδηγίες του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ). Ελήφθησαν συνολικώς 18 δοκίμια πυρήνων, ήτοι 3 από κάθε ένα από τα στατικώς ανεξάρτητα τμήματα του Συγκροτήματος (ΟΑΣΠ 2013). Επιπροσθέτως έγινε σημαντικός αριθμός κρουσιμετρήσεων οι οποίες βαθμονομήθηκαν βάσει των αποτελεσμάτων των πυρήνων. Αναφορικός με τις μεθόδους εκτίμησης της αντοχής του σκυροδέματος μετά την πυρκαγιά και την εξακρίβωση του βάθους των επιφανειακών αλλοιωμένων και απαξιωμένων μηχανικώς στιβάδων του υλικού θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μέθοδος της πυρηνοληψίας δεν παρουσιάζει την εγκυρότητα που διαθέτει στις συνήθεις περιπτώσεις. Καταλλήλως, ωστόσο, προσαρμοζόμενη, και υπό προϋποθέσεις, είναι δυνατόν να δώσει αποτελέσματα για το βάθος της απαξιωμένης εξωτερικής στιβάδας σκυροδέματος. Επίσης, το κρουσίμετρο μπορεί να είναι χρήσιμο μόνο σε περιοχές με ήπιες βλάβες πυρκαγιάς και, πρακτικώς, μηδενικού πάχους ενανθράκωσης. Η κρουσιμέτρηση σε επιφάνειες που



έχουν υποστεί πυρκαγιά δεν δίνει αξιόπιστες τιμές αντοχής του σκυροδέματος και τις υπερεκτιμά κατά πολύ. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι δι' αυτού μετρείται η επιφανειακή σκληρότητα του σκυροδέματος, η οποία “βελτιώνεται” με την ενανθράκωση και την πυρκαγιά. Για τους ίδιους λόγους δεν ενδείκνυται και η εφαρμογή της λεγόμενης Ελληνικής Μεθόδου, η οποία συνίσταται στην εκτόξευση και κατόπιν εξόλκευση ήλων. Η μόνη μέθοδος που δεν εμφανίζει τα ανωτέρω μειονεκτήματα είναι εκείνη του υπερηχοσκοπίου, η οποία, ωστόσο, λόγω της πολυπλοκότητάς της, του είδους και της θέσεως των βλαβών κρίνεται ως πρακτικώς ανεφάρμοστος ως μέσο διάγνωσης και εντοπισμού των απαξιωθεισών περιοχών δομικών μελών και, κυρίως, των παρουσιαζόντων το μείζον ενδιαφέρον, στύλων των πλαισίων του κτηριακού συγκροτήματος. Ως εκ τούτου το βάθος της ασβεστοποίησης εκτιμήθηκε αδρομερώς, βάσει των πυρηνοληψιών από 5 έως 10 cm στις περιοχές που η πυρκαγιά είχε τη μέγιστή της ένταση.

### 2.2.2 Αποτίμηση κατάστασης χαλύβων

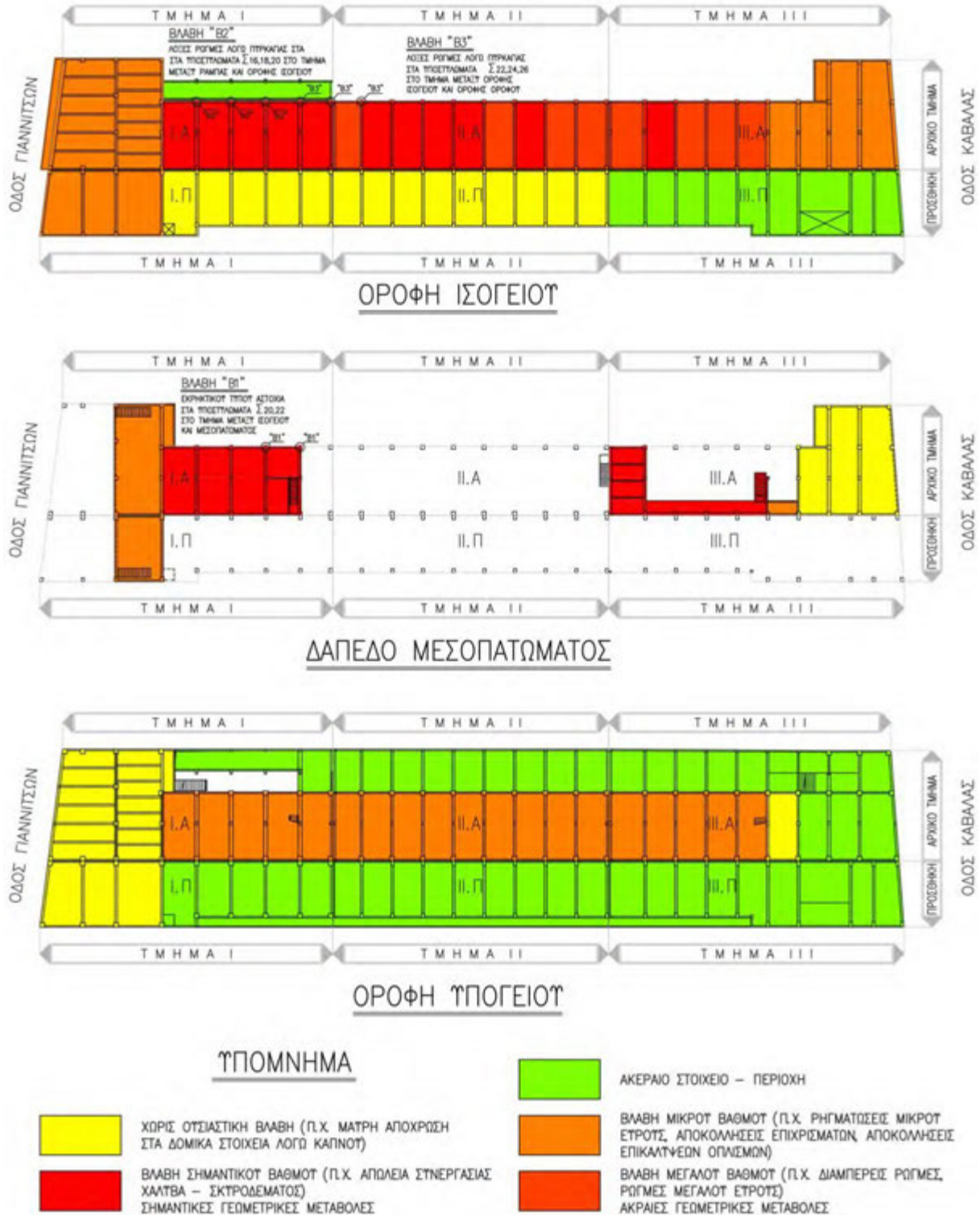
Όπως και στην περίπτωση του σκυροδέματος οι γενόμενοι για τον χάλυβα έλεγχοι ακολούθησαν της υποδείξεως του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Ελήφθησαν τμήματα ράβδων από υποστυλώματα, από σημεία προσιτά ως προς το ύψος. Συνολικώς ελήφθησαν 6 τεμάχια ράβδων οπλισμού, ένα από κάθε στατικώς ανεξάρτητο τμήμα του Συγκροτήματος. Το είδος των χαλύβων που εξετάστηκαν ήταν για μεν το Αρχικό Τμήμα λείες ράβδοι, για δε την Οριζόντια Προσθήκη χάλυβες με νευρώσεις. Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνει και τις αναγραφόμενες στους Στατικούς Υπολογισμούς και τα κατασκευαστικά σχέδια της Μελέτης. Ωστόσο, όσον αφορά τους χάλυβες με νευρώσεις διεπιστώθη ότι τα τρία ληφθέντα δοκίμια από στύλους της Προσθήκης ανήκουν στην κατηγορία St IIIa και όχι στην St IIIb της Μελέτης. Τούτο είναι δυνατόν να αποδοθεί στις συνθήκες προμήθειας του προϊόντος από τον κατασκευαστή του έργου, ο οποίος παρά τη σαφή απαίτηση της Μελέτης ήταν δυνατόν, λόγω της αναφερθείσης ισοτιμίας των αντοχών, να προμηθευθεί υλικά είτε της μιας, είτε της άλλης κατηγορίας. Το γεγονός αυτό μολονότι φαινομενικώς δεν επηρεάζει την ασφάλεια του αποτελέσματος, εντούτοις επηρεάζει δραματικά την πυρασφάλεια, καθόσον οι χάλυβες της κατηγορίας St IIIb που προδιαγράφει η Μελέτη σε περίπτωση πυρκαγιάς υψηλής εντάσεως χάνουν περίπου το 50% της αντοχής των (Μαυροειδής et al 2006). Η διαπίστωση ενέχει μεγάλη σημασία για την ασφάλεια των τμημάτων Ι.Π και ΙΙ.Π εις τα οποία αναπτύχθηκαν υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς, καθόσον εις αυτά, δεν αποκλείεται, να έχει τηρηθεί η υπόδειξη της Μελέτης περί του είδους του χάλυβα.

