

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LIFE CYCLE ASSESSMENT, LCA). ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Γεώργιος Ξανθάκης

Πολιτικός Μηχανικός, Msc, MBA, Υποψήφιος Διδάκτορ
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων
Χίος, Ελλάδα

e-mail: xanthakisg@aegean.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο όρος ‘Αειφόρος Ανάπτυξη’ (sustainability development) πρωτοεμφανίσθηκε στο Παγκόσμιο Συνέδριο Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης το 1987. Ο κατασκευαστικός τομέας μπορεί να διαδραματίσει έναν κυρίαρχο ρόλο ως προς την Αειφόρο Ανάπτυξη, δεδομένο ότι είναι υπεύθυνος για την κατανάλωση του περίπου 40% των υλικών της παγκόσμιας οικονομίας και την δημιουργία των αντίστοιχων αερίων. Η μέθοδος της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την ποσοτικοποίηση της ενέργειας των χρησιμοποιούμενων υλικών καθώς και των ρύπων που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Στο άρθρο αυτό επιχειρείται μια βιβλιογραφική αναφορά σχετικά με την Αειφόρο Ανάπτυξη και την μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής επικεντρώνοντας κυρίως στην εφαρμογή της στον κατασκευαστικό τομέα, ενώ στο δεύτερο τμήμα αυτού εφαρμόζεται η μέθοδος σε μια μεταλλική κατασκευή κάνοντας χρήση του κατάλληλου υπολογιστικού εργαλείου (ATHENA).

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«Αειφόρος Ανάπτυξη (sustainability development) είναι η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να υπονομεύει την δυνατότητα των επόμενων γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες». (Παγκόσμιο Συνέδριο Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης, 1987). Θεωρώντας τις περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες αυτής, είναι προφανές ότι τα κτίρια αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα της Αειφόρου Ανάπτυξης των πόλεων. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment, LCA) ποσοτικοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες σχετίζονται με συγκεκριμένες υπηρεσίες ή προϊόντα, ακολουθώντας μια πορεία από την γέννηση έως το τέλος της ζωής τους (cradle to grave). Η ανάλυση επικεντρώνεται στον υπολογισμό και την ποσοτικοποίηση της ενέργειας των χρησιμοποιούμενων υλικών καθώς και των αποβλήτων που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Στην συνέχεια εκτιμώνται και ομαδοποιούνται οι επιπτώσεις από την χρήση ενέργειας, υλικών και αποβλήτων. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι η μόνη διεθνώς πιστοποιημένη μέθοδος εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, σύμφωνα με τα Διεθνή Πρότυπα 14040-43(1997-2000) και τις αναθεωρήσεις τους 14040-44(2006).

3.ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Η 'Αειφόρος Ανάπτυξη' ως έννοια θα μπορούσαμε να πούμε ότι έχει τις εξής τρεις παραμέτρους – συνιστώσες: περιβαλλοντική - οικονομική - κοινωνική. Αυτές οι παραμέτρους είναι γνωστές ως συνιστώσες - διαστάσεις (pillars - dimensions) της *Αειφόρου Ανάπτυξης*. Μία γνωστή έκφραση - περιγραφή των παραπάνω όρων είναι το μοντέλο 3p (3p model):

Άνθρωποι – People (κοινωνική συνιστώσα)

Πλανήτη – Planet (περιβαλλοντική συνιστώσα)

Κέρδος – Profit (οικονομική συνιστώσα).

4.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Μεταξύ 1998 και 2001, δημοσιεύτηκαν τα πρώτα αξιολογικά άρθρα σχετικά με την εφαρμογή της μεθόδου της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA), στον κατασκευαστικό τομέα. Απο τότε και μετά, οι μελέτες επικεντρώθηκαν κυρίως σε δύο τομείς:

- Εφαρμογή της μεθόδου σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία
- Εφαρμογή της μεθόδου σε όλο το κτίριο, θεωρώντας το ως μια οντότητα.

4.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΕ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.

