

**ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΜΙΑ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ**

ΔΗΜΗΤΡΑ ΤΖΟΥΡΜΑΚΛΙΩΤΟΥ

Αν. Καθηγήτρια
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
67100 Ξάνθη, Ελλάδα
e-mail: dtzourma@civil.duth.gr

STANA PETROVIC

Πολιτικός Μηχανικός
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
67100 Ξάνθη, Ελλάδα
e-mail: sunce_85@yahoo.com

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό τον σχεδιασμό μιας ξενοδοχειακής μονάδας με βάση τις αρχές του βιώσιμου σχεδιασμού προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των μεταλλικών στοιχείων του φέροντα οργανισμού της, στην διαμόρφωση διαφορετικών κτιρίων ως προς τη χρήση, τις διαστάσεις και τις συνθήκες φόρτισής τους. Η ξενοδοχειακή μονάδα βρίσκεται στο Βόλο, και σχεδιάστηκε λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές του βιώσιμου σχεδιασμού τόσο κατά το στάδιο της συναρμολόγησής της αλλά και κατά το στάδιο της αποσυναρμολόγησής της, όπου επιρόσθετα εξετάστηκε το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης των μεταλλικών στοιχείων του φέροντα οργανισμού της. Τέλος, στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκε και αναλύθηκε ένα ακόμη κτίριο, στο οποίο μελετήθηκε η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των μεταλλικών στοιχείων του φέροντα οργανισμού της ξενοδοχειακής μονάδας. Το κτίριο που επιλέχθηκε είναι ένα βιοτεχνικό κτίριο με γερανογέφυρα στη Ξάνθη όπου έχοντας εφαρμόσει τις αρχές του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση στο κτίριο της ξενοδοχειακής μονάδας κατέστη δυνατή η επαναχρησιμοποίηση ενός μεγάλου ποσοστού του μεταλλικού φέροντα οργανισμού στην κατασκευή του βιοτεχνικού κτιρίου.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κατασκευαστικός τομέας αποτελεί μία από τις βασικές παραγωγικές δραστηριότητες που έχει συμβάλει καθοριστικά στην δημιουργία του υπάρχοντος περιβαλλοντικού αποτυπώματος καθώς συνδέεται τόσο με τη φάση ανέγερσης ενός

κτιρίου όσο με τη λειτουργία του και την αποσυναρμολόγησή του μετά το πέρας του κύκλου ζωής του.

Κατά την διάρκεια του τελευταίου αιώνα, υπήρξε μία διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση σε πρώτες ύλες, ενέργεια και δομικά υλικά. Αποτέλεσμα αυτής της ζήτησης ήταν η υιοθέτηση ενός γραμμικού μοντέλου, που ακολουθείται έως και σήμερα, στην κατασκευή ενός κτιρίου το οποίο όμως οδηγεί στην κατασπατάληση φυσικών πόρων και στην υπερκατανάλωση ενέργειας.

Το κυριότερα ίσως στάδια του γραμμικού αυτού μοντέλου ζωής ενός κτιρίου, αφορούν τον σχεδιασμό και τα υλικά κατασκευής του. Ο σχεδιασμός που εφαρμόζεται έως σήμερα δημιουργεί κατασκευές μόνιμες, μονολιθικές, δύσκολες να αποσυναρμολογηθούν μετά το πέρας του κύκλου ζωής τους με αποτέλεσμα να πρέπει να κατεδαφιστούν. Επιπρόσθετα, η επιλογή των δομικών υλικών που έγινε κατά το στάδιο του σχεδιασμού σε συνδυασμό με τις ξεπερασμένες σχεδιαστικές πρακτικές δυσχεραίνουν την ανάκτησή τους με αποτέλεσμα να χάνεται η εναπομένουσα δυναμική των υλικών και να απαιτείται εκ νέου εξόρυξη και παραγωγή νέων υλικών για την ανέγερση νέων ή την ανακαίνιση υπαρχόντων κτιρίων. Ως εκ τούτου προκύπτει η ανάγκη εξέλιξης της υπάρχουσας σχεδιαστικής και κατασκευαστικής διαδικασίας προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της βιώσιμης ανάπτυξης.