### 2.3 Κατανομή βλαβών στον Φ.Ο.

Διενεργήθηκε λεπτομερής απογραφή των βλαβών που προέκυψαν από την πυρκαγιά στον Φέροντα Οργανισμό (Φ.Ο.) του Συγκροτήματος, καθώς και στον Οργανισμό Πλήρωσης. Στα σχέδια τριών κατόψεων (Σχ. 2) χαρακτηρίζονται με κατάλληλα χρώματα βάσει της κρισιμότητας των βλαβών, οι περιοχές του Συγκροτήματος που επλήγησαν άλλες πολύ, άλλες λίγο από τις υψηλές θερμοκρασίες. Τα σχέδια αφορούν το Ισόγειο (οροφή), τα Μεσοπατώματα και το Υπόγειο (οροφή). Με χρώμα κόκκινο εμφανίζονται οι περιοχές με ανήκεστο βλάβη, με χρώμα πορτοκαλί οι περιοχές με μικρότερες μεν βλάβες ως προς τις προηγούμενες, αλλά που χρήζουν αποκατάστασης, με κίτρινο οι περιοχές που χρήζουν ηπιότερης αποκατάστασης και, τέλος, με πράσινο οι περιοχές, οι οποίες έμειναν αλώβητες.

Το λεόντειο μερίδιο στις βλάβες έχει το Ισόγειο του Αρχικού Τμήματος και ειδικότερα η πλάκα της οροφής του καθώς και τμήματα των πλακών των μεσοπατωμάτων (τμήμα Ι και ΙΙ Αρχικού). Κατόπιν έρχονται η πλάκα πατώματος του Ισογείου (Οροφής Υπογείου) στο τμήμα ΙΙ και σε μέρος των τμημάτων Ι και ΙΙΙ του Αρχικού, καθώς και τμήμα του προς την οδό Γιαννιτσών Μεσοπατώματος.

Ήπιες βλάβες εμφανίζονται σε τμήματα της οροφής Υπογείου προς την οδό Γιαννιτσών (Αρχικό και Προσθήκη), σε τμήμα του προς την οδό Καβάλας Μεσοπατώματος και στις πλάκες οροφής Ισογείου του Τμήματος ΙΙ και μέρους του Τμήματος Ι της Προσθήκης του Συγκροτήματος. Επίσης, αλώβητες θεωρούνται στην παρούσα οι πλάκες της οροφής Ισογείου του Τμήματος ΙΙΙ της Προσθήκης, το σύνολο της πλάκας οροφής του Ορόφου καθώς και η Θεμελίωση.



Σχ. 2 Κατανομή βλαβών στο φέροντα οργανισμό

## 2.4 Μορφολογία βλαβών

Κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς εκτός από την απαξίωση των μηχανικών ιδιοτήτων, συμβαίνουν στο χωρικό σύστημα, όπου εντάσσονται τα στοιχεία αυτά, ανακατανομές εντατικών καταπονήσεων, εκδηλώνονται βλάβες και ενίοτε εμφανίζονται, σε ακραίες περιπτώσεις, μερικές ή ολικές καταρρεύσεις. Οι κύριες και τυπικές βλάβες επί της γεωμετρίας των δομικών στοιχείων που εμφανίστηκαν συνοψίζονται ως ακολούθως:

α) Πρόωρες αποκολλήσεις και καταπτώσεις επιχρισμάτων.

β) Απομειώσεις διατομών των δομικών στοιχείων λόγω απολεπίσεων, αποφλοιώσεων και αποκολλήσεων των εξωτερικών στιβάδων στις πλάκες και δοκούς.

γ) Χαρακτηριστικές και έντονες παραμένουσες παραμορφώσεις σε πλάκες, δοκούς και υποστυλώματα (Εικ. 2).

δ) Εκρηκτικού τύπου αστοχία δύσκαμπτων στύλων εξ αιτίας θερμικού “λακτίσματος” προερχομένου από έντονη διαστολή υπερκείμενης πλάκας – δίσκου (Εικ. 3).

Ειδικότερα, στην περιοχή του Τμήματος ΙΙ.Α (Εικ. 2γ) μετρήθηκαν στις πλάκες εγκάρσιες παραμορφώσεις πλακών +10 cm και -20 cm (ανύψωση). Η δεύτερη πιθανόν να προήλθε από την απότομη ψύξη του κάτω πέλματος κατά την κατάσβεση της πυρκαγιάς. Επίσης στην ίδια περιοχή παρατηρήθηκαν και έντονες οριζόντιες παραμορφώσεις στα ζυγώματα των πλαισίων της οροφής του Ισογείου.