Ο Asif (2005) [1] μελέτησε οκτώ κύρια δομικά υλικά μίας κατοικίας στην Σκωτία, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι τα υλικά τα οποία περικλείουν την περισσότερη ενέργεια (ενέργεια παραγωγής τους) είναι το σκυρόδεμα (61%) ενώ ακολουθούν τα τούβλα (25%). Οι Erlandsson and Levin (2005) παρουσίασαν μία μελέτη σχετικά με ανακυκλώσιμα υλικά, ενώ οι Nie and Zuo (2003) διερεύνησαν την ανάγκη για την χρησιμοποίηση νέων οικοδομικών υλικών. Ο Koroneos (2006, 2009) και η Moropoulou (2006) έκαναν έρευνες σχετικά με δομικά υλικά τα οποία παράγονται και χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, όπως τούβλα, επιχρίσματα και τσιμέντο.

4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΕ ΟΛΟ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΩΣ ΜΙΑ ΟΝΤΟΤΗΤΑ.

Όταν η μέθοδος της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής εφαρμόζεται σε όλο τον κύκλο ζωής ενός κτιρίου, διαμορφώνονται οι παρακάτω υποκατηγορίες ανάλογα την χρήση του προς εξέταση έργου:

- Κατοικίες
- Εμπορικά Κτίρια και
- Άλλες κατασκευές Πολιτικού Μηχανικού

4.2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ

Μία από τις πρώτες μελέτες σε κατασκευές ήταν αυτή του Adalberth (2001), στόχος της οποίας ήταν να υπολογίσει τον κύκλο ζωής τεσσάρων κατοικιών κατασκευασμένες από διαφορετικά δομικά υλικά. Ο Peurportier (2001) στην Γαλλία συνέκρινε τρεις τύπους κτιρίων με διαφορετικές προδιαγραφές, ο Jian (2003) εφάρμοσε την Ανάλυση Κύκλου Ζωής κατά την διάρκεια ενός έργου σε μία αστική περιοχή στην Ιαπωνία, ο Ortiz (2010) εφάρμοσε την

μέθοδο κατά την κατασκευή μιας πολυκατοικίας στην Βαρκελώνη, με σκοπό την ανάπτυξη κριτηρίων τα οποία θα βοηθήσουν στην λήψη κατάλληλων αποφάσεων κατά την σχεδίαση και την κατασκευή. Ο ίδιος συγγραφέας [2, 3], σύνέκρινε δύο κατοικίες, μία στην Ισπανία και μία στην Κολομβία, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η τελική κατανάλωση ενέργειας διαφέρει από χώρα σε χώρα, ανάλογα με την χρήση της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, την διαθεσιμότητα και τις τιμές των υλικών, το εισόδημα των κατοίκων της χώρας, το βιοτικό επίπεδο, και τα χαρακτηριστικά της κουλτούρας του λαού.

4.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Η πρώτη προσπάθεια εφαρμογής της μεθόδου σε Εμπορικά κτίρια έγινε το 2003. Ο Junnila [4] μελέτησε ένα κτίριο γραφείων έκτασης 24000 m², καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι το ποσό της καταναλούμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυτό που προκαλεί την μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Ο Scheuer (2003) εφάρμοσε την μέθοδο σε ένα πανεπιστημιακό συγκρότημα κτιρίων, με συνολική επιφάνεια 7300 m². Κατά την φάση λειτουργίας η κατανάλωση έφθασε το 97.7% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου. Ένα τυπικό εμπορικό κτίριο μελετήθηκε στην Ταυλάνδη [5], κατά την διάρκεια του όλου κύκλου ζωής του, καταλήγοντας στο ίδιο συμπέρασμα.

Ο Κορωνάιος [6] μελέτησε ένα κτίριο γραφείων στην Αθήνα, κατά την φάση κατασκευής και λειτουργίας. Οι εκπομπές κατά την λειτουργία του κτιρίου έφθασαν το 91,94% του συνολικού περιβαλλοντικού φορτίου. Η Αύξηση της Θερμοκρασίας (GWP) ήταν η κατηγορία περιβαλλοντικού φόρτου με την μεγαλύτερη συμμετοχή (83,53% στην φάση της κατασκευής και 78,35% κατά την χρήση).

4.2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Η μέθοδος έχει εφαρμοσθεί και σε άλλες κατασκευές Πολιτικού Μηχανικού, όπως η κατασκευή αυτοκινητοδρόμων. (Birgisdottir, 2006 και Mroueh, 2001).