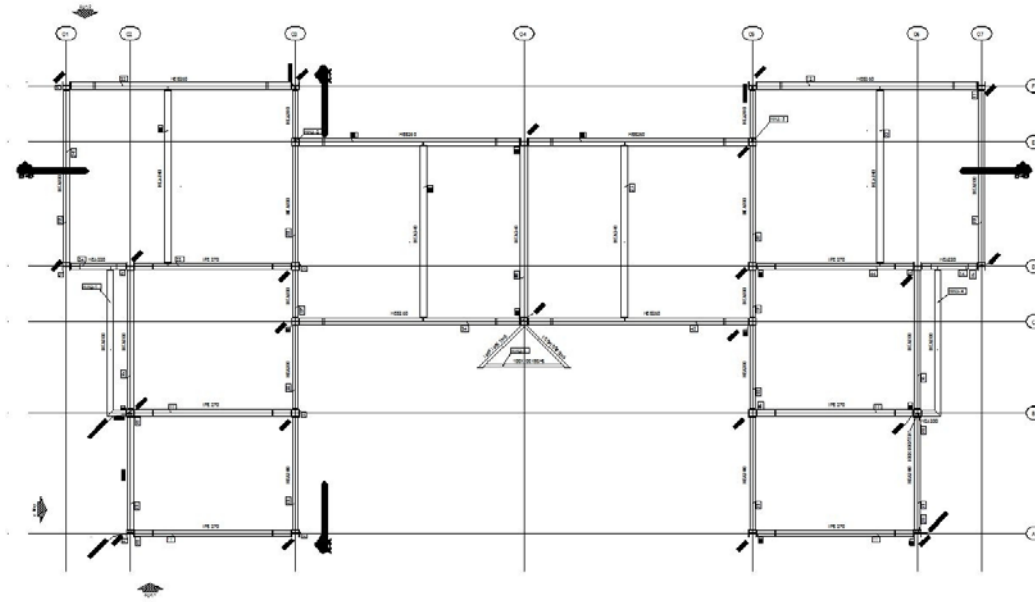
Ο Σχεδιασμός για Αποσυναρμολόγηση ΣγΑ (Design for Deconstruction DfD), μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στην αλλαγή νοοτροπίας στον κατασκευαστικό κλάδο καθώς λαμβάνει υπόψη του το σύνολο του κύκλου ζωής του κτιρίου και των επιμέρους δομικών υλικών που το απαρτίζουν. Εφαρμόζοντας τις αρχές του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση επιτυγχάνεται ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε μελλοντικές ανάγκες και απαιτήσεις χρήσεων του κτιρίου και δίνεται η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης μέρους αυτού ή του συνόλου του. Οι αρχές του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση βρίσκουν την καλύτερή τους εφαρμογή στο σχεδιασμό μεταλλικών κτιρίων καθώς τα μεταλλικά στοιχεία του έχουν τη δυνατότητα να επαναχρησιμοποιούνται και να ανακυκλώνονται πολλές φορές χωρίς να χάνουν τις ιδιότητές τους και την αντοχή τους.