Εικ. 2α Τμήμα Ι.Α - Μεσοπάτωμα



Εικ. 2β Τμήμα ΙΙ.Α



Εικ. 2γ Τμήμα ΙΙΙ.Α



Εικ. 2δ Τμήμα Ι.Π - Μεσοπάτωμα





α)



β)

Εικ. 3 Θερμικό “λάκτισμα” στύλων α) Σ20, β) Σ22 στο τμήμα μεταξύ ισογείου και μεσοπατώματος

## 2.5 Αποτίμηση κατάστασης δομικών στοιχείων – Ληπτέα μέτρα

Υπό τον όρο Δομικά Στοιχεία νοούνται οι πλάκες, οι δοκοί και τα υποστυλώματα του Φ.Ο. Κατωτέρω θα δοθεί μία περιγραφή των επιπτώσεων της πυρκαγιάς ανά δομικό στοιχείο.

### 2.5.1 Βλάβες σε πλάκες

Οι βλάβες από τα θερμικά φορτία στις πλάκες ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

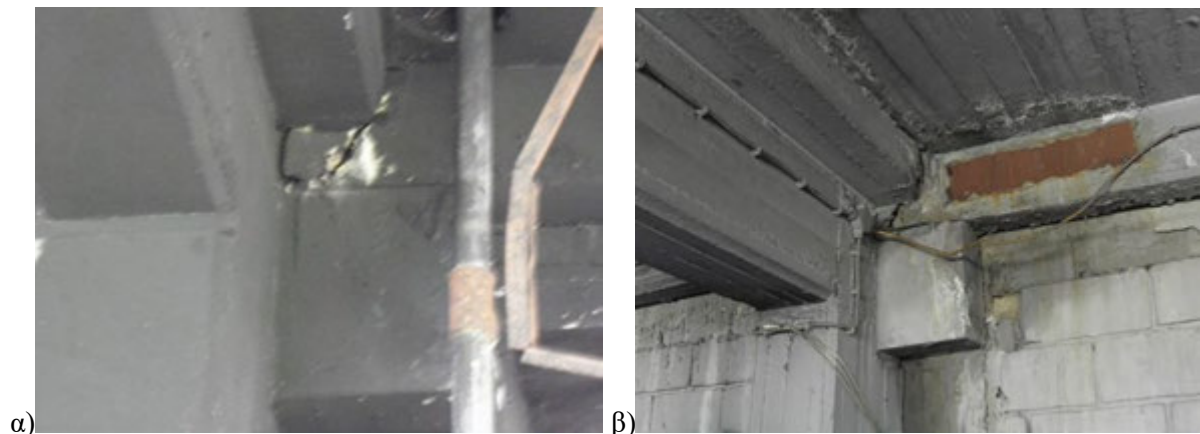
- (i) Οι βλάβες εκδηλώθηκαν εις αμφοτέρα τα πέλαμα των πλακών και συνδυάζονται είτε με την εμφάνιση διαμπερών ρωγμών, είτε με αλλοίωση της γεωμετρίας η οποία σημαίνει εμφανή παρέκκλιση από την επιπεδότητα, είτε, τέλος, στην απώλεια πρόσφυσης (συνάφειας) μεταξύ των ράβδων οπλισμού και του σκυροδέματος. Στην περίπτωση αυτή λόγω της καίριας τρώσεως των μηχανισμών παραλαβής των εντατικών καταπονήσεων η βλάβη θεωρείται ανήκεστος μη επιδεχόμενη επέμβαση, οπότε απομένει, ως μόνη λύση, η τοπική εκτομή και η ανακατασκευή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εκτομή ενός ή περισσότερων φατνωμάτων πλακών αποτελεί πρόβλημα τοπικής σημασίας, που δεν δημιουργεί γενικότερες επιπτώσεις στον φέροντα οργανισμό. Στην κατηγορία αυτή των βλαβών εντάσσεται μεγάλος αριθμός φατνωμάτων των πλακών της Οροφής Ισογείου και μικρός αριθμός των Μεσοπατωμάτων.
- (ii) Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται οι περιπτώσεις, όπου έχει πληγεί κυρίως το κάτω πέλαμα, ενώ το αντίστοιχο άνω πέλαμα είτε έχει πληγεί ελαφρότερον, είτε είναι πρακτικώς αλώβητον, οι βλάβες θεωρούνται αποκαταστάσιμες και η αποκατάσταση, θα είναι δυνατόν, να επιχειρηθεί μέσω της ενίσχυσης εφαρμοζομένης στο κάτω πέλαμα. Η περίπτωση αυτή αφορά κυρίως πλάκες της οροφής Ισογείου και των Μεσοπατωμάτων. Η περίπτωση διαιρείται σε δύο υποπεριπτώσεις, όπως των σημαντικών και των ήπιων βλαβών, εκάστην των οποίων δέον να αντιμετωπίζεται αναλόγως.
- (iii) Ως τρίτη κατηγορία αναφέρεται η περίπτωση βλαβών στο άνω πέλαμα, οπότε λόγω της, για πολλούς λόγους, ακαταλληλότητας αυτού του πέλματος να δεχθεί ενισχυτική επέμβαση θα είναι



δυνατόν να εφαρμοσθεί στο λιγότερο βλαβέν κάτω πέλμα βάσει της κανονιστικώς επιτρεπομένης αρχής της ανακατανομής των καμπτικών καταπονήσεων, με τη θεώρηση ότι τη μειωμένη φέρουσα ικανότητα των στηρίξεων καλύπτει η αυξημένη αντίστοιχη φέρουσα ικανότητα των ανοιγμάτων. Και στην περίπτωση αυτή ενδείκνυται η διάκριση σε σοβαρές και ήπιες περιπτώσεις φαινομάτων πλακών των Μεσοπατωμάτων και του Υπογείου.

### 2.5.2 Βλάβες σε δοκούς

Οι πλάκες των ορόφων ως δομικά μέλη εξυπηρετούν απλώς τη μεταβίβαση φορτίων στις δοκούς, είτε βαρύτητας, είτε καταναγκασμού και σεισμού, όταν αυτές λειτουργούν ως δίσκοι. Ως εκ τούτου τυχόν πρόσκαιρη αφαίρεσή των, στην περίπτωση που επιβάλλεται η ανακατασκευή των, τούτο δε δημιουργεί πρόβλημα ευστάθειας των πλαισίων του χωρικού συστήματος. Συνεπώς αποτελούν οιονεί τον μη κρίσιμο κρίκο στην αλυσίδα παραλαβής και μεταβιβάσεως φορτίων από την ανωδομή στη θεμελίωση και στο έδαφος. Αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο με τις δοκούς και τους στύλους, τους δύο επόμενους κρίκους της νοητής αλυσίδας. Διότι τυχόν εκτομή μιάς δοκού ή ενός στύλου προκαλεί δυσεπίλυτα και δαπανηρώς αντιμετωπιζόμενα κατασκευαστικά προβλήματα. Συνεπώς για τις δοκούς δεν είναι δυνατόν να υπάρξει η περίπτωση (i) της αναφερθείσης εις την περίπτωση των πλακών εκτομής και αντικατάστασης, ως τρόπος αντιμετώπισης των ισχυρώς προσβληθεισών περιπτώσεων. Ωστόσο, ισχύουν οι δύο άλλες προαναφερθείσες (ii) και (iii) περιπτώσεις ταξινόμησης των πλακών, οι οποίες προσαρμόζονται καταλλήλως για τις αντίστοιχες περιπτώσεις και θέσεις, που έχουν εντοπισθεί. Επειδή κατόπιν των ανωτέρω επισημάνσεων, γεννάται το πρόβλημα της αντιμετώπισης στην ίδια περιοχή της εδράσεως των ανηκουσών στην κατηγορία (i) ανακατασκευαστέων πλακών, αυτό είναι δυνατόν να αντιμετωπισθεί μέσω της διεύρυνσης του πλάτους των ισχυρώς προσβληθεισών δοκών. Ειδική περίπτωση αποτελεί η συντριβή των άκρων δύο δοκών εδραζόμενων σε “φορούσια” στύλων στη θέση των αρμών (Εικ. 4), όπου η αστοχία τους οφείλεται στην υπερδιαστολή των εκατέρωθεν πλακών και στην εκ τούτου ανεπάρκεια του εύρους του για άλλους λόγους προβλεφθέντος από τη Μελέτη εύρους αρμού.



