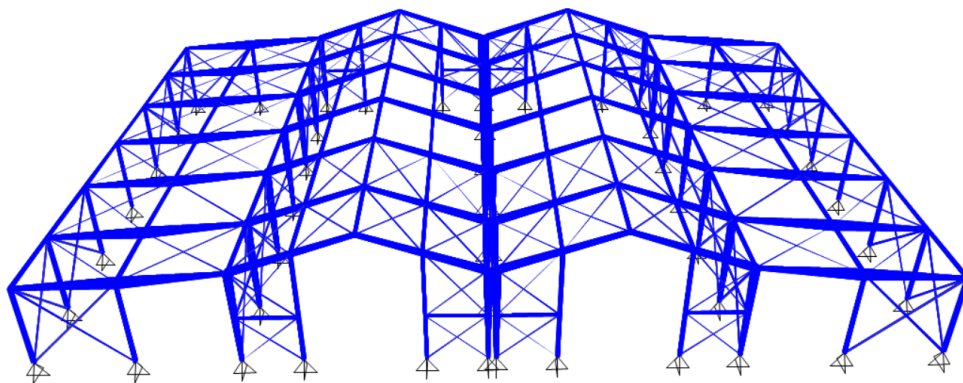




National Technical University of Athens  
School of Civil Engineering  
Institute of Steel Structures

# RESEARCH OF MODIFICATION OF AN OLD INDUSTRIAL BUILDING WITH CRITERIA OF SUSTAINABILITY



Diploma Thesis

**Christina Evangeliou**

EMK ΔΕ 2017 35

Supervisor: Professor Charis Gantes

Athens, October 2017

Copyright © Χριστίνα Ευαγγελίου, 2017  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια της συγγραφέα. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς την συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέως (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Christina Evangeliou, 2017  
All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

Χριστίνα Ευαγγελίου (2017)

Διερεύνηση μετατροπής παλαιού βιομηχανικού κτιρίου με κριτήρια βιωσιμότητας  
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2017 35  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Christina Evangeliou (2017)

Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2017 35  
Research of modification of an old industrial building with criteria of sustainability  
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία σηματοδοτεί την λήξη του πενταετούς κύκλου των προπτυχιακών μου σπουδών στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε ορισμένους ανθρώπους, η συμβολή και η συμπαράσταση των οποίων ήταν πολύτιμη και καθοριστική σε όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή και επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας κ. Χάρη Γαντέ. Οι υψηλού επιπέδου επιστημονικές του γνώσεις και η πολυετής εμπειρία του σε θέματα Σιδηρών κατασκευών, σε συνδυασμό με την άριστη ικανότητα του να μεταδίδει τις γνώσεις του, συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Η συνεχής καθοδήγησή του και η απεριόριστη υπομονή του, ενέπνεε ασφάλεια και εμπιστοσύνη. Ήταν πάντα πρόθυμος να αφιερώνει το χρόνο του και να προσφέρει συμβουλές, παρά το απαιτητικό του πρόγραμμα. Νιώθω ιδιαίτερη τιμή που συνεργάστηκα με έναν τόσο αξιόλογο άνθρωπο και πρότυπο καθηγητή.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Ψαρά και την κα. Κατερίνα Νταϊφώτη για τις χρήσιμες υποδείξεις τους σχετικά με την χρήση του λογισμικού SAP 2000.

Βέβαια, δεν θα μπορούσα να ξεχάσω την συμπαράσταση όλων των φίλων μου, που πίστεψαν σε εμένα και με ενθάρρυναν σε κάθε στάδιο των σπουδών μου. Για το λόγο αυτό ευχαριστώ ιδιαίτερω τους φίλους και συμφοιτητές μου, Νίκο Π. και Χρήστο, καθώς επίσης και την Ιωάννα, την Μαντώ, τον Γιάννη, τον Δημήτρη, την Εβίνα, την Έρση, τον Νίκο Ψ., τον Σαλίβερο και τον Σπύρο, για όλες εκείνες τις στιγμές που ζήσαμε μαζί κατά την διάρκεια των σπουδών μας.

Ολοκληρώνοντας, την μεγαλύτερη ευγνωμοσύνη μου οφείλω στους γονείς μου, Ιωάννη και Θεοδώρα, αλλά και στην αδερφή μου Βασιλική για την απεριόριστη συμπαράστασή τους, την υπομονή και την αγάπη τους, αλλά και για όσα μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια της ζωής μου.

