



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ – ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ**

Τομέας Εμβάθυνσης

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Φυτράκη Ευαγγελία

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγητής Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος (Επιβλέπων)

Καθηγητής Σταυρακάκης Γεώργιος

Αναπλ. Καθηγήτρια Κολοκοτσά Διονυσία

Χανιά, Οκτώβριος 2019

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέπων Καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για την συνεχή στήριξή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της Μεταπτυχιακής αυτής Διατριβής και των Σπουδών μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Η βοήθεια του ήταν κάθε στιγμή ανεκτίμητη. Σε κάθε δυσκολία είχε τον τρόπο να με κατευθύνει, ώστε να βρω τη λύση και να μπορέσω να συνεχίσω.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Σταυρακάκη για τις πολύ σημαντικές παρατηρήσεις του στην Μεταπτυχιακή αυτή Διατριβή. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για να εργαστώ ως Διδάσκουσα Συνεργάτιδα στα εργαστήρια των μαθημάτων Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας και Ανάλυση Εγκαταστάσεων και Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Συνεχίζοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Διονυσία Κολοκοτσά για την πολύτιμη βοήθειά της και την καθοδήγησή της για την ολοκλήρωση αυτής της Μεταπτυχιακής Διατριβής. Οι συμβουλές της ήταν πάντα γνώμονας για να προχωρήσω την εν λόγω Διατριβή.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Διδάκτωρ Ελευθερία Σεργάκη για την συνεργασία μας στη διδασκαλία των εργαστηρίων των μαθημάτων Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας και Ανάλυση Εγκαταστάσεων και Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η καθοδήγηση και η βοήθεια της ήταν πολύτιμη όλα τα χρόνια των Σπουδών και Εργασίας μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Φυσικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Γιώργο και Κατερίνα, για την στήριξη τους όλα τα χρόνια των σπουδών μου αλλά και κάθε επιλογής μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω και την αδερφή μου, Σωτηρία, που αν και είναι μακριά, είναι πάντα δίπλα μου προσφέροντας μου τις πολύτιμες συμβουλές και την στήριξή της, δίνοντας μου πάντα κουράγιο να συνεχίζω.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Θεοδοσία, την Κατερίνα και ιδιαίτερα τον Αντώνη, για όλη την υπομονή και συμπαράσταση τους σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Περίληψη

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή αντικείμενο μελέτης αποτελεί η εξαγωγή αποτελεσμάτων που αντικατοπτρίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρει ένα κτίριο καθ' όλη την διάρκεια ζωής του. Γίνεται επίσης αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτών και συγκεκριμένα στον εντοπισμό τμημάτων του κτιρίου που πιθανολογείται ότι συμμετέχουν σε μεγάλο ποσοστό στην δημιουργία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτών. Στόχος είναι η αντικατάσταση υλικών των τμημάτων που συνεισφέρουν περισσότερο στη δημιουργία επιπτώσεων, με σκοπό, την εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού υλικών της κτιριακής κατασκευής προκειμένου να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου.

Ως αντικείμενο μελέτης επιλέχθηκε το Κτίριο K2 του Πολυτεχνείου Κρήτης στον νομό Χανίων της Ελλάδας. Το λογισμικό Ανάλυσης Κύκλου Ζωής που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων είναι το Athena Impact Estimator for Buildings[®]. Σε αυτό το λογισμικό, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αναλύει τις επιπτώσεις της κατασκευής στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις προκύπτουν αθροιστικά, από όλα τα στάδια ζωής του κτιρίου, δηλαδή από το στάδιο παραγωγής που περιλαμβάνει την εξαγωγή της πρώτης ύλης από το περιβάλλον, την μεταφορά των πρώτων υλών, την διαδικασία οικοδόμησης του κτιρίου, την διαδικασία εγκατάστασης, τη συντήρηση, τις επισκευές, την αντικατάσταση κάποιων υλικών, την ανακαίνιση, τη λειτουργική ενεργειακή χρήση, τη λειτουργική χρήση νερού έως το στάδιο λήξης ζωής του κτιρίου που περιλαμβάνει την αποκατάσταση κατεδάφισης, τη μεταφορά, την επεξεργασία αποβλήτων και την απόρριψη.

Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η συνεισφορά του κάθε τμήματος στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, με γνώμονα τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα του πλανήτη. Τα κύρια περιβαλλοντικά φαινόμενα είναι το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, το δυναμικό οξίνισης, η ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια, το δυναμικό καταστροφής του όζοντος και το δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού. Με τη μελέτη της συνεισφοράς του κάθε τμήματος ξεχωριστά στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κτιρίου έγινε αντιληπτό ποια επιμέρους στοιχεία του κτιρίου είναι λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον και έτσι έγιναν αλλαγές των υλικών κατασκευής με διάφορους συνδυασμούς, μέχρι να βρεθεί η βέλτιστη δυνατή λύση.