3. ΚΤΙΡΙΟ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

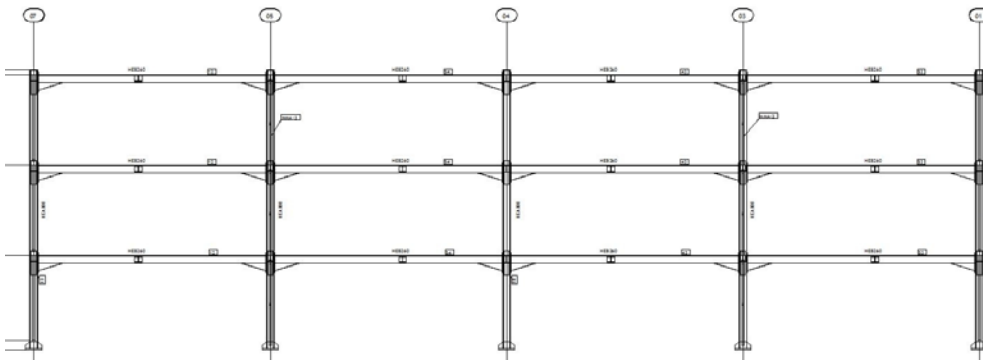
Πρόκειται για ένα διώροφο ξενοδοχείο, που βρίσκεται στο Βόλο. Η κάλυψη του κτιρίου είναι 357m² ενώ η πραγματοποιούμενη δόμηση είναι 1071 m². Η στέγη του κτιρίου είναι επίπεδη με μέγιστο ύψος τα 9,30m. Η διάταξη του μεταλλικού σκελετού έγινε σε αμφοτέρες τις διευθύνσεις δεδομένης της μη ορθογωνικής κάτοψης με δίστυλα και τρίστυλα πλαίσια όπως φαίνεται και στα σχέδια που ακολουθούν Σχ.1,2. Τα δοκάρια είναι διατομής HE260B, HE200A, HE240A και IPE270 και τα υποστυλώματα διατομής HE300A. Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας είναι διατομής SHS 100X100X5.

Οι συνδέσεις της κατασκευής σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να εξασφαλίζουν τόσο την εύκολη συναρμολόγηση της κατασκευής επιτόπου του έργου όσο και την αποσυναρμολόγηση της κατασκευής. Για την σύνδεση των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής επιλέχθηκαν σχεδόν μόνο κοχλιωτές συνδέσεις, ενώ οι συνδέσεις

έδρασης των υποστυλωμάτων δεν εγκιβωτίστηκαν μέσα στην εδαφόπλακα του κτιρίου.



Σχ. 1 Κάτοψη Φ.Ο. Ξενοδοχείου



Σχ. 2 Όψη Φ.Ο. Ξενοδοχείου

4. ΣΧΕΔΙΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ – ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα κατά την επαναχρησιμοποίηση των στοιχείων των μεταλλικών κτιρίων είναι η έλλειψη στοιχείων για την κάθε διατομή. Το πρόβλημα αυτό καθιστά την επαναχρησιμοποίηση των στοιχείων μια ασύμφορη διαδικασία, καθώς πριν την επαναχρησιμοποίηση των στοιχείων του Φ.Ο. της μεταλλικής κατασκευής, πρέπει να πραγματοποιηθεί αφενός μια σειρά αξιολογήσεων, ώστε να καθοριστούν η ποιότητα, η αντοχή, η σύσταση και οι ιδιότητες τους και αφετέρου η ανίχνευση και ομαδοποίηση των στοιχείων της που ανεβάζουν σημαντικά το κόστος ολόκληρης της διαδικασίας. Ταυτόχρονα με τον σχεδιασμό του ξενοδοχείου εκπονείται και το σχέδιο συναρμολόγησης του κτιρίου όπου λαμβάνονται υπόψη οι αρχές του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση, γίνεται

ομαδοποίηση των διατομών και αρίθμηση των δομικών στοιχείων. Ιδιαίτερη μέριμνα λαμβάνεται ώστε να υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των διαφορετικών «στρωμάτων» (layers) του κτιρίου έτσι ώστε η σύνδεση τους να επιτρέπει την αποσυναρμολόγησή τους εύκολα, γρήγορα και οικονομικά.

