

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ: ΜΕΤΑΤΡΕΠΟΝΤΑΣ ΕΝΑ SUPER MARKET ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ

Δήμητρα Τζουρμακλιώτου
Επίκουρος Καθηγήτρια
Δ. Π. Θ., Τμ. Πολ. Μηχ., Εργ. Μετ. Κατ.
Ξάνθη, Ελλάδα
e-mail: dimitratz@gmail.com

Μυλερός Ι. Γεώργιος
Πολιτικός Μηχανικός
Consteel A.E.
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail: consteel@otenet.gr

Άγγελος Π. Χαϊδός
Πολιτικός Μηχανικός Δ.Π.Θ.
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail: agelosch@gmail.com

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία αναφέρονται τα αποτελέσματα μίας πραγματικής εφαρμογής στην επαναχρησιμοποίηση του δομικού χάλυβα. Τα αρχικά μεταλλικά στοιχεία προέρχονται από ένα κτίριο στον Μαραθώνα Αττικής που είχε σχεδιαστεί με συμβατικό τρόπο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως super market. Λόγω αλλαγής στρατηγικής της εταιρείας το εν λόγω κτίριο έπαψε να χρησιμοποιείται. Τα μεταλλικά στοιχεία του αντί να πουληθούν ως scrap χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή ενός συμβατικού βιομηχανικού κτιρίου στον Αυλώνα Αττικής. Ο σχεδιασμός και η ανάλυση του κτιρίου στην περίπτωση αυτή έγινε με βάση τις αρχές του βιώσιμου σχεδιασμού τόσο κατά το στάδιο της συναρμολόγησής του όσο και κατά το στάδιο της αποσυναρμολόγησής του.

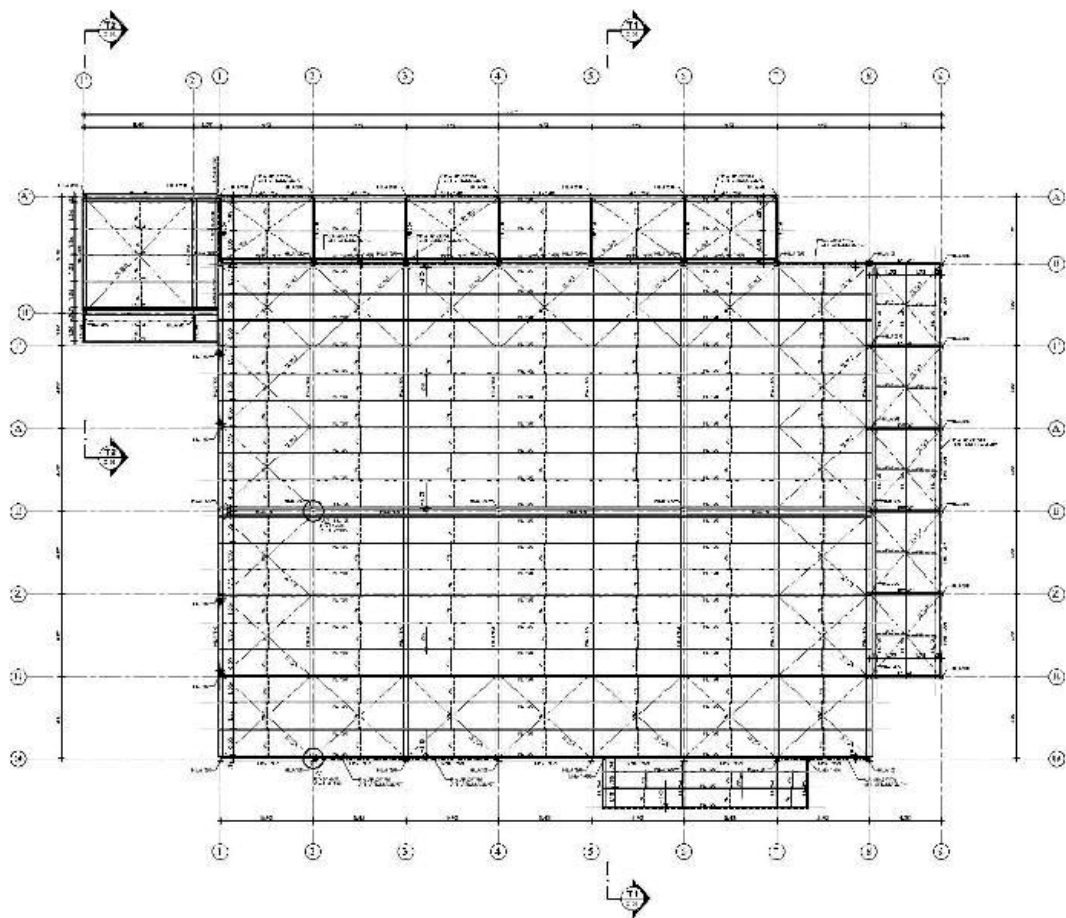
Σκοπός είναι η μελέτη του κύκλου ζωής του κτιρίου, προκειμένου να διευκρινιστούν οι παράγοντες και οι προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες ο σκελετός μίας μεταλλικής κατασκευής μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και ποια τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη από την πρόβλεψη αυτή κατά το στάδιο της μελέτης και της κατασκευής.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