4.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΧΑΛΥΒΑ

Η μέθοδος έχει εφαρμοσθεί και για την σύγκριση κτιρίων, των οποίων ο φέροντας οργανισμός αποτελείται από σκυρόδεμα ή δομικό χάλυβα. Σε σύγκριση με την κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα, αυτή από χάλυβα έχει προφανή πλεονεκτήματα όπως την εξοικονόμηση νερού, την παραγωγή λιγότερου θορύβου και σκόνης, την μικρότερη καταστροφή πόρων γης, την παραγωγή μικρότερης ποσότητας στερεών αποβλήτων και το ότι παρέχει την δυνατότητα ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής.

Δύο τυπικά κτίρια γραφείων [7] στην Σαγκάη αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας την ΑΚΖ. Το δύο κτίρια είχαν φέροντα οργανισμό από χάλυβα και σκυρόδεμα αντίστοιχα ενώ το εξωτερικό περίβλημα αποτελούνταν από γυάλινους τοίχους. Ως λειτουργική μονάδα υιοθετείται το 1 m² επιφάνειας κτιρίου και η διάρκεια ζωής των κτηρίων τα 50 χρόνια. Η εφαρμογή της ΑΚΖ περιελάμβανε τρεις φάσεις:

- την φάση κατασκευής (συμπεριλαμβανομένου παραγωγή, μεταφορά υλικών)
- την φάση της χρήσης του κτιρίου (συμπεριλαμβανομένου την συντήρηση) και
- την φάση του τέλους κύκλου ζωής.

Η απαιτούμενη ενέργεια κατά την φάση της κατασκευής για το μεταλλικό κτίριο είναι το 24,9% αυτής του κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, και οι περιβαλλοντικές εκπομπές λιγότερο του 50%. Ως εκ τούτου, για την φάση της κατασκευής η χρήση του χάλυβα ως υλικό του φέροντα οργανισμού είναι φιλικότερη προς το περιβάλλον.

Αντιθέτως κατά την φάση της χρήσης, η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές του κτιρίου απο χάλυβα είναι αρκετά μεγαλύτερες από εκείνες του σκυροδέματος. Ο μέσος συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του χάλυβα είναι υψηλότερος από αυτού του σκυροδέματος και λόγω της υψηλότερης θερμικής αγωγιμότητας του χάλυβα, η ενεργειακή κατανάλωση του κύκλου ζωής και οι περιβαλλοντικές εκπομπές των συστημάτων κλιματισμού είναι υψηλότερες απο αυτές του κτιρίου απο σκυρόδεμα. Τελικά, με βάση το σύνολο του κύκλου ζωής του κτιρίου, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικές εκπομπές επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας ως υλικό του φέροντα οργανισμού το σκυρόδεμα και όχι τον χάλυβα.

Επτά κτίρια [8] με βάση τα σουηδικά πρότυπα, με φέροντα οργανισμό απο σκυρόδεμα και χάλυβα αποτέλεσαν το δείγμα για την εφαρμογή της AKZ. Η ενέργεια κατά την φάση της χρήσης υπερέβαινε κατά πολύ την απαιτούμενη ενέργεια που απαιτήθηκε από τις άλλες φάσεις του κύκλου ζωής. Ωστόσο, μόνο ένα μικρό μέρος του ποσοστού αυτού έχει άμεση σχέση με την επιλογή του υλικού κατασκευής του φέροντα οργανισμού. Ο σκελετός του κτιρίου θα πρέπει κατά προτίμηση να είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε η κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια ζωής να μειώνεται με την αποφυγή της μετάδοσης της θερμότητας μέσω των εξωτερικών τοίχων και επιτρέποντας θερμική αποθήκευση (όταν αυτό είναι δυνατόν).

Δύο κτίρια 4.400m², με πέντε ορόφους [9], σχεδιάστηκαν ώστε να αντιπροσωπεύουν ένα τυπικό δείγμα κτιρίου γραφείων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η μόνη διαφορά μεταξύ των δύο κτιρίων ήταν το υλικό του φέροντα οργανισμού: χάλυβας και σκυρόδεμα αντίστοιχα. Το κόστος της κατασκευής από χάλυβα ήταν κατά 25% μεγαλύτερο από αυτό της κατασκευής από σκυρόδεμα, ενώ το βάρος της ήταν το 65% της αντίστοιχης απο σκυρόδεμα. Σε σχέση με τον συνολικό κύκλο ζωής του κτιρίου, οι επιπτώσεις κατά την φάση της κατασκευής αντιπροσωπεύουν ένα σχετικά μικρό μέρος (4 - 11%) του συνόλου. Η φάση της συντήρησης και η φάση του τέλους του κύκλου ζωής επίσης τείνουν να έχουν μικρές συνεισφορές στο σύνολο. Η φάση χρήσης του κτιρίου έχει το μεγαλύτερο αντίκτυπο στην χρήση ενέργειας, το οποίο μπορεί να ελεγχθεί μέσω ενός σωστού και ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού. Σχεδιάζοντας κτίρια με κατάλληλες ενεργειακές προδιαγραφές, οι περιοχές που απαιτούν να βελτιωθούν από τους σχεδιαστές αφορούν τα υλικά κατασκευής και την επί τόπου χρήση του εξοπλισμού.