Εικ. 4 Συντριβή άκρου δοκού εδραζόμενης σε “φορούσια” α) Ισόγειο Τμ. Π.Π, β) Όροφος Τμ. Π.Π

### 2.5.3 Βλάβες σε υποστυλώματα

Όσον αφορά, τέλος, τους στύλους, σημειώνεται ότι οι βλάβες εμφανίστηκαν μόνον στο Αρχικό τμήμα του Συγκροτήματος και όχι στην Προσθήκη. Διακρίνονται τρεις περιπτώσεις:

Η πρώτη αναφέρεται, πλην μιας περιπτώσεως, στο Τμήμα Ι και αφορά: (i) Στους δύο στύλους που έχουν υποστεί εκρηκτικού τύπου αστοχία (Εικ. 3). (ii) Στους τρεις στύλους που εμφανίζουν λοξές,

λόγω πυρκαγιάς, ρωγμές στο τμήμα τους μεταξύ της ράμπας και της οροφής Ισογείου και, (iii) Στους τρεις στύλους που εμφανίζουν επίσης λοξές ρωγμές στο τμήμα τους μεταξύ οροφής Ισογείου και οροφής ορόφου. Από αυτούς ο ένας ανήκει στο Τμήμα ΙΙ. Αυτοί πρέπει να αντιμετωπισθούν ως ειδικές περιπτώσεις και να αποκατασταθούν μέσω πλήρους μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος.

Η δεύτερη αφορά στους περιμετρικούς στύλους που δεν εμφανίζουν μεν ορατές βλάβες, ωστόσο θα πρέπει να παραλάβουν τα φορτία από τις διευρύνσεις των κατά πλάτος ενισχυμένων δοκών, οι οποίες έχουν υποστεί αποδυνάμωση από το υψηλό θερμικό φορτίο και οι εκατέρωθεν αυτών πλάκες θα ανακατασκευασθούν. Στην περίπτωση αυτή κρίνεται απαραίτητη η διεύρυνση της διατομής των στύλων μέσω κατάλληλου κατά περίπτωση μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Η επιλογή αυτή είναι δυνατόν να συνδυασθεί και με την αφαίρεση και αντικατάσταση του ασβεστοποιημένου τμήματος της διατομής του σκυροδέματος, το οποίο εκτιμάται ότι ευρίσκεται στην εξωτερική στιβάδα σε, κατ' εκτίμηση πάχος  $0,05 \div 0,10$  m.

Η τρίτη αφορά εσωτερικούς στύλους στις “κόκκινες” περιοχές των Μεσοπατωμάτων (Εικ. 2α).

Δεν αποτελεί υπερβολή να λεχθεί εν κατακλείδι ότι οι βλάβες ήταν πολύ βαριές και η ακεραιότητα του κτηρίου εσώθη πιθανόν χάρη στις εφεδρείες αντοχής που διέθετε το κτήριο τις ώρες της πυρκαγιάς. Οι εφεδρείες προέρχονταν από την απουσία των μεταβλητών φορτίων, κατά τη Μελέτη 5  $\text{KN} / \text{m}^2$  καθώς και από τον μη κατασκευασθέντα και προβλεπόμενο από τη Μελέτη 2<sup>ο</sup> όροφο.

## 2.6 Κατάσταση οργανισμού πλήρωσης

Ο υπάρχων στο Συγκρότημα Οργανισμός Πλήρωσης αποτελείται από τοίχους τσιμεντοπλίνθων, οι οποίοι είναι καλώς δομημένοι και ασφαλώς επηρεάζουν τη σεισμική απόκριση του δομήματος. Δεν υπήρξαν, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, ορατές βλάβες στον οργανισμό πλήρωσης.

Υπάρχουν και κάποιες περιπτώσεις, που η παρουσία του ισχυρού οργανισμού πλήρωσης, ο οποίος δομημένος, με μειωμένο ύψος, ακινητοποίησε το κατώτερο τμήμα προς τον πόδα του στύλου με αποτέλεσμα η οφειλόμενη στην υπερδιαστολή της υπερκείμενης πλάκας μετακίνησης της κεφαλής του στύλου, να μην μπορέσει να απορροφηθεί ως καταναγκασμός και ο λειτουργών με περιορισμένο ενεργό ύψος στύλος να αστοχήσει με τον χειρότερο για στύλους τύπου αστοχίας, τον εκρηκτικό τύπο που συνδέεται με την επαλληλία επενέργειας τέμνουσας και ορθής θλιπτικής δύναμης.

## 3. Πρόταση Αποκατάστασης του Φέροντος Οργανισμού

### 3.1 Κριτήρια Συμμόρφωσης

Αναφορικά με τα μέτρα αποκατάστασης, τα οποία προτείνεται να ληφθούν, το μείζονος σημασίας κριτήριο συμμόρφωσης είναι να ανακτήσει το κτήριο τη φέρουσα ικανότητα που είχε προ της πυρκαγιάς, ικανοποιώντας ταυτόχρονα τις απαιτήσεις ασφάλειας, οικονομίας, λειτουργικότητας, αισθητικής, ανθεκτικότητας στο χρόνο και κατασκευασιμότητας.