*Χριστίνα Ευαγγελίου*

*Οκτώβριος 2017*

*Στους γονείς μου, Ιωάννη και Θεοδώρα,  
τους ανθρώπους που με στηρίζουν σε κάθε μου βήμα.*



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΜΚ ΔΕ 2017 35

## **Διερεύνηση μετατροπής παλαιού βιομηχανικού κτιρίου με κριτήρια βιωσιμότητας**

**Χριστίνα Ευαγγελίου**

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Οκτώβριος 2017

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την μετατροπή ενός παλαιού βιομηχανικού κτιρίου, με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή του, λαμβάνοντας υπόψη ορισμένα κριτήρια βιωσιμότητας. Συγκεκριμένα, μελετάται αναλυτικά η συμπεριφορά του υφιστάμενου φορέα, με στόχο τον εντοπισμό των στατικών προβλημάτων του και διερευνάται η αντιμετώπισή τους μέσω της αναδιάταξης και ενίσχυσης της κατασκευής. Παράλληλα, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην δημιουργία μιας βιώσιμης κατασκευής που θα επιφέρει θετικά αποτελέσματα στο περιβάλλον, την οικονομία, αλλά και την κοινωνία.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται επεξήγηση της ευρύτερης έννοιας της βιωσιμότητας με ιστορικές αναφορές και τονίζεται η σημαντικότητα της εφαρμογής της σε όλους τους τομείς με έμφαση στον τομέα των κατασκευών, ενώ παρουσιάζονται οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές παράμετροι που διακατέχει ως έννοια. Αναλύονται οι σημαντικότερες ιδιότητες του χάλυβα, οι οποίες χαρακτηρίζουν την βιωσιμότητα των μεταλλικών κατασκευών σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής τους, από τον αρχικό σχεδιασμό τους μέχρι και την κατεδάφιση τους. Ακολούθως, περιγράφονται τα πλεονεκτήματα της ανακυκλωσιμότητας και επαναχρησιμοποίησης του χάλυβα και παρατίθενται παραδείγματα πραγματικών κατασκευών που ανακυκλώθηκαν ή επαναχρησιμοποιήθηκαν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται ορισμένα συστήματα περιβαλλοντικής πιστοποίησης των κτιρίων, σύμφωνα με τα οποία αξιολογείται και επιβεβαιώνεται η βιώσιμη απόδοσή τους και παρέχεται η εξασφάλιση της ποιότητάς τους. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά, οι διαδικασίες και ο τρόπος βαθμολόγησης του κάθε συστήματος.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το κτίριο το οποίο πρόκειται να μετατραπεί, περιγράφοντας την ιστορική εξέλιξή του, από την κατασκευή του μέχρι σήμερα, και τους λόγους για τους οποίους θα πραγματοποιηθεί η επαναχρησιμοποίησή του. Δίνονται πληροφορίες και σχέδια για την αρχιτεκτονική μετατροπή του κτιρίου και την αλλαγή χρήσης του. Έπειτα, περιγράφεται αναλυτικά η γεωμετρία του κτιρίου και το στατικό σύστημα του φορέα, ενώ παρουσιάζονται και τα δομικά του στοιχεία.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται οι ιδιότητες του υλικού από το οποίο αποτελείται ο φορέας και γίνεται εκτενής αναφορά στον προσδιορισμό των φορτίων που καταπονούν την κατασκευή, σύμφωνα με τις κανονιστικές διατάξεις του Ευρωκώδικα 1. Επιπλέον, περιγράφονται η διαδικασία προσδιορισμού των σεισμικών φορτίων και οι δύο μέθοδοι υπολογισμού της σεισμικής απόκρισης κατά τον Ευρωκώδικα 8, η ιδιομορφική φασματική ανάλυση και η ισοδύναμη στατική φόρτιση. Ορίζεται η διαδικασία προσδιορισμού των συνδυασμών φορτίσεων τόσο στην οριακή κατάσταση αστοχίας όσο και στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Ακολουθώς, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι απαιτούμενες κανονιστικές διατάξεις και οι έλεγχοι κατά τον Ευρωκώδικα 3 που αφορούν τις δύο οριακές καταστάσεις, αστοχίας και λειτουργικότητας. Τέλος, παρατίθενται τα αποτελέσματα της ανάλυσης και των ελέγχων του υφιστάμενου φορέα, σύμφωνα με τις κανονιστικές διατάξεις, όπου γίνεται εμφανής η ανάγκη αναδιάρθρωσης και ενίσχυσης της κατασκευής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιούνται μετατροπές ως προς το στατικό σύστημα του φορέα, είτε αντικαθιστώντας παλιά μέλη με νέα, είτε προσθέτοντας επιπλέον μέλη, όπου κρίνεται απαραίτητο, είτε ενισχύοντας τις παλιές διατομές με ελάσματα και γωνιακές ενισχύσεις, με σκοπό την βελτίωση της συμπεριφοράς του κτιρίου. Μελετάται εκ νέου ο φορέας και κατόπιν μερικών επαναλήψεων, η κατασκευή επαναδιαστασιολογείται ώστε να υπακούει σε όλες τις κανονιστικές διατάξεις του Ευρωκώδικα 3. Παρατίθενται τα τελικά αποτελέσματα της ανάλυσης και επιβεβαιώνεται η επάρκεια των παλαιών και νέων δομικών στοιχείων. Ακολουθώς, διατυπώνονται ορισμένες προτάσεις οι οποίες προάγουν την βιωσιμότητα της κατασκευής.