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΣΕ ΜΙΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης (Goal and Scope)

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μιας κατασκευής με φέροντα οργανισμό από χάλυβα στην Ελλάδα. Η κατασκευή αποτελείται απο δύο επίπεδα (σχ.1 και 2, με ύψος 3μ. το καθένα, τα οποία καλύπτουν συνολική επιφάνεια περίπου 150 τ.μ., και έχουν χρήση γραφείων. Ο

χρόνος ζωής της κατασκευής είναι τα 50 χρόνια.

Όρια συστήματος (System boundaries)

Το υπο μελέτη σύστημα περιλαμβάνει τις φάσεις κατασκευής και χρήσης.

Λειτουργική Μονάδα (Functional unit)

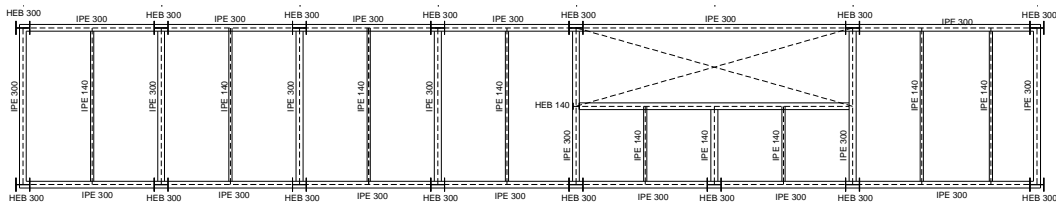
Η λειτουργική μονάδα που επιλέχθηκε είναι ένα τετραγωνικό μέτρο της κατασκευής.

Καταγραφή Δεδομένων (Life Cycle Inventory Analysis)

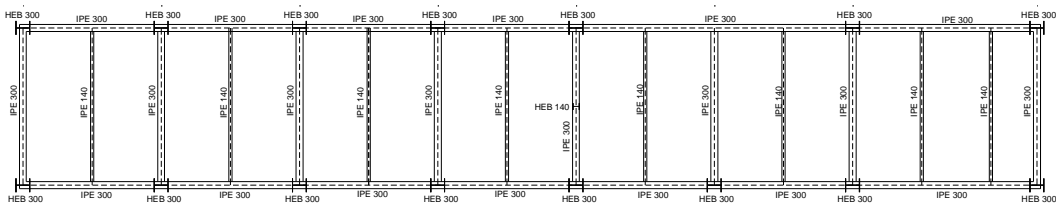
Η καταγραφή δεδομένων (δημιουργία LCI) περιλαμβάνει:

- Συλλογή δεδομένων σχετικά με κάθε διεργασία του συστήματος, η οποία αφορά τις εισροές και εκροές αυτού σε μάζα και ενέργεια,
- όπως και δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές αερίων στο περιβάλλον (αέρας, νερό, γή).

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την συγκεκριμένη μελέτη είναι αυτή του προγράμματος ATHENA. Η κατανάλωση ενέργειας βασίστηκε στην βιβλιογραφία.



Σχ. 1: Κάτοψη οροφής ισογείου



Σχ. 2: Κάτοψη οροφής ορόφου

Ανάλυση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής

Στην φάση αυτή (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) προσδιορίζεται η ταυτότητα και εκτιμάται το μέγεθος και η σπουδαιότητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προσδιορίστηκαν προηγουμένως. Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων περιλαμβάνει τρία στάδια:

- Επιλογή μεθόδου κατηγοριοποίησης (impact categories)
- Ταξινόμηση (classification)
- Χαρακτηρισμός (characterization).