Λέξεις Κλειδιά

Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ), Δείκτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη, Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων, Δυναμικό Οξίνισης, Αιωρούμενα Σωματίδια, Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος, Αιθαλομίχλη, Δυναμικό Πρόκλησης του Ευτροφισμού, Λειτουργική Ενεργειακή Κατανάλωση

Abstract

This master thesis studies the environmental impact of a building throughout its lifetime. The thesis gathers results as well as analyzes them aiming at identifying the parts of the building which are more likely to have resulted in the environmental impact. The goal is the replacement of the materials that contribute the most to the impact so as to find the optimal combination that reduces the impact for the building under study.

The building under study is the "Building K2" at the Technical University of Crete, in Chania, Greece. The software for the Life Cycle Analysis that has been used to obtain the results is the Athena Impact Estimator for Buildings[®]. This software allows the user to analyze the impact of a building to the environment. The impact is cumulative over the different stages of the life cycle of the building, starting from the stage of production which includes the extraction of the raw materials from the environment, their transfer, the building process itself, the maintenance, the repairs, the replacement of materials, the renovation, the energy dissipation, the water consumption of the building, all the way to the final stage in the life cycle of a building which includes the demolition, the transfer and the processing of the waste and their disposal.

In specific, the thesis shows the contribution of different parts of the building to the environmental impact taking into account the major environmental problem of the planet. The main environmental phenomena are the global warming, fossil fuel consumption, acidification potential, particulate pollution, ozone depletion potential and eutrophication potential. By studying their individual contribution to the environmental fingerprint of the building the thesis identifies the parts of the building that are less friendly to the environment and then evaluates different combinations of alternative materials - that can replace the original ones - aiming to an optimal possible solution.

Keywords

Life Cycle Analysis (LCA), Environmental Impact Indicators, Global Warming Potential, Fossil Fuel Consumption, Acidification Potential, Particulate, Ozone Depletion Potential, Smog Potential, Eutrophication Potential, Energy Consumption

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	24
2	Βασικές γνώσεις.....	26
2.1	Ελληνική νομοθεσία	26
2.2	Βασικές Αρχές για Διδακτήρια όλων των Βαθμίδων Εκπαίδευσης	26
2.3	Ασφάλεια Κτιρίου.....	27
2.4	Ανοίγματα θυρών – Σχεδιασμός	27
2.5	Υαλοπίνακες	28
2.6	Προδιαγραφές Ειδικών Εξυπηρετήσεων	28
2.7	Προδιαγραφές για την πρόληψη ατυχημάτων γενικά.....	29
2.7.1	Εξωτερικοί Χώροι	29
2.7.2	Εσωτερικοί Χώροι.....	30
2.7.3	Ειδικοί Χώροι.....	31
3	Δομικά υλικά στα κτίρια	32
3.1	Τσιμέντο.....	32
3.1.1	Ορισμός	32
3.1.2	Πρότυπα - Κανονισμοί	32
3.1.3	Τύποι – Κατηγορίες.....	32
3.2	Σκυρόδεμα	33
3.3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα.....	35
3.4	Χάλυβας.....	36
3.5	Τεχνητοί δομικοί λίθοι.....	38
3.5.1	Διεργασία παραγωγής τεχνητών δομικών λίθων.....	39
3.5.2	Φυσικές ιδιότητες	39

3.5.3	Μηχανικές Ιδιότητες.....	40
3.5.4	Οπτόπλινθοι ή Τούβλα	40
3.5.5	Κεραμικά Πλακίδια	42
3.5.6	Κατανάλωση ενέργειας	43
3.6	Ξύλο	44
3.6.1	Ταξινόμηση δέντρων	46
3.6.2	Διαβάθμιση ξυλείας.....	46
3.6.3	Ιδιότητες ξύλου.....	47
3.6.4	Βιομηχανικά δομικά προϊόντα ξύλου.....	49
3.7	Αλουμίνιο.....	50
3.8	Γυαλί (ύαλος).....	51
3.9	Χρώματα	53
3.9.1	Σύσταση χρωμάτων	53
3.9.2	Κατηγορίες χρωμάτων.....	55
3.10	Μονώσεις (μονωτικά υλικά).....	56
4	Μέθοδος Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	58
4.1	Ορισμός Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.....	58
4.2	Στάδια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	59
4.2.1	Σκοπός και Στόχος (Goal and Scope).....	59
4.2.2	Απογραφή του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Inventory – LCI)	59
4.2.3	Ανάλυση Αντίκτυπου του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Impact Assessment - LCIA) 60	
4.2.4	Αποτίμηση – Ερμηνεία (Interpretation)	60
4.3	Εργαλεία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	60
5	Athena Impact Estimator for Buildings®	62
5.1	Περιγραφή του λογισμικού Athena Impact Estimator for Buildings®	62
5.2	Τρόπος χρήσης του λογισμικού	62