Η ύπαρξη των στοιχείων του Φ.Ο. του ξενοδοχείου καθοδηγεί τις επιλογές των μελετητών κατά το σχεδιασμό του βιοτεχνικού κτιρίου στην Ξάνθη και αντίστοιχα προσαρμόζεται η μελέτη του βιομηχανικού κτιρίου προκειμένου να ταιριάζουν σε αυτό τα ήδη διαθέσιμα στοιχεία από το ξενοδοχείο. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια οικονομικότερη λύση για το νέο χρήστη που ακολουθεί και τις βέλτιστες περιβαλλοντικές πρακτικές για την κατασκευή του βιομηχανικού κτιρίου στην Ξάνθη.

5. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

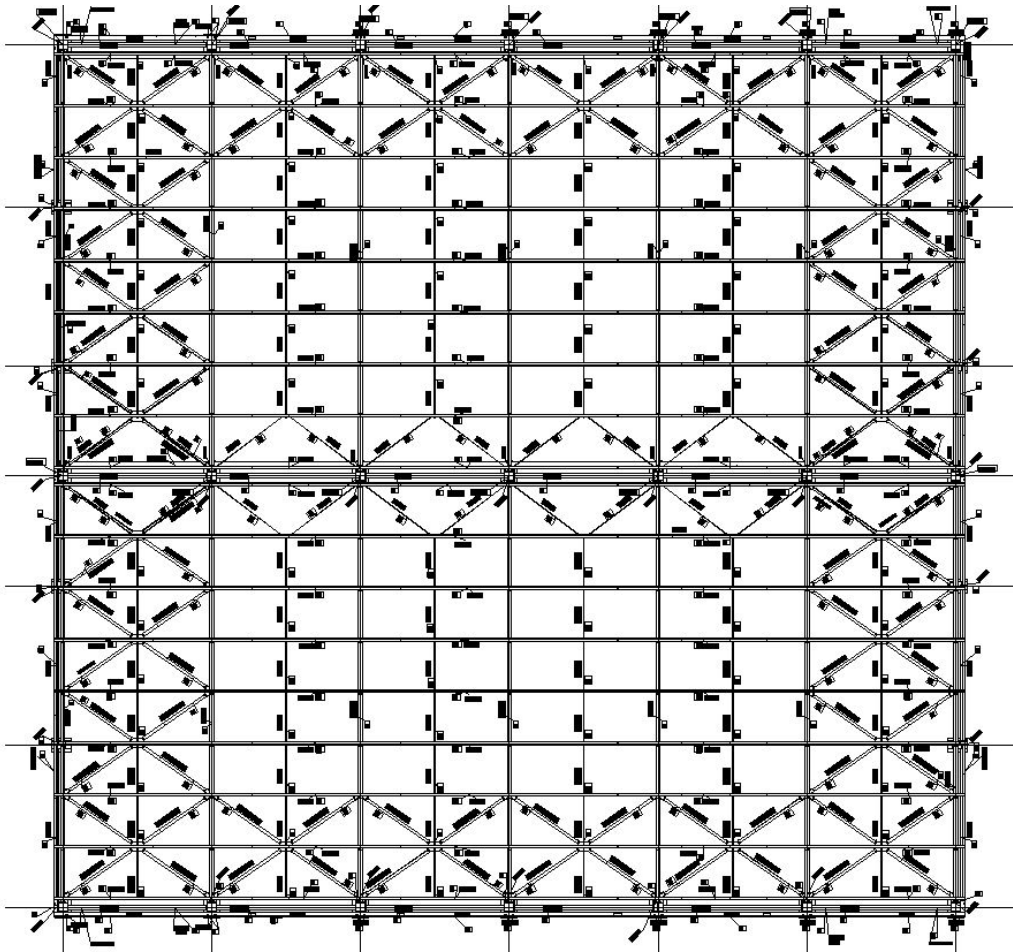
Ένα κτίριο απαρτίζεται από έξι διαφορετικά στρώματα (layers)^[**1], τα 6 S's: site-Οικόπεδο, Structure - Φ.Ο., Skin - Κέλυφος, Services – Βοηθητικές και Η/Μ εγκαταστάσεις, Space - διαμόρφωση χώρων, Stuff - Ξενοδοχειακός Εξοπλισμός. Τα δομικά υλικά που συγκροτούν κάθε ένα από αυτά τα στρώματα πρέπει να είναι ανεξάρτητα και να μπορούν να αποσυναρμολογηθούν εύκολα, γρήγορα, οικονομικά και ασφαλώς. Η αποσυναρμολόγησή τους εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον τρόπο σύνδεσή τους. Η μορφή, και το είδος των συνδέσεων που χρησιμοποιούνται καθορίζουν το ποσοστό της επαναχρησιμοποίησης του κτιρίου και την απαιτούμενη επεξεργασία των στοιχείων του προκειμένου να καταστεί εφικτή η επαναχρησιμοποίησή τους. Για το λόγο αυτό κατά το στάδιο του σχεδιασμού πρέπει να επιλέγονται κυρίως κοχλιωτές ενώσεις.