Εκτίμηση βελτιώσεων (Interpretation)

Στο τελευταίο στάδιο της μεθόδου, τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρησιμοποιούνται ως βάση για την λήψη αποφάσεων.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή της Μεθόδου της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) σε μία μεταλλική κατασκευή στην Ελλάδα έδειξε (Πιν. 2) ότι το CO₂ κατέχει την μεγαλύτερη ποσοστιαία εκπομπή ρύπων στο σύνολο (620 Kgr/ m²), ενώ ακολουθούν τα NO_x (3.2 Kgr/ m²) και SO_x (2.7 Kgr/ m²). Συγκρίνοντας την καταναλισκόμενη ενέργεια και τις παραπάνω εκπομπές ρύπων κατά τις φάσεις ζωής του κτιρίου, η φάση της χρήσης του κτιρίου είναι αυτή που κατέχει την πρώτη θέση και μάλιστα με σημαντική διαφορά (Πιν. 3, Σχ. 3). Τα συγκεκριμένα ποσοστά

διαφοροποιούνται μερικώς, αλλά χωρίς να αλλάζει η γενική εικόνα, εάν προστεθεί στην μελέτη του κύκλου ζωής και η φάση της αποσυναρμολόγησης του τέλους ζωής. Ο Πίνακας 4 δίνει την καταναλισκόμενη ενέργεια και τις εκπομπές ρύπων ανα λειτουργική μονάδα (τ.μ.) παρέχοντας ένα μέτρο σύγκρισης του συγκεκριμένου κτιρίου με άλλα ομοειδή κτίρια.

Επιφάνεια κτιρίου (m ²)	Ποσότητα χάλυβα (Kgr)	Ποσότητα τούβλων(m ²)
150	1200	270

Πίν. 1.Επιφάνεια κτιρίου - Ποσότητες Υλικών

Φάση κύκλου ζωής	Φάση κατασκευής	Φάση χρήσης
Κατανάλωση ενέργειας (MJ)	185.250	1.239.750
Εκπομπές CO ₂ (Kgr)	13.950	79.050
Εκπομπές Nox (Kgr)	86	394
Εκπομπές Sox (Kgr)	28	377

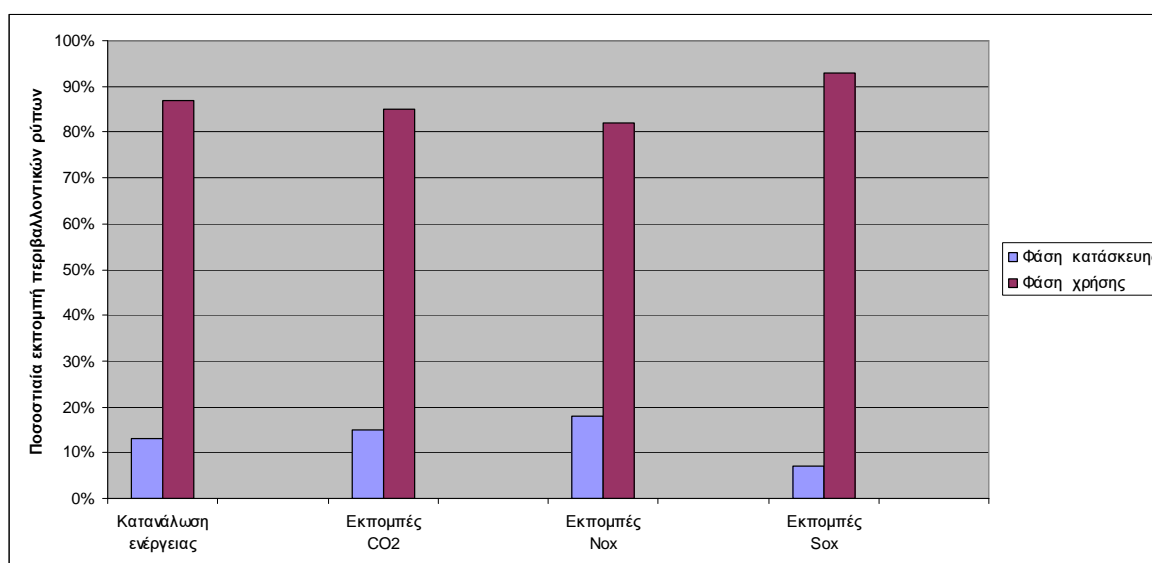
Πίν. 2. Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές ρύπων ανά φάση ζωής