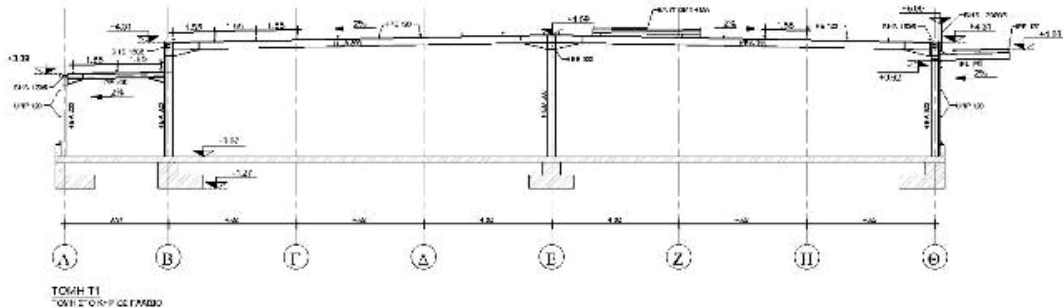
Η έννοια της επαναχρησιμοποίησης και οι αρχές που τη διέπουν, αποτελούν σήμερα μια μεγάλη πρόκληση, την οποία πολλές χώρες έχουν ήδη αρχίσει να αντιμετωπίζουν [1],[2]. Διεθνώς γίνονται συντονισμένες προσπάθειες τόσο σε εθνικό όσο και σε διακρατικό

επίπεδο να στραφεί η παγκόσμια παραγωγή σε περισσότερο βιώσιμες πρακτικές και μεθόδους. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο εντάσσεται και η προσπάθεια που έχει αρχίσει ο κλάδος των μεταλλικών κατασκευών να σχεδιάζει και να κατασκευάζει προϊόντα και έργα τα οποία θα ανταποκρίνονται στις σύγχρονες αυτές απαιτήσεις. Καθώς μάλιστα τα δομικά έργα έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, που συχνά ξεπερνά τη διάρκεια ζωής των φυσικών προσώπων, η ενσωμάτωση της βιωσιμότητας στις κατασκευές πρέπει να γίνεται με βλέμμα στο μέλλον.

Οι ήδη υπάρχουσες μεταλλικές κατασκευές στην χώρα μας, χαρακτηρίζονται συνήθως ως μη βιώσιμες. Η έλλειψη πληροφοριών για τα χαρακτηριστικά των μεταλλικών στοιχείων που αποτελούν την κατασκευή, καθιστά την επαναχρησιμοποίησή τους μια ασύμφορη διαδικασία, καθώς οι έλεγχοι για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τους ανεβάζουν το κόστος ολόκληρης της διαδικασίας. Για το λόγο αυτό απαιτείται μία διαφορετική αντιμετώπιση στη βάση νέων κανόνων σχεδιασμού των κατασκευών[3],[4],[5]. Με την υιοθέτηση στρατηγικών βιώσιμης κατασκευής, είναι δυνατή η μεγιστοποίηση τόσο της οικονομικής όσο και της περιβαλλοντικής απόδοσης. Οι μέθοδοι βιώσιμης κατασκευής μπορούν να εφαρμοστούν σε μία μεταλλική κατασκευή σε κάθε στάδιο, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή, στην ανακαίνισή της και την κατεδάφισή της. Πρέπει όμως να σημειωθεί, ότι τα περισσότερα οφέλη προκύπτουν από την εφαρμογή των τεχνικών αυτών στο σχεδιασμό και την κατασκευή της μεταλλικής κατασκευής.



Φωτ.1 Κτίριο υπεραγοράς τροφίμων- Διάταξη μεταλλικών στοιχείων στέγης.