Τέλος, στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και διατυπώνονται προτάσεις για την περαιτέρω διερεύνηση της μετατροπής του συγκεκριμένου βιομηχανικού κτιρίου και γενικότερα των κατασκευών.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS  
EMK ΔΕ 2017 35

## **Research of modification of an old industrial building with criteria of sustainability**

**Christina Evangeliou**

Supervisor: Professor Charis Gantes

October 2017

### **ABSTRACT**

The present diploma thesis deals with the modification of an old industrial building, whose purpose is its reuse, considering some sustainability criteria. Specifically, the behavior of the existing structure is being studied extensively, aiming to identify its structural problems and investigate their solution through a rearrangement of the layout and reinforcement of the construction. Also, the construction of a sustainable structure is emphasized, which will have a positive impact on the environment, the economy and the society.

In the first chapter, the wider meaning of sustainability is explained using historical references and the significance of its application in all the sectors, especially in the construction industry, while the environmental, economic and social values are introduced. The important qualities of steel are analyzed, which characterize the sustainability of steel structures in their life cycle, from their initial design until their demolition. Subsequently, the advantages of recyclability and reusability of steel are described along with some real structures examples, which were recycled and reused.

In the second chapter, several environmental certification systems of buildings are described, according to which, their sustainability is evaluated and verified and their quality assurance is granted. Specifically, their fundamental characteristics are provided, along with the procedures and the evaluation method of each system.

In the third chapter, the building that is going to be modified is revealed, describing its historical development, from its construction to its current state, including the reasons of its reuse. Also, information and designs about its architectural modification and reuse are given. Finally, the geometry and the structural system of the building are described further, while its structural elements are presented.

In the fourth chapter, the properties of the structure's material are presented and there is an extended report concerning the determination of the loads stressing the structure, according to Eurocode 1 regulations. Additionally, the identification procedure of the seismic loads along with the



two methods of calculation of the seismic response according to Eurocode 8, the modal spectrum analysis and the equivalent static force, are described. The identification procedure of load combination is highlighted both at the limit state of failure and the limit state of functionality. All the required regulations and necessary checks, according to Eurocode 3, about both limit states, failure and functionality, are presented. At last, the results of the existing structure's analysis are provided, according to the regulations and it becomes obvious the necessity of the rearrangement and reinforcement of the structure model.

In the fifth chapter, modifications are made on the model of the structure, either by replacing old parts with new ones, or installing additional parts, wherever it is considered necessary, or reinforcing the existing cross-sections with steel plates and haunches, aiming the improvement of the building's behavior. Then, the structure is being studied all over again and after a few repetitions, it is re-dimensioned in order to comply with Eurocode 3 regulations. The final results of the analysis are listed and the adequacy of the old and new structural elements is evaluated. Finally, there are some proposals presented, which further the sustainability of the structure.

In the sixth and final chapter, the general conclusions of the diploma thesis are introduced along with some proposals for the further investigation of the old industrial building's modification and the reuse of structures in general.