Η αποσυναρμολόγηση θα πρέπει να μελετηθεί λεπτομερειακά κατά το σχεδιασμό του κτιρίου και να περιγραφεί αναλυτικά η διαδικασία που θα ακολουθηθεί. Οι πληροφορίες που θα προκύψουν από τη μελέτη αυτή σχετικά με τα στάδια και τον τρόπο αποσυναρμολόγησης των στοιχείων και των συνδέσεων του κτιρίου, πρέπει με τη σειρά τους να παρέχονται στον εκάστοτε χρήστη, κατασκευαστή και υπεύθυνο της αποσυναρμολόγησης με όσο πιο απλό, κατανοητό και αναλυτικό τρόπο γίνεται. Συμπληρωματικά, πρέπει να τηρείται πλήρης φάκελος με τα τεχνικά χαρακτηριστικά, τη σύσταση και τις ιδιότητες των αποσπώμενων δομικών υλικών και στοιχείων καθώς και τη φύση των διαφόρων συνδέσεων προκειμένου αυτές να τύχουν του κατάλληλου χειρισμού, και επεξεργασίας. Τέλος, πρέπει να έχει προβλεφθεί η καταγραφή και η αρίθμηση όλων των χρησιμοποιούμενων στοιχείων στο κτίριο, προκειμένου να διευκολύνεται η μετέπειτα αποσυναρμολόγηση ή/και επανα-συναρμολόγησή τους στη σωστή θέση, με τη σωστή σειρά. Για την αποσυναρμολόγηση του ξενοδοχείου ακολουθήθηκε η αντίστροφη διαδικασία της συναρμολόγησης όπως αυτή εξειδικεύτηκε κατά το στάδιο του σχεδιασμού του.

6. ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ ΣΤΗ ΞΑΝΘΗ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Πρόκειται για έναν ισόγειο βιοτεχνικό κτίριο με γερανογέφυρα στη βιομηχανική περιοχή της Ξάνθης. Η κάλυψη του νέου κτιρίου είναι 812m². Η στέγη του κτιρίου είναι δίριχτη με κλίση 10,2% και μέγιστο μικτό ύψος στέγης τα 9.50m. Η διάταξη του

μεταλλικού σκελετού έγινε με κύρια τρίστυλα πλαίσια διπλού ανοίγματος μήκους 13.675m έκαστο, ανά 4.75m. Τα δοκάρια είναι διατομής IPE270 και τα υποστρώματα διατομής HE300A. Οι τεγίδες και οι μηκίδες είναι διατομής IPE140 ανά 1.675m και 1,875m αντίστοιχα. Στο ένα από τα δύο ανοίγματα του πλαισίου και κατά τη διαμήκη διεύθυνση λειτουργεί γερανογέφυρα ικανότητας 5 tn και για το λόγο αυτόν επιλέχθηκε η διαμόρφωση του τρίστυλου πλαισίου. Για την κατασκευή του νέου βιοτεχνικού κτιρίου χρειάστηκαν 51.5tn δομικού χάλυβα, εκ των οποίων οι 30.5tn προέρχονται από το ξενοδοχείο στο Βόλο και οι 21 tn ήταν νέες διατομές για την κατασκευή κυρίως των τεγίδων, των μηκίδων και των κεφαλοδοκών.