#### 3.1.1 Αποκατάσταση πλακών και δοκών

Με βάση την περιγραφείσα εις την παράγραφο 2.5 κατάσταση των πλακών και των δοκών των πληγείσων από την πυρκαγιά περιοχών του κτηριακού συγκροτήματος, ορίζονται κατά περίπτωση 3 επίπεδα επεμβάσεων αποκατάστασης αναλόγως του βαθμού απώλειας της αντοχής που έχει εκτιμηθεί, καθώς και του βαθμού της παραμένουσας παραμόρφωσης μετά την πυρκαγιά:

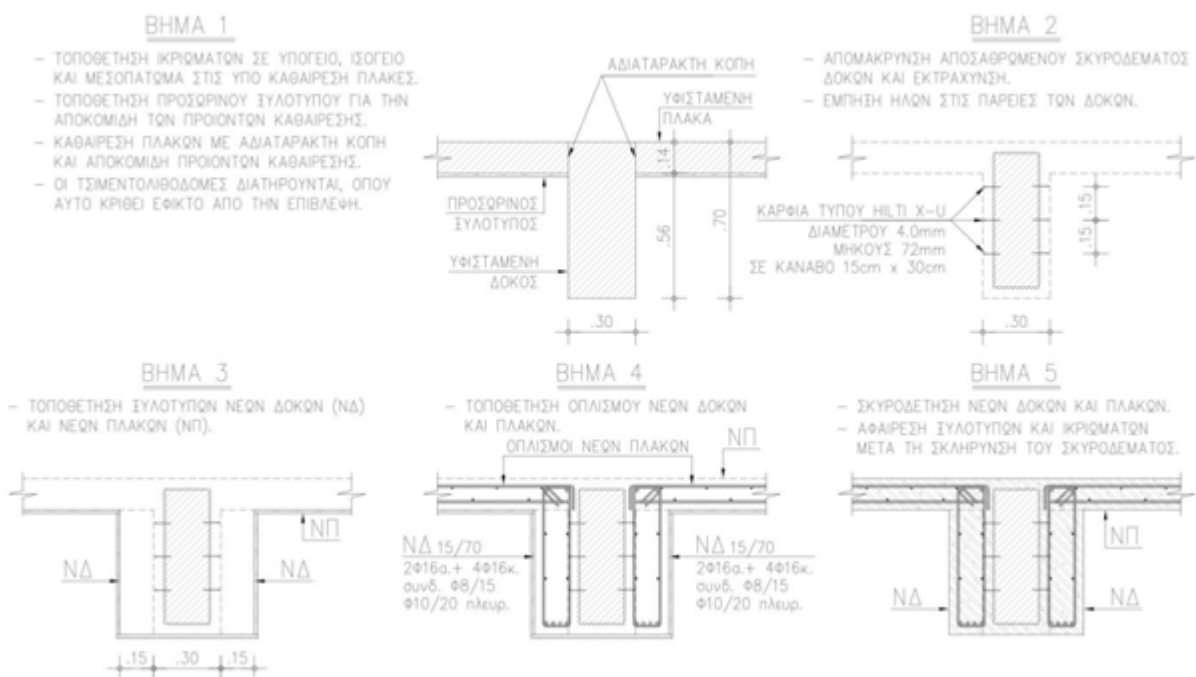
Για τις περιοχές που χρωματίζονται με κόκκινο χρώμα οι μεν πλάκες προτείνεται να ανακατασκευασθούν λόγω των εντόνων παραμορφώσεων και των μεγάλων απωλειών στη φέρουσα ικανότητα αυτών, οι οποίες δεν είναι ούτε τεχνικώς εφικτόν να ενισχυθούν, αλλά και

ούτε οικονομικώς συμφέρει. Η ανακατασκευή θα πρέπει να γίνει ανά φάτνωμα, αφού προηγουμένως αφαιρεθεί το μεταξύ των τεσσάρων δοκών τμήμα της πλάκας κατά προτίμηση με αδιατάρακτη κοπή. Η προτεινόμενη διαδικασία αποκατάστασης παρουσιάζεται ενδεικτικά στα παρακάτω Σχήματα 3 και 4.

Στις περιοχές των δοκών – ζυγωμάτων των πλαισίων προτείνεται η εκατέρωθεν διεύρυνση του πλάτους κατά 0.15 m ανά παρειά (Σχ. 3). Η συνεργασία των δύο συμπληρωματικών κατά το πλάτος νέων τμημάτων της εναπομεινάσης αποδυναμωθείσης από την πυρκαγιά διατομής θα εξασφαλισθεί αφενός με εκτράχυνση καθαρισμό και διαβροχή των παρειών της και αφετέρου με την εκτόξευση και έμπηξη ειδικών ήλων τύπου HILTI X-U διαμέτρου 4,0 mm ή και ανωτέρας, εις βάθος άνω των 30 mm σε κανάβο 150 x 300 mm (3 ήλοι ανά τρέχον m).

Οι δύο εκατέρωθεν διαπλατύνσεις εκάστης δοκού θα φέρουν οπλισμούς για μεν τη διαμήκη διεύθυνση από δύο ζεύγη Φ16 στο κάτω πέλμα εφ' όλου του μήκους των, καθώς και οπλισμό montage από 2Φ16, για δε την εγκάρσια συνδετήρες Φ8/15. Οι πλάκες υπολογίζονται ως τετραρείστες απλά εδραζόμενες με πάχος ίδιο με εκείνο της καθαιρεθείσας, ενώ το μεταβλητό τους φορτίο και εκείνα της επίστρωσης και του οροφοκοιναμάτος θα είναι τα ίδια με της αρχικής μελέτης. Το σκυρόδεμα και οι οπλισμοί θα είναι C25/30 και B500C αντιστοίχως.

Παρά τα ληφθέντα μέτρα συνεργασίας μεταξύ συμπληρωματικής και τραθείσας διατομής κρίνεται αναγκαία η έδραση των δύο διαπλατύνσεων της διατομής σε αξιόπιστη διεύρυνση της διατομής του στύλου, γεγονός που συνεπάγεται την πρόβλεψη είδους μανδύα για τον αποδέκτη των φορτίων της δοκού στύλο (Σχ. 4).



Σχ. 3 Λεπτομέρεια κατασκευής νέων δοκών και πλάκων

- (ii) Για τις περιοχές που χρωματίζονται με πορτοκαλί χρώμα, αλλά και τις πλάκες οροφής του υπογείου που ευρίσκονται κάτω από τις κόκκινες του ισόγειου η αποκατάσταση επιδιώκεται δια της ενισχύσεως του κάτω πέλματος της οικείας πλάκας ή δοκού. Ως ποσοστόν απώλειας της αντοχής σε αυτές τις περιοχές θεωρείται ρεαλιστικόν το 1/3, ήτοι τα 33%, της συνολικής

φέρουσας ικανότητας του φατνώματος, γεγονός που σημαίνει ότι το μέγεθος της καμπτικής ενίσχυσης, εάν θεωρηθεί ως απαξιωθείσα πρακτικώς η συνεισφορά των οπλισμών του κάτω πέλματος και πρακτικώς περιορισμένη εκείνη του άνω πέλματος, απαιτείται αξιόπιστη όπλιση του κάτω πέλματος αναπληρούσα εις εφελκυστική φέρουσα ικανότητα ίση με την απολεσθείσα. Ως προσφορότερη για τα υπάρχοντα δεδομένα αποκατάσταση της εφελκυστικής φέρουσας ικανότητας του κάτω πέλματος κρίνεται η επικόλληση λωρίδων από FRPs με φέρουσα ικανότητα ίση προς εκείνη των απαξιωθέντων κάτω οπλισμών του ανοίγματος της πλάκας. Σημειώνεται ότι η περίπτωση αυτή αφορά στις οροφές Ισογείου, Υπογείου και Μεσοπατωμάτων και προέκυψε με την παραδοχή στατικώς συνεχούς συστήματος.