Φωτ.2 Κτίριο υπεραγοράς τροφίμων- Διάταξη τυπικού πλαισίου

Η μετατροπή του κτιρίου υπεραγοράς στον Μαραθώνα, που κατασκευάστηκε το 2009 και το 2011 η εταιρεία αποφάσισε το κλείσιμο του και την απομάκρυνση της κατασκευής, σε βιομηχανικό κτίριο στον Αυλώνα, παρουσιάζει ενδιαφέρον διότι τα δύο κτίρια έχουν διαφορετικό άνοιγμα, ύψος, κλίση στέγης, στατικό μοντέλο φορέα, φορτία, χρήση και ιδιοκτήτη. Όλα αυτά τα διαφορετικά στοιχεία δημιουργούν μια δύσκολη περίπτωση επαναχρησιμοποίησης μεταλλικών διατομών καθώς το αρχικό κτίριο δεν είχε σχεδιαστεί με τις αρχές του βιώσιμου σχεδιασμού. Στόχος είναι αφενός η μεγιστοποίηση του ποσοστού της επαναχρησιμοποίησης που επιτεύχθηκε σε αυτή την περίπτωση και αφετέρου να προσεγγιστεί το κόστος αποσυναρμολόγησης, μεταφοράς, αποθήκευσης, μεταποίησης και συναρμολόγησης των διατομών αυτών στο νέο κτίριο.

3. ΚΤΙΡΙΟ SUPER MARKET- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Πρόκειται για ένα ισόγειο κατάστημα υπεραγοράς τροφίμων, που βρίσκεται στον Μαραθώνα Αττικής. Η κάλυψη του κτιρίου είναι $1,438.79\text{m}^2$. Η στέγη του κτιρίου είναι δίρυχη με κλίση 2% και μέγιστο ύψος τα 5.00m. Η διάταξη του μεταλλικού σκελετού έγινε με κύρια πλαίσια δύο ανοιγμάτων συνολικού μήκους 29.00m, ανά 5.42m. Τα δοκάρια είναι διατομής HEA300 και τα υποστρώματα διατομής HEA320 και HEB300. Οι τεγίδες είναι διατομής IPE120 ανά 1.55m. (Φωτ.1 & Φωτ.2)

Οι συνδέσεις της κατασκευής σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να εξασφαλίζουν την εύκολη συναρμολόγηση της κατασκευής επιτόπου του έργου. Για την σύνδεση των στοιχείων επιλέχθηκαν σχεδόν μόνο κοχλιωτές συνδέσεις, ενώ οι συνδέσεις έδρασης των υποστρωμάτων δεν εγκιβωτίστηκαν μέσα στην εδαφόπλακα του κτιρίου.

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 τόσο οι έλεγχοι για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του όσο και η ανίχνευση και ομαδοποίηση των στοιχείων ανεβάζουν σημαντικά το κόστος ολόκληρης της διαδικασίας. Στο κτίριο αυτό, το οποίο κατασκευάστηκε το 2009, είχαν φυλαχθεί και διατηρηθεί όλα τα σχέδια συναρμολόγησης (κοπής), η τεχνική έκθεση και τα πιστοποιητικά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του έργου. Κατά την μελέτη της κατασκευής είχε γίνει ομαδοποίηση των διατομών ενώ στα στοιχεία υπήρχαν οι αριθμοί για την αντιστοίχησή τους με τα σχέδια κοπής. Η ύπαρξη αυτών των στοιχείων της κατασκευής οδήγησε τους μελετητές του βιομηχανικού κτιρίου στον Αυλώνα να αλλάξουν την αρχική

μελέτη του βιομηχανικού κτιρίου προκειμένου να ταιριάξουν σε αυτό τα ήδη διαθέσιμα στοιχεία από το κτίριο στον Μαραθώνα και στην συνέχεια να προτείνουν στον ιδιοκτήτη μια οικονομικότερη λύση που ακολουθούσε και βέλτιστες περιβαλλοντικές στρατηγικές για την κατασκευή του βιομηχανικού κτιρίου στον Αυλώνα.

5. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Για την αποσυναρμολόγηση του κτιρίου έγιναν τα αντίστροφα βήματα της συναρμολόγησης όπως αυτά αποτυπώνονταν στην αρχική μελέτη. Κατά την αποσυναρμολόγηση πραγματοποιήθηκε η καταγραφή όλων των στοιχείων του φέροντος οργανισμού. Τα στοιχεία μεταφέρθηκαν κατά ομάδες ανάλογα με την διατομή και το μήκος τους. Συνολικά από την αποσυναρμολόγηση του κτιρίου στον Μαραθώνα ζυγίστηκαν και μεταφέρθηκαν 87.6tn δομικού χάλυβα. Όλα τα στοιχεία ήταν σε άριστη κατάσταση με μικροεκδορές από την αποσυναρμολόγηση, την μεταφορά και την αποθήκευση τους στο εργοστάσιο. Η μεγαλύτερη φθορά παρατηρήθηκε στους κοχλίες και τις πλάκες συνδέσεις καθώς είναι τα σημεία που καταπονούνται περισσότερο τόσο κατά την συναρμολόγηση όσο και την αποσυναρμολόγηση των κτιρίων.

6. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΤΟΝ ΑΥΛΩΝΑ ΑΤΤΙΚΗΣ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Πρόκειται για έναν ισόγειο βιομηχανικό κτίριο σε μια ήδη υπάρχουσα βιομηχανία στον Αυλώνα Αττικής. Η κάλυψη του νέου κτιρίου είναι 750m². Η στέγη του κτιρίου είναι δίριχτη με κλίση 10% και μέγιστο ύψος στέγης τα 8.50m. Η διάταξη του μεταλλικού σκελετού έγινε με κύρια πλαίσια ενός ανοίγματος μήκους 23.5m, ανά 4.70m. Τα δοκάρια είναι διατομής HEA300 και τα υποστυλώματα διατομής HEA320 και HEB300. Οι τεγίδες είναι διατομής IPE120 ανά 1.55m (Φωτ.3, Φωτ.4 & Φωτ.5). Λόγω των φορτίων στην περιοχή του νέου κτιρίου και της απαίτησης ενός ανοίγματος χωρίς ενδιάμεσο υποστύλωμα επιλέχθηκε στον βιομηχανικό χώρο η τύκνωση των πλαισίων από 5.42m σε 4.70m, και η διατήρηση των τεγίδων ανά 1.55m. Για την κατασκευή του νέου βιομηχανικού κτιρίου χρειάστηκαν 66.7tn δομικού χάλυβα, εκ των οποίων οι 61.4tn προέρχονται από το παλιό κτίριο στον Μαραθώνα και οι 5.3tn ήταν νέες διατομές για την κατασκευή των μεταλλικών πλακών. Οι μεταλλικές πλάκες χρησιμοποιήθηκαν στην διαμόρφωση ενός ποσοστού νέων συνδέσεων, που προέκυψαν κυρίως λόγω της αλλαγής στην κλίση της στέγης.

7. ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

Από την αποσυναρμολόγηση των μεταλλικών στοιχείων της υπεραγοράς προέκυψαν 87.6tn δομικού χάλυβα. Οι 61.4 tn χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του νέου βιομηχανικού κτιρίου, 6,4 tn πουλήθηκαν για επαναχρησιμοποίηση σε άλλα έργα και οι υπόλοιποι 19,8 tn πουλήθηκαν για ανακύκλωση. Ήτοι, όσον αφορά το υπάρχον κτίριο στο Μαραθώνα επαναχρησιμοποιήθηκε το 77% και ανακυκλώθηκε το 23% των μεταλλικών στοιχείων της υπεραγοράς. Όσον αφορά το βιομηχανικό κτίριο στον Αυλώνα το 92% των μεταλλικών του στοιχείων προέρχονται από επαναχρησιμοποίηση των μεταλλικών στοιχείων του κτιρίου της υπεραγοράς και μόνο το 8% είναι νέος χάλυβας.

8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Δεδομένου ότι η τιμή του χάλυβα, το κόστος της ενέργειας και τα πρόστιμα για τους ρύπους δεν είναι σταθερά, τα οικονομικά οφέλη από την επαναχρησιμοποίηση που αναφέρονται παρακάτω μπορούν να είναι μόνο προσεγγιστικά. Από τις οικονομικές προσφορές που δόθηκαν για την κατασκευή του νέου κτιρίου και την απομάκρυνση του παλιού κτιρίου προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα για τα δύο έργα. Η βέλτιστη προσφορά που δόθηκε για τον δομικό χάλυβα για να απομακρυνθεί από το έργο και να οδηγηθεί προς ανακύκλωση (scrap) ήταν 16,700€ (0.19€/Kg). Η τελική τιμή που δόθηκε ως προσφορά στον ιδιοκτήτη του κτιρίου στον Μαραθώνα όταν ζήτησε ο σίδηρος από τον σκελετό να πουληθεί ως διατομές δομικού χάλυβα καθώς είχε τα πιστοποιητικά τους για την ποιότητα του υλικού ήταν 32,400€ (0.37€/Kg). Για την κατασκευή του νέου βιομηχανικού κτιρίου η βέλτιστη προσφορά που είχε δοθεί για την κατασκευή του σκελετού από νέο χάλυβα ήταν 81,600€ (1.60€/Kg). Το τελικό κόστος για την ανέγερση του βιομηχανικού κτιρίου από τον δομικό χάλυβα του super market προέκυψε 59,400€ (0.89€/Kg).