5.3	Παραδοχές	62
5.4	Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα	63
6	Κτίριο K2 Πολυτεχνείου Κρήτης.....	66
6.1	Φυσική Εγκατάσταση	66
6.2	Προσομοίωση σε σχεδιαστικό πρόγραμμα.....	68
6.3	Υλικά κατασκευής κτιρίου	72
6.3.1	Εξωτερικές τοιχοποιίες.....	72
6.3.2	Εξωτερικά παράθυρα και πόρτες.....	72
6.3.3	Δάπεδα και Οροφές	73
6.4	Ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου.....	73
7	Στάδια Κύκλου Ζωής Υλικών Κτιρίου	76
7.1	Στάδια Κύκλου Ζωής Οπλισμένου Σκυροδέματος.....	76
7.1.1	Τσιμέντο	76
7.1.2	Αδρανή (χονδρόκοκκα, λεπτόκοκκα).....	78
7.1.3	Χάλυβας.....	78
7.1.4	Οπλισμένο σκυρόδεμα	79
7.2	Στάδια Κύκλου Ζωής Τεχνητών Λίθων (Τούβλα).....	79
7.3	Στάδια Κύκλου Ζωής Τεχνητών Λίθων (Κεραμικά Πλακίδια)	80
7.4	Στάδια Κύκλου Ζωής Αλουμινίου – Γυαλιού (Κουφώματα)	80
7.5	Στάδια Κύκλου Ζωής Χρωμάτων (βαφής)	81
7.6	Στάδια Κύκλου Ζωής Μόνωσης (Θερμομόνωσης)	82
8	Το Κτίριο μέσα από το λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings®	84
8.1	Ταυτότητα Κτιρίου	84
8.2	Ενεργειακές Απαιτήσεις	85
8.3	Διαστάσεις και υλικά κατασκευής.....	86
8.3.1	Κολόνες και δοκοί	86

8.3.2	Δάπεδα.....	90
8.3.3	Οροφές.....	93
8.3.4	Θεμέλια.....	96
8.3.5	Τοίχοι.....	98
8.4	Υλικά κατασκευής Κτιρίου	104
9	Αποτελέσματα.....	106
9.1	Δείκτες Περιβαλλοντικών Διαστάσεων.....	106
9.1.1	Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια - Total Primary Energy	106
9.1.2	Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια - Non-Renewable Primary Energy.....	108
9.1.3	Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων - Fossil Fuel Consumption	109
9.1.4	Δυναμικό Οξίνισης - Acidification Potential	110
9.1.5	Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη - Global Warming Potential.....	111
9.1.6	Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος - Ozone Depletion Potential	113
9.1.7	Δυναμικό Ευτροφισμού - Eutrophication Potential	114
9.2	Δείκτες Κοινωνικών Διαστάσεων.....	115
9.2.1	Αιωρούμενα Σωματίδια - HH Particulate.....	115
9.2.2	Δυναμικό Αιθαλομίχλης - Smog Potential	116
9.3	Συνολικά αποτελέσματα	117
10	Εναλλακτικά Σενάρια	120
10.1	Βασικό Σενάριο - Σενάριο 1	120
10.2	Βασικό Σενάριο – Σενάριο 2	124
10.3	Βασικό Σενάριο – Σενάριο 3	129
10.4	Βασικό Σενάριο – Σενάριο 1 – Σενάριο 2 – Σενάριο 3.....	134
10.5	Σύγκριση Σεναρίων.....	139
11	Συμπεράσματα.....	142
12	Μελλοντικές Ιδέες/Προτάσεις.....	144