Φάση κύκλου ζωής	Φάση κατασκευής	Φάση χρήσης
Κατανάλωση ενέργειας	13%	87,0%
Εκπομπές CO ₂	15%	85,0%
Εκπομπές Nox	18%	82,0%
Εκπομπές Sox	7%	93,0%

Πίν. 3. Ποσοστιαία Κατανάλωση Ενέργειας και εκπομπές ρύπων ανά φάση ζωής

Κατανάλωση ενέργειας(MJ/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (Kgr/m ²)	Εκπομπές Nox (Kgr/m ²)	Εκπομπές Sox (Kgr/m ²)
9500	620	3,2	2,7

Πίν. 4. Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές ρύπων ανά m² επιφάνειας σε όλο τον κύκλο ζωής



Σχ. 3. Ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές CO₂, NO_x, SO_x ανά φάση ζωής

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση της ανθρωπότητας σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος, συνεχώς αυξάνει το ενδιαφέρον για μεθόδους, οι οποίες έχουν ως σκοπό την καταγραφή και μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment). Η συγκεκριμένη μελέτη παρουσιάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μίας μεταλλικής κατασκευής στην Ελλάδα, κάνοντας χρήση του προγράμματος ATHENA. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η φάση της χρήσεως είναι αυτή με τις περισσότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ ακολουθεί με πολύ μικρότερη συμμετοχή η φάση της κατασκευής.

Ολοκληρωμένη μελέτη AKZ, η οποία περιλαμβάνει όλες τις φάσεις του Κύκλου Ζωής μιας μεταλλικής κατασκευής, είναι η πρόταση του συγγραφέα για περαιτέρω έρευνα, όπως επίσης και η εφαρμογή της μεθόδου σε κτίρια με φέροντα οργανισμό απο σκυρόδεμα, χάλυβα, ξύλο και η σύγκριση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων.

8.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ASIF M, MUNEEER T, and KELLEY R. Life cycle assessment: a case study of a dwelling home in Scotland. *Build Environ*, 2005, 11:023.
- [2] ORTIZ O, CASTELLS F and SONNEMANN G. Sustainability in the construction industry: a review of recent developments based on LCA. *Constr Build Mater*, 2009a, 23:28-39
- [3] ORTIZ O., BONNET C, BRUNO J and CASTELLS F. Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain, *Building and Environment* 44, 2009b, 584-594, ELSEVIER.
- [4] JUNNILA S. Life cycle assessment of environmentally significant aspects of an office building. *Nordic J Surveying Real Estate Res -Special Series*, 2004, 2.
- [5] KOFOWOROLA F.and CHEEWALA S. Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand. *International Journal Life Cycle Assess*, 2008, 13:498-511, ELSEVIER.
- [6] KORONEOS C., DOMPROS A. and LOIZIDOU M. Life Cycle Assessment of an Office Building in Greece. *Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Science and Technology*. Kos Island, Greece, 2007, 5-7.
- [7] SU XING, XU ZHANG and JUN GAO. Inventory analysis on steel and concrete construction office buildings. *Energy and Buildings*, 2007, 40, 1188-1193, ELSEVIER.
- [8] JONSSON A. and BJORKLUND T. LCA of Concrete and Steel Buildings Frames. *Int. J. LCA* 3(4) 216-224, 1998, ELSEVIER.
- [9] GUGGEMOS A. and HORVARD A. Comparison of Environmental Effects of Steel and Concrete Framed Buildings. *Journal of Infrastructure Systems*. 2007, DOI: 10.1061/(ASCE) 1076- 0342 (2005) 11:2 (93), ELSEVIER.

**LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA).
THE CASE OF A STEEL STRUCTURE IN GREECE.**

George Xanthakis

Civil Engineer, Msc, MBA, Candidate Phd of Aegean University
Department of Business Administration,
Chios, Greece
e-mail: xanthakisg@aegean.gr

ABSTRACT

Buildings have great impacts on the environment. Since early 1990s, the study of building sustainability has attracted the interest of all world. A number of environmental impact assessment models were presented. LCA is a well-known tool to assess the environmental impacts of a product (according to ISO 14000 series).

The paper presents the results of a life cycle assessment (LCA) application to a steel structure in Greece. In the first part a literature review of the term Sustainability and LCA analysis is presented, making a focus especially in buildings and steel structures. An approach to the methodology of LCA analysis in buildings (according to ISO 14000 series) and an environmental performance of a steel structure (using an LCA software), the results and the conclusions are the second part of the paper.