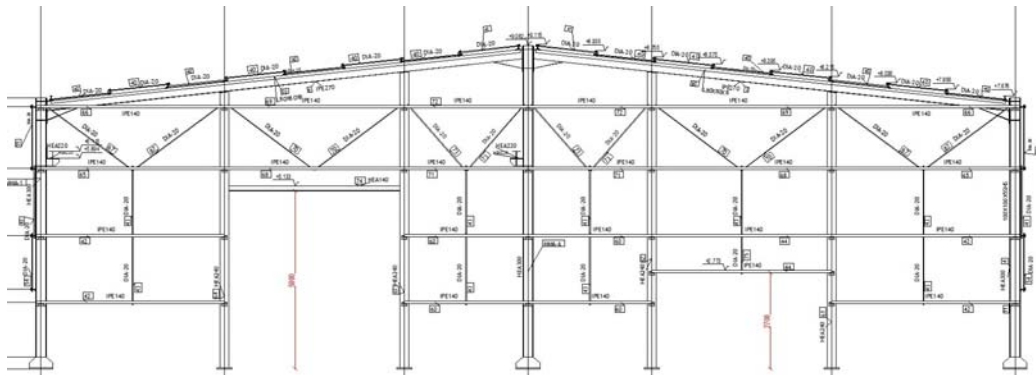


Σχ. 3 Κάτοψη Φ.Ο.Βιοτεχνικού Κτιρίου

7. ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

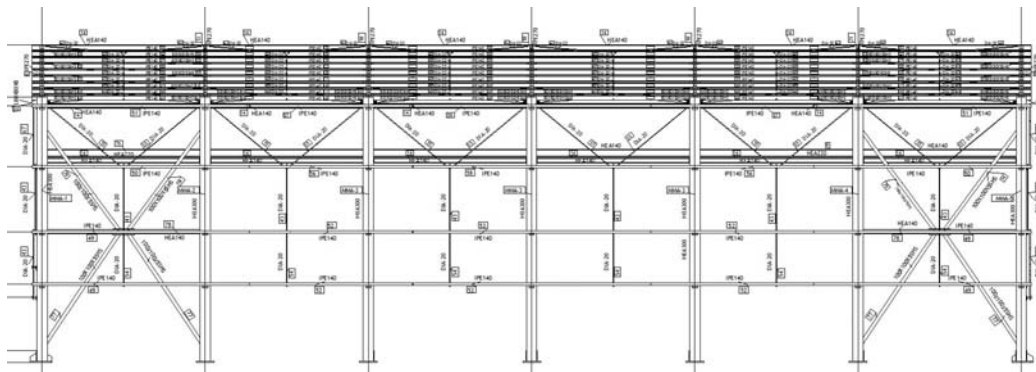
Ο Φ.Ο. ενός μεταλλικού κτιρίου αποτελεί το στοιχείο με το μεγαλύτερο χρόνο ζωής και ταυτόχρονα με τη μικρότερη ευελιξία σε σχέση με τα υπόλοιπα. Συνεπώς θα πρέπει να διασφαλιστεί η ποιότητα και η ανθεκτικότητά του στο χρόνο αλλά και η αποσυναρμολόγησή του. Επιπλέον είναι σημαντικό να είναι απλός ως προς την οργάνωσή του και να έχει τις κατάλληλες διαστάσεις, ώστε να μπορεί να υποστηρίξει την ενδεχόμενη αλλαγή των απαιτήσεων στο πλαίσιο της ίδιας ή και διαφορετικής με την αρχική του χρήση. Τέλος, δεδομένου ότι ο Φ.Ο. αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό

του συνολικού όγκου των υλικών που απαρτίζουν ένα μεταλλικό κτίριο, θα πρέπει να μεριμνήσουμε ώστε αυτός να μπορεί να αποσυναρμολογηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί μετά το πέρας της ζωής του κτιρίου.