13	Βιβλιογραφία	146
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	150

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Κύκλος Ζωής των υλικών ενός κτιρίου [1].....	25
Εικόνα 3.1 Διαδικασία παραγωγής τσιμέντου [7].....	33
Εικόνα 3.2 Κύκλος Ζωής Σκυροδέματος - Τσιμέντου [8].	34
Εικόνα 3.3 Μορφή σκυροδέματος [9].....	35
Εικόνα 3.4 Μορφή οπλισμένου σκυροδέματος [9].	36
Εικόνα 3.5 Κύκλος Ζωής Χάλυβα [10].....	37
Εικόνα 3.6 Χάλυβας οπλισμού [11].	38
Εικόνα 3.7 Κύκλος Ζωής τεχνητών δομικών λίθων (τούβλα) [12].....	39
Εικόνα 3.8 Διάτρητα τούβλα με οριζόντιες οπές [13].....	41
Εικόνα 3.9 Διάτρητα τούβλα με κατακόρυφες οπές ή ορθότρυπα [13].	41
Εικόνα 3.10 Μπλόκια [13].	42
Εικόνα 3.11 Κύκλος Ζωής μίας ξύλινης παλέτας [14].....	46
Εικόνα 3.12 Σφραγίδα πιστοποίησης αντοχής και ποιότητας, στο σόκορο ξύλινου μέλους [15].	47
Εικόνα 3.13 Κύκλος Ζωής Αλουμινίου [16].	51
Εικόνα 3.14 Κύκλος Ζωής Γυαλιού [17].....	52
Εικόνα 3.15 Κύκλος Ζωής Χρωμάτων [18].	56
Εικόνα 4.1 Στάδια μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.	60
Εικόνα 5.1 Athena Impact Estimator for Buildings [©]	62
Εικόνα 5.2 Τοποθεσία Halifax [27].....	63
Εικόνα 6.1 Κτίριο K2 Πολυτεχνείου Κρήτης [28].....	66
Εικόνα 6.2 Κτίριο K2 Πολυτεχνείου Κρήτης [27].....	66
Εικόνα 6.3 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD [©] (1/5).	69
Εικόνα 6.4 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD [©] (2/5).	69

Εικόνα 6.5 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD® (3/5).	70
Εικόνα 6.6 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD® (4/5).	70
Εικόνα 6.7 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD® (5/5).	71
Εικόνα 6.8 Ενεργειακές ανάγκες κτιρίου σε kWh για κάθε μήνα του έτους [30].....	75
Εικόνα 8.1 Athena Impact Estimator for Buildings® - Add Project.....	85
Εικόνα 8.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.	86
Εικόνα 8.3 Κολόνες και Δοκοί – part 1.....	88
Εικόνα 8.4 Κολόνες και Δοκοί – part 2.....	88
Εικόνα 8.5 Κολόνες και Δοκοί – part 3.....	89
Εικόνα 8.6 Κολόνες και Δοκοί – part 4.....	89
Εικόνα 8.7 Κολόνες και Δοκοί – part 5.....	90
Εικόνα 8.8 Ορισμός δαπέδου – part 1.	90
Εικόνα 8.9 Ορισμός δαπέδου – part 2.	91
Εικόνα 8.10 Ορισμός δαπέδου – part 3.	91
Εικόνα 8.11 Ορισμός δαπέδου – part 4.	92
Εικόνα 8.12 Ορισμός δαπέδου – part 5.	92
Εικόνα 8.13 Υλικά κατασκευής μαρμαρίνου δαπέδου.	92
Εικόνα 8.14 Βρόγχος «Floor Extra Materials» για τα υλικά των δαπέδων.....	93
Εικόνα 8.15 Ορισμός οροφής – part 1.....	93
Εικόνα 8.16 Ορισμός οροφής – part 2.....	94
Εικόνα 8.17 Ορισμός οροφής – part 3.....	94
Εικόνα 8.18 Ορισμός οροφής – part 4.....	95
Εικόνα 8.19 Ορισμός οροφής – part 5.....	95
Εικόνα 8.20 Πλάκες ψευδοροφών με επένδυση βινυλίου και φύλλο αλουμινίου στην πίσω πλευρά.	96

Εικόνα 8.21 Υλικά κατασκευής οροφής.	96
Εικόνα 8.22 Ορισμός θεμελίων – Part 1.....	97
Εικόνα 8.23 Ορισμός θεμελίων – Part 3.....	97
Εικόνα 8.24 Υλικά κατασκευής θεμελίων.	98
Εικόνα 8.25 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 1.....	99
Εικόνα 8.26 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 2.....	99
Εικόνα 8.27 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 3.....	100
Εικόνα 8.28 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 4.....	100
Εικόνα 8.29 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 5.....	101
Εικόνα 8.30 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 1.....	101
Εικόνα 8.31 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 2.....	102
Εικόνα 8.32 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 3.....	102
Εικόνα 8.33 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 4.....	103
Εικόνα 8.34 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 5.....	103
Εικόνα 8.35 «Envelope» εισαγωγή υλικών κατασκευής τοίχων – part 1,2,3,4,5.	104
Εικόνα 9.1 Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια Operational vs Embodied.	107
Εικόνα 9.2 Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια Operational vs Embodied.	109
Εικόνα 9.3 Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων Operational vs Embodied.....	110
Εικόνα 9.4 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη Operational vs Embodied.	112