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μεταλλικές κατασκευές αποτελούν μια βιώσιμη επιλογή επειδή μπορούν αφενός να επαναχρησιμοποιούνται και να ανακυκλώνονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό και αφετέρου παρουσιάζει καλύτερη μηχανική συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της διάρκειας ζωής του. Το μεγαλύτερο εμπόδιο που παρουσιάζει μια τέτοια προσπάθεια είναι ότι ο σχεδιασμός των μεταλλικών κατασκευών έως σήμερα δεν λαμβάνει υπόψη του μελλοντικά σενάρια επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης όπως αναφέρεται και στην παρούσα εργασία.

Η καταγραφή των μεταλλικών στοιχείων της υπεραγοράς και η επαναχρησιμοποίησή τους στο βιομηχανικό κτίριο σε ποσοστό 92% επιτευχτεί αφενός γιατί ανακτήθηκε η αρχική μελέτη της υπεραγοράς και ως εκ τούτου τα στοιχεία της μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κατά το στάδιο του σχεδιασμού του βιομηχανικού κτιρίου και λόγω της χρήσης κυρίως κοχλιωτών συνδέσεων στη συναρμολόγηση του αρχικού κτιρίου. Επιπρόσθετα, ο ιδιοκτήτης της υπεραγοράς διπλασίασε τη τιμή πώλησης των μεταλλικών στοιχείων ενώ ο ιδιοκτήτης του βιομηχανικού κτιρίου μείωσε το κόστος κατασκευής του κατά 30%.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] DURMISEVIC E., και NOOPT N. “Re-use Potencial of Steel in Building Construction” Proceedings of the CIB TG 39 –Design for Construction and Material Reuse Conference, Delft, Netherlands, 2003.
- [2] WEBSTER M., “Structural Design for Adaptability and Deconstruction: A Strategy for Closing the Materials Loop and Increasing Building Value” Proceedings of the 2007 ASCE Structures Conference, Long Beach, USA, 2007.
- [3] ΤΖΟΥΡΜΑΚΛΙΩΤΟΥ Δ., ΓΑΛΟΥΣΗΣ Α., και ΜΠΟΥΡΙΚΑΣ Φ., “Η Συμβολή του Σχεδιασμού για Αποσυναρμολόγηση στην Επαναχρησιμοποίηση”, Πρακτικά του 6^{ου} Εθνικό Συνέδριο Μεταλλικών Κατασκευών, Ιωάννινα 2 – 4 Οκτωβρίου 2008, Σελ. 255-264.
- [4] ΧΑΙΔΑΣ Α. “Μελέτη - Αποσυναρμολόγηση ενός Μεταλλικού Κτιρίου Γραφείων και Επαναχρησιμοποίηση των Στοιχείων του για την Κατασκευή Μεταλλικών Σχολικών Κτιρίων”, Διπλωματική εργασία, 2009, Δ. Π. Θ. Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών σελ. 124.

- [5] Τζουρμακλιώτου Δήμητρα, Άγγελος Γαλούσης “Αρχές ενοποιημένου σχεδιασμού για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση μεταλλικών κατασκευών”, 7^ο Εθνικό Συνέδριο Μεταλλικών Κατασκευών, 28 Σεπτ. – 1 Οκτ. 2011, σελ. 225-231.

REUSE: CONVERSION OF A SUPER MARKET BUILDING TO AN INDUSTRIAL BUILDING

Dimitra Tzourmakliotou

Assistant Professor

Dept. of Civil Engineering, Lab. of Steel Structures, DUTH.

Xanthi, Greece

e-mail: dimitratz@gmail.com

George J. Myleros

Civil Engineer

Consteel S.A.

Athens, Greece

e-mail: consteel@otenet.gr

Angelos P. Chaidas

Civil Engineer, DUTH.

Athens, Greece

e-mail: agelosch@hotmail.com

1. ABSTRACT

In this paper are presented the results of a realized project of the reuse of structural steel. The used steel elements are from a building in Marathon, Attica that was designed in a conventional manner to be used as super market. Due to change the company's strategy said building ceased to be used. Due to change to the company's economic strategy the building ceased to be used. The bearing steel structure instead is sold as scrap was used for the construction of a conventional industrial building in Avlonas, Attica. Almost 92% of the steel elements of this new building were reused elements. The design and analysis of the building in this case was based on the principles of sustainable design both at the stage of the assembly and during the disassembly.

The scope of this paper is to study the life cycle of the building, in order to clarify the factors and conditions under which the bearing steel structure can be reused and to specify the environmental and economic benefits of this provision during the design and construction.