Σχ. 4 Όψη Φ.Ο. Βιοτεχνικού Κτιρίου

Από την αποσυναρμολόγηση των μεταλλικών στοιχείων του ξενοδοχείου προέκυψαν 51.5tn δομικού χάλυβα. Οι 30.5 tn χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του νέου βιοτεχνικού κτιρίου, και οι 21tn θα αποθηκευτούν για επαναχρησιμοποίηση σε άλλα έργα. Ήτοι, όσον αφορά το ξενοδοχείο στο Βόλο επαναχρησιμοποιήθηκε το 59% και αποθηκεύτηκε για μελλοντική χρήση το 41% των μεταλλικών στοιχείων του. Όσον αφορά το βιοτεχνικό κτίριο στη Ξάνθη το 47% των μεταλλικών του στοιχείων προέρχονται από επαναχρησιμοποίηση των μεταλλικών στοιχείων του κτιρίου του ξενοδοχείου και το υπόλοιπο 53% είναι νέος χάλυβας.

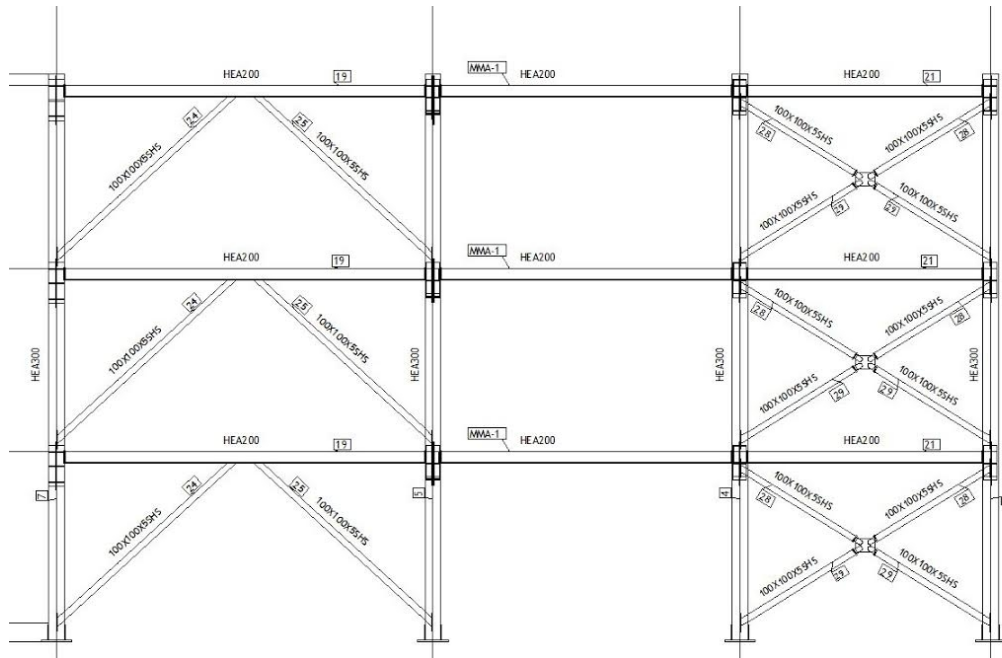


Σχ. 2 Πλάγια Όψη Φ.Ο. Βιοτεχνικού Κτιρίου

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Σχεδιασμός για Αποσυναρμολόγηση αποτελεί πρόταση βελτιστοποίησης της κατασκευαστικής διαδικασίας προκειμένου να αλλάξει το γραμμικό μοντέλο κατασκευής ενός κτιρίου που εφαρμόζεται σήμερα. Υιοθετώντας τις αρχές του, μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κατασκευαστικού κλάδου και δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την ανέγερση κτιρίων «πηγών δομικών στοιχείων», δηλαδή κτιρίων τα οποία θα αποτελέσουν τις αποθήκες και τις

μελλοντικές πηγές δομικών στοιχείων για την κατασκευή νέων κτιρίων που θα χρησιμοποιηθούν από τις επόμενες γενεές.