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.1 Εργαλεία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής [25].....	61
Πίνακας 6.1 Χαρακτηριστικά δομικών υλικών.....	72
Πίνακας 6.2 Ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου σε kWh (συμπεριλαμβανομένου φωτισμού και εξοπλισμού).	74
Πίνακας 8.1 Στοιχεία εισόδου του Project	84
Πίνακας 8.2 Ενεργειακά Φορτία (συμπεριλαμβάνεται φωτισμός και εξοπλισμός).	86
Πίνακας 8.3 Στοιχεία εισόδου στο λογισμικό – Κύρια χαρακτηριστικά κτιρίου.....	87
Πίνακας 8.4 Υλικά κατασκευής κτιρίου.	105
Πίνακας 9.1 Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια (σε MJ).	107
Πίνακας 9.2 Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια (σε MJ).	108
Πίνακας 9.3 Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων (σε MJ).	110
Πίνακας 9.4 Δυναμικό Οξίνισης (μάζα ισοδύναμου SO ₂).	111
Πίνακας 9.5 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη – Διάγραμμα Επιπτώσεων (μάζα ισοδύναμου CO ₂).	112
Πίνακας 9.6 Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος (μάζα ισοδύναμου CFC-11).	113
Πίνακας 9.7 Δυναμικό Ευτροφισμού (μάζα ισοδύναμου N).	114
Πίνακας 9.8 Αιωρούμενα Σωματίδια (μάζα ισοδύναμου PM _{2.5}).	115
Πίνακας 9.9 Δυναμικό Αιθαλομίχλης (μάζα ισοδύναμου O ₃).	117
Πίνακας 9.10 Συνολικά αποτελέσματα προσομοίωσης Βασικού Σεναρίου.	118
Πίνακας 10.1 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με την Συνολική Πρωτογενή Ενέργεια.	134
Πίνακας 10.2 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με τη Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια.	135
Πίνακας 10.3 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με την Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων.	135
Πίνακας 10.4 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Οξίνισης.	136
Πίνακας 10.5 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη.	137
Πίνακας 10.6 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος.	137
Πίνακας 10.7 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Ευτροφισμού.	138

Πίνακας 10.8 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με τα Αιωρούμενα Σωματίδια.....	139
Πίνακας 10.9 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Αιθαλομίχλης.....	139
Πίνακας 10.10 Ποσοστιαία μείωση Δεικτών Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής Βασικού Σεναρίου – Σεναρίου 3.	141

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 9.1 Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια - Διάγραμμα επιπτώσεων.....	107
Διάγραμμα 9.2 Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια - Διάγραμμα επιπτώσεων.....	108
Διάγραμμα 9.3 Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων – Διάγραμμα Επιπτώσεων.....	109
Διάγραμμα 9.4 Δυναμικό Οξίνισης – Διάγραμμα Επιπτώσεων.....	111
Διάγραμμα 9.5 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη – Διάγραμμα Επιπτώσεων.....	112
Διάγραμμα 9.6 Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος – Διάγραμμα Επιπτώσεων.....	113
Διάγραμμα 9.7 Δυναμικό Ευτροφισμού – Διάγραμμα Επιπτώσεων.....	114
Διάγραμμα 9.8 Αιωρούμενα Σωματίδια – Διάγραμμα Επιπτώσεων.....	115
Διάγραμμα 9.9 Δυναμικό Αιθαλομίχλης – Διάγραμμα Επιπτώσεων.....	116
Διάγραμμα 10.1 Σύγκριση της Κατανάλωσης Ορυκτών Καυσίμων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	121
Διάγραμμα 10.2 Σύγκριση του Δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	121
Διάγραμμα 10.3 Σύγκριση του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	122
Διάγραμμα 10.4 Σύγκριση του Δυναμικού Καταστροφής του Όζοντος κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	122
Διάγραμμα 10.5 Σύγκριση του Δυναμικού Ευτροφισμού κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	123
Διάγραμμα 10.6 Σύγκριση των Αιωρούμενων Σωματιδίων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	123
Διάγραμμα 10.7 Σύγκριση του Δυναμικού Αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	124
Διάγραμμα 10.8 Σύγκριση της Κατανάλωσης Ορυκτών Καυσίμων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	125
Διάγραμμα 10.9 Σύγκριση του Δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	126
Διάγραμμα 10.10 Σύγκριση του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.....	126

Διάγραμμα 10.11 Σύγκριση του Δυναμικού