- (iii) Για τις περιοχές που χρωματίζονται με κίτρινο απαιτούνται ηπιότερες προβλέψεις, καθώς εις αυτές θεωρείται ότι η απώλεια έφθασε στο 20% της συνολικής φέρουσας ικανότητας του οικείου φατνώματος. Η παραδοχή αυτή συνεπάγεται ενίσχυση στο άνοιγμα  $100 \cdot (1/24 + 1/40) \cdot 24 = 160\%$  ήτοι προσάυξηση της εφελκυστικής ικανότητας του κάτω πέλματος κατά 60%. Βασική παραδοχή των ανωτέρω αποτελεί, η σχετική μήκυνση των FRPs δεν επιτρέπεται να υπερβεί την τιμή 0,001 στην κατάσταση λειτουργίας, διότι σε αντίθετη περίπτωση οι υπάρχοντες οπλισμοί θα υπερβούν την επιτρεπόμενη για την κατάσταση τάση των και η συνακόλουθη ευρεία ρηγμάτωση θα καταστρέψει τα επικολλούμενα FRPs. Η περίπτωση αυτή αφορά πλην των χαρακτηρισθεισών ως κίτρινων πλακών οροφής Ισογείου και Μεσοπατωμάτων και τις πλάκες οροφής Υπογείου, οι οποίες ευρίσκονται κάτωθεν των υπερκειμένων πλακών πορτοκαλί χρώματος.

Τέλος, οι πλάκες πρασίνου χρώματος δεν έχουν πρόβλημα απωλειών και ως εκ τούτου δεν χρήζουν αποκατάστασης. Ομοίως και οι πλάκες της οροφής του Ορόφου, καθώς και η θεμελίωση.

Για τις δοκούς προτείνεται ό,τι και για τις πλάκες, ήτοι η ταξινόμηση σε βαριές και ήπιες περιπτώσεις και ανάλογη αντιμετώπιση, πλην της ιδιαίτερης περίπτωσης του πλαισίου της προς την οδό Γιαννιτσών όψεως του Αρχικού Τμήματος. Για το ζύγωμα του εν λόγω πλαισίου, στο οποίο εδράζονται δύο “φυτευτά” υποστυλώματα, προβλέπονται στη Μελέτη οπλισμοί από χάλυβες κατηγορίας StIIIb εν ψυχρώ κατηγορησμένους. Οι ευαίσθητοι αυτοί χάλυβες χάνουν το 50% της αντοχής των για θερμοκρασίες και κάτω των 600°C. Στην Εικ.1 αποτυπώνεται η δράση της φωτιάς της οποίας οι φλόγες περιβάλουν πανταχόθεν την κρίσιμη αυτή δοκό. Σημειώτεον ότι η δοκός φέρει το ήμισυ των φορτίων για τα οποία έχει οπλισθεί, καθόσον δεν έχει προστεθεί ο προβλεπόμενος από τη μελέτη 2<sup>ος</sup> όροφος. Το γεγονός αυτό, καθώς και η απουσία κινητών φορτίων, πιθανόν να συνετέλεσε στη διατήρηση της ακεραιότητας της δοκού κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Συνεπώς εγείρονται ερωτηματικά για τη σημερινή ασφάλεια της δοκού και, κυρίως, για τη δυνατότητα ανεγέρσεως του 2<sup>ου</sup> ορόφου εις το μέλλον.

### 3.1.2 Αποκατάσταση υποστυλωμάτων

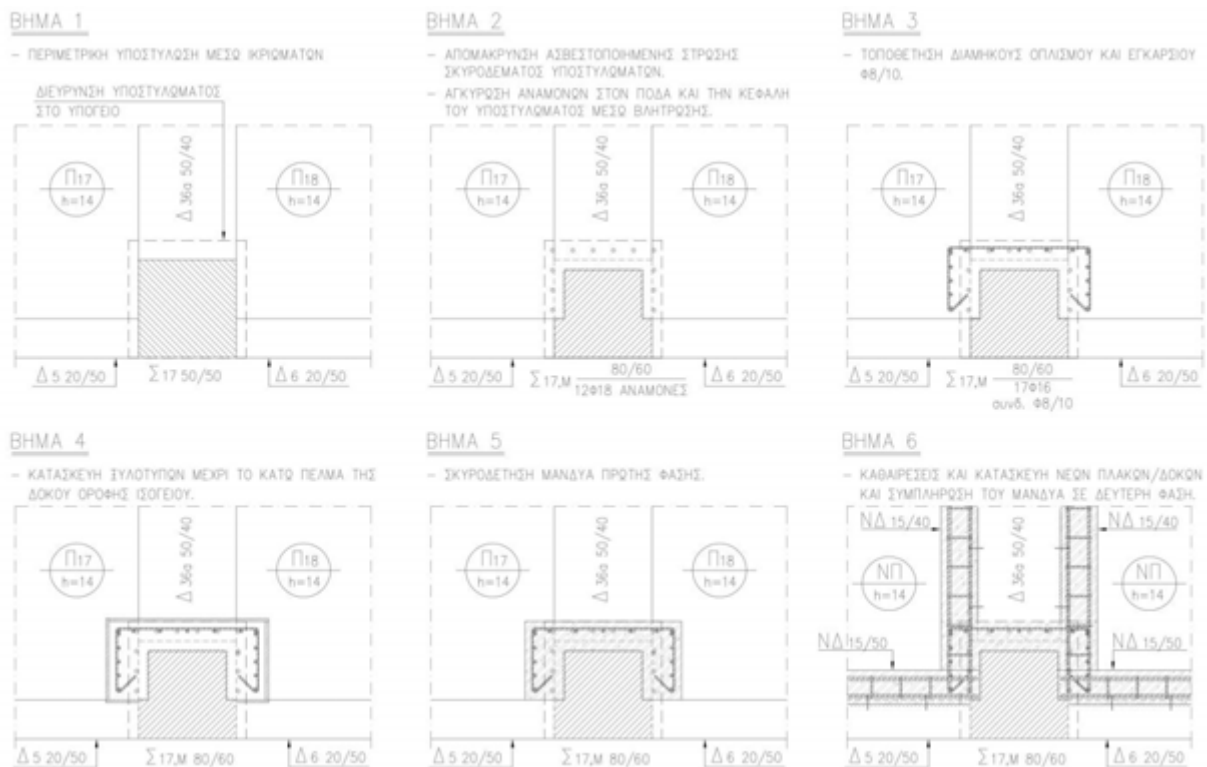
Όπως και στην περίπτωση των πλακών και των δοκών επιλέγεται μία κλιμάκωση ως προς το είδος των επεμβάσεων. Διακρίνονται 3 είδη επεμβάσεων:

- (i) Η βαρέως τύπου επέμβαση που αφορά τους δύο στύλους που έχουν υποστεί εκρηκτικού τύπου διατμητική αστοχία με αποτέλεσμα να έχουν απολέσει ολοσχερώς αμφοτέρως, την καμπτική και τη διατμητική τους φέρουσα ικανότητα, καθώς και τους άλλους πέντε που εμφανίζουν εμφανή λοξή ρηγμάτωση. Στην περίπτωση αυτή ενδείκνυται η κατασκευή ολοκληρωμένου συμβατικού μανδύα μεταξύ των πλακών οροφής Ισογείου και οροφής Υπογείου, αφού προηγηθεί η αφαίρεση τυχόν χαλαρών και ασβεστοποιημένων τμημάτων της διατομής των στύλων και το “γέμισμα” των ρωγμών με κονίαμμα μεγάλης ρευστότητας και υψηλής επιτελεστικότητας. Πάχος μανδύα



100 mm κατ' ελάχιστον και οπλισμοί 20Φ16 διαμήκεις και Φ8/100 από διπλές αλληλοεπικαλυπτόμενες φουρκέτες εναλλασσόμενης κατά το ύψος διεύθυνσης. Αγκύρωση “αναμονών” Φ18 στο εξέχον τμήμα της διατομής του στύλου 60 x 60 του υπογείου και κατάλληλη αγκύρωση των συνεχιζομένων προς τα πάνω οπλισμών στη στάθμη οροφής Ισογείου. Ο μανδύας για λόγους συμβιβασμού των κριτηρίων ασφάλειας και οικονομίας δεν συνεχίζεται στο Υπόγειο. Ωστόσο για τους τρεις εκ των επτά στύλων που αστόχησαν ο μανδύας πρέπει να επεκταθεί και στον Όροφο. Υλικά: Σκυρόδεμα C25/30 με μέγιστο κόκκο αδρανών 16 mm (γαρμπιλομεπτόν) και χάλυβας B500C.

- (ii) Για τους στύλους των “κόκκινων” περιοχών του διαγράμματος κατανομής των βλαβών, όπου και η απότμηση των πλακών της οροφής Ισογείου, ο προηγούμενος μανδύας κατασκευάζεται “ανοικτός” μορφής πετάλου Π (Σχ. 4) με οπλισμούς διαμήκεις Φ16 και εγκαρσίους φουρκέτες Φ8/10. Ισχύουν οι λεπτομέρειες του “κλειστού” τύπου μανδύα μετά την αφαίρεση από την πυρόπληκτη διατομή, του προς το εσωτερικό του κτηρίου ασβεστοποιημένου τμήματός της, του οποίου το πάχος εκτιμάται από 50 έως 100 mm.



Σχ. 4 Λεπτομέρεια κατασκευής ανοιχτού μανδύα υποστυλωμάτων

- (iii) Τέλος, για τους εσωτερικούς στύλους των “κόκκινων” περιοχών των μεσοπατωμάτων προτείνονται “κλειστοί” λεπτοί μανδύες πάχους 35 mm.

## 4. Κοστολόγηση Επεμβάσεων Αποκατάστασης

### 4.1 Φέρων Οργανισμός

Βάσει των διατυπωθεισών εις τα προηγούμενα προτάσεων αποκατάστασης και σύμφωνα με την προμέτρηση και τον προϋπολογισμό της μελέτης, το κόστος των επεμβάσεων αποκατάστασης του φέροντος οργανισμού ανέρχεται σε 1.236.900,00€, χωρίς ΦΠΑ. Στην τιμή αυτή περιλαμβάνονται

καθαιρέσεις και αποκομιδή των προϊόντων (72.00,00€), κατασκευή μανδύων υποστρωμάτων (102.000,00€), οπλισμοί και σκυρόδεμα νέων πλακών και δοκών (192.500,00€), αποκαταστάσεις πλακών και δοκών με ελάσματα (621.800,00€) και πυροπροστασία των ελασμάτων (184.000,00€). Στις ανωτέρω τιμές συμπεριλαμβάνονται ασφαλιστικές εισφορές και εργολαβικό όφελος, καθώς και πάσης φύσης εξοπλισμός, κριώματα, μέτρα προστασίας, ξυλότυποι κτλ. που απαιτούνται για την εκτέλεση των εργασιών.

#### 4.2 Οικοδομικές και ηλεκτρομηχανολογικές εργασίες

Για τις οικοδομικές εργασίες μη φερουσών κατασκευών το κόστος αποκατάστασης εκτιμάται κατ' αποκοπήν σε 100.000,00€. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει καθαιρέσεις τοιχοποιιών, αποξηλώσεις δαπέδων, υδραυλικών και αποχετευτικών εγκαταστάσεων και αποκομιδή όλων των προϊόντων καθαιρέσεων – αποξηλώσεων, κατασκευή τείχων από τσιμεντόλιθους ή οπτόπλινθους, εφαρμογή επιχρισμάτων και χρωματισμών, κατασκευή υδραυλικών και αποχετευτικών εγκαταστάσεων, τοποθέτηση πλακιδίων, προμήθεια και τοποθέτηση ειδών υγιεινής, κουφωμάτων και επιστρώσεις δαπέδων και σκαλών.

Για τις ηλεκτρολογικές εργασίες το κόστος αποκατάστασης εκτιμάται κατ' αποκοπήν σε 50.000,00€. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει φωτιστικά σώματα, απλούς και τριφασικούς ρευματοδότες με όλο τον συνοδευτικό εξοπλισμό (καλώδια, κανάλια, σωλήνες, σχάρες, διακόπτες) και μέρος των πινάκων.

#### 4.3 Συνολική Κοστολόγηση Αποκαταστάσεων

Με βάση τα παραπάνω, το σύνολο του κόστους αποκατάστασης ανέρχεται σε 1.386.900,00€. Το ανηγμένο στη συνολική κάτοψη του δομήματος κόστος αποκατάστασης προκύπτει 185€/m<sup>2</sup>.

Για να κριθεί ως επισκευαστέο ένα προβληματικό κτίριο πρέπει το κόστος της αποκατάστασης να συναρτηθεί με όλους τους παράγοντες (οικονομικούς, κοινωνικούς, πολιτιστικούς, αισθητικούς) που διέπουν την "παράταση ζωής ενός κτιρίου" σε σύγκριση με την ανακατασκευή του.

Ένας κλασικός μαθηματικός τύπος που θέτει σαν προϋπόθεση (συμβουλευτικό κριτήριο) ορθής επιλογής της επισκευής αντί της ανακατασκευής, προϋποθέτει το κόστος της επισκευής να μην υπερβαίνει το 80% της απομένουσας αξίας του κτιρίου:

$$K_{επισκ.} \leq 0.80 \cdot K_{ανακ.} \cdot (E_z - H) / E_z \quad (\text{Εξ. 1})$$

όπου το  $E_z$  εκφράζει το χρόνο ζωής του κτηρίου και λαμβάνεται συνήθως 100 έτη και το  $H$  εκφράζει τη σημερινή ηλικία του.