Σχ. 5 Πλάγια Όψη Φ.Ο. Ξενοδοχείου

Τα μεταλλικά κτίρια αποτελούν μία από τις πλέον βιώσιμες επιλογές στο κατασκευαστικό κλάδο καθώς παρουσιάζουν τα υψηλότερα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης στο κλάδο. Αν και ο μέχρι σήμερα σχεδιασμός των μεταλλικών κατασκευών στην Ελλάδα δεν ακολουθεί τις αρχές του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση στην παρούσα εργασία ο ΣγΑ εφαρμόστηκε τόσο κατά το σχεδιασμό του Φ.Ο. του ξενοδοχείου όσο και κατά το σχεδιασμό του βιοτεχνικού κτιρίου με γερανογέφυρα.

Η καταγραφή των μεταλλικών στοιχείων του ξενοδοχείου και η επαναχρησιμοποίησή τους στο βιοτεχνικό κτίριο σε ποσοστό 59% επιτευχθεί αφενός γιατί ανακτήθηκε η αρχική μελέτη του ξενοδοχείου και αφετέρου λόγω της χρήσης κυρίως κοχλιωτών συνδέσεων στη συναρμολόγηση του αρχικού κτιρίου.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ADDIS B., “Building with Reclaimed Components and Materials: A Design Handbook for Reuse and Recycling” *Earthscan Publication Ltd*, 2006
- [2] BREWER G, MOONEY J. “A best practice policy for recycling and reuse in building”. *Proceedings of the ICE, Engineering Sustainability*, 2008, **161**, ES3: 173–180
- [3] CROWTHER P, CHINI AR. “Developing an inclusive model for design for deconstruction. Deconstruction and material reuse: technology, economic and policy”. *Proceedings of the CIB Task Group 39: Deconstruction Meeting, Wellington, New Zealand*, 2001, 6 April 2001, CIB publication 266, paper 1, pp 1–26.

DESIGN FOR DECONSTRUCTION APPLICATION TO A HOTEL UNIT

DIMITRA TZOURMAKLIOTOU

Associate Professor
Democritus University of Thrace
Dept. of Civil Engineering
67100 Xanthi, Greece
e-mail: dtzourma@civil.duth.gr

STANA PETROVIC

Civil Engineer
Democritus University of Thrace
Dept. of Civil Engineering
67100 Xanthi, Greece
e-mail: sunce_85@yahoo.com

SUMMARY

Deconstruction is basically the practice of removing materials from a building so they retain some of their value by being reused or recycled. The current state of deconstruction is severely limited by numerous factors. The main obstacles to deconstruct a building are the economics, hazards, the time involved in overcoming its assembly and the fact that architects and engineers of the past visualized their buildings as being permanent and did not make provisions for their future deconstruction. Structural deconstruction is time and labor-intensive, but often recovers higher value materials and usually yield material goods without energy-intensive processing. Most of the obstacles mentioned above can be overcome by designing a project that takes in consideration the whole of a building's life cycle. This practice is referred to as Design for Deconstruction and is an important factor that should be incorporated into building designing practices in order to maximize the functional life of materials. The aim of this paper is to demonstrate some of the design for deconstruction practices applied in the design of a hotel building in Volos. In addition, the structural elements of this hotel building at a second stage are used for the construction of an industrial building with bridge crane in Xanthi. Fifty nine percent (59%) of the hotel's load bearing structure used to the construction of the industrial building.