Για να είναι αποδεκτή η λύση της επισκευής έναντι της ανακατασκευής θα πρέπει να ισχύει:

$$K_{επισκ.} \leq 0.80 \cdot K_{ανακ.} \cdot (100 - 48) / 100 = 0.42 \cdot K_{ανακ.}$$

Από την ανίσωση αυτή εκτιμάται κατ' αρχήν ότι οικονομικώς είναι εφικτή και συμφέρουσα η επισκευή του κτηρίου, ακόμη και για κόστος ανακατασκευής  $K_{ανακ.} = 440€/m^2$ , τιμή πολύ χαμηλή με βάση τα δεδομένα της αγοράς.

### 5 Συμπεράσματα

Η προσφυγή για την ενίσχυση στα υλικά νέας γενιάς FRPs παρά το υψηλό τους κόστος κρίθηκε αναγκαία διότι οποιαδήποτε συμβατική μέθοδος ενίσχυσης συνοδεύεται τουλάχιστον από προβλήματα εφαρμογής και αισθητικής. Η λύση άλλωστε έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε αντίστοιχες περιπτώσεις (Vayas et al 2014).

Σε αρχικό στάδιο είχε εξεταστεί ως εναλλακτική λύση η καθαίρεση και ανακατασκευή των τμημάτων Ι.Α, ΙΙ.Α και ΙΙΙ.Α καθώς και μέρος του τμήματος Ι.Π προς την οδό Γιαννιτσών, από την οροφή

υπογείου και πάνω. Η κοστολόγηση των δύο λύσεων, ήτοι της λύσης της καθαίρεσης και της ανακατασκευής αφενός, και της λύσεως επισκευής που τελικώς προτάθη αφετέρου, και κατόπιν η σύγκριση μεταξύ των οδήγησε οριακώς στην προτίμηση της συμβατικής λύσης αποκατάστασης. Εκτός από το γνωστό Ευαγγελικό χωρίο (Μαρκ. 2,21), το οποίο προτρέπει “ουδείς επίβλημα ράκους αγνάφου επιρράπτει επί ματιώ παλαιώ”, μία λύση ανακατασκευής παρά την φαινομενική της ποιοτική υπεροχή, συνοδεύεται από πλειάδα προβλημάτων αναγκαίων επιλογών από τα οποία αναφέρονται ενδεικτικώς τα εξής:

α) Δεν είναι δυνατή η εφαρμογή της αρχικής μελέτης του Έργου, καθόσον ούτε οι λείοι χάλυβες εκείνης της εποχής εφαρμόζονται πλέον, ούτε η αντικατάστασή των με ισοδύναμους σύγχρονους είναι τεχνικώς αποδεκτή. Από την άλλη μεριά, τυχόν ισόποση αντικατάστασή τους, μολονότι δημιουργεί συνθήκες υπερασφάλειας στις πλάκες, προκαλεί δυσμενείς συσχετισμούς αντοχών μεταξύ στύλων και δοκών με αποτέλεσμα την επιδείνωση του ικανοτικού κριτηρίου στους κόμβους του χωρικού συστήματος.

β) Εάν ληφθούν υπόψιν τα προηγούμενα και επιχειρηθεί ανασχεδιασμός με τα σημερινά κανονιστικά δεδομένα, τότε θα εμφανισθούν προβλήματα ανεπάρκειας στο υπόγειο και πιθανόν στη θεμελίωση.

### Βιβλιογραφία

- ΟΑΣΠ (2013), “Κανονισμός Επεμβάσεων. 1<sup>η</sup> Αναθεώρηση Ιούλιος 2013 (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)”, Αθήνα.
- Μαυροειδής Π., Νικολάου Ι., Φαββατά Μ., Καραγιάννης Χ. και Παπαδημητρίου Γ.Δ. (2006), “Επίδραση παρατεταμένης θέρμανσης στα μηχανικά χαρακτηριστικά χάλυβων οπλισμού σκυροδέματος”, 15<sup>ο</sup> Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΣ, Αλεξανδρούπολη, 25–27/10/2006.
- Τρέζος Κ.Γ. και Σαγιάς Δ.Θ. (2006), “Επίδραση υψηλών θερμοκρασιών στη συνάφεια χάλυβα – σκυροδέματος”, 15<sup>ο</sup> Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΣ, Αλεξανδρούπολη, 25–27/10/2006.
- CEN (2002), “Eurocode 2. Design of concrete structures - Part 1.2: General rules - Structural fire design (EN 1992-1-2)”, Brussels.
- Chan Y.N., Luo X. and Sun W. (2000), “Compressive strength and pore structure of high-performance concrete after exposure to high temperature up to 800°C”, *Cement and Concrete Research*, 30, pp. 247-251
- Cote A.E. (2008), “Fire protection Handbook”, National Fire Protection Association, pp. 52-56
- DiNenno P.J. (2008), “SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008 Edition”, National Fire Protection Association, Massachusetts, pp. 180-185
- Hewlett P.C. (1998), “Lea’s Chemistry of Cement and Concrete, Fourth Edition”, Elsevier Ltd, Oxford, pp. 713-775.
- Kumar P.M., Monteiro P.J.M. (2009), “Σκυρόδεμα μικροδομή, ιδιότητες και υλικά, μετάφραση: Ιωάννα Παπαγιάννη”, Κλειδάριθμος, Θεσσαλονίκη, σελ. 179-182.
- Mendes A., Sanjayan J. and Collins F. (2009), “Long-Term Progressive Deterioration Following Fire Exposure of OPC Versus Slag Blended Cement Pastes”, *Materials and Structures*, 42(101), pp. 95-101.
- Neville A. M. (1996), “Properties of Concrete”, John Wiley & Sons Inc., Malaysia, pp. 385-388.
- Noumowe A.N., Clastres P., Debicki G. and Costaz J.L. (1996), “Transient heating effect on high strength concrete”, *Nuclear Engineering and Design*, 166, pp. 99-108
- Peng G-F., Bian S-H., Guo Z-Q., Zhao J., Peng X-L., Jiang Y-C. (2008), “Effect of thermal shock due to rapid cooling on residual mechanical properties of fiber concrete exposed to high temperatures”, *Construction and Building Materials*, 22, pp. 948-955
- Peng G-F., Yang W-W., Zhao J., Liu Y-F., Bian S-H., Zhao L-H. (2008), “Explosive spalling and residual mechanical properties of fiber-toughened high-performance concrete subjected to high temperatures”, *Cement and Concrete Research*, 36, pp. 723-727
- Sakr K. and EL-Hakim E. (2005), “Effect of high temperature or fire on heavy weight concrete properties”, *Cement and Concrete Research*, 35, pp. 590-596
- Vayas I., Spiliopoulos A., Dasiou M.-E., Dougka G. and Dimakogianni D. (2014), "Instandsetzung von Bauten des Kraftwerks Meliti, Griechenland, nach einem Brand", *Stahlbau 83 (2014)*, H.1, pp. 47 – 56, DOI:10.1002/stab.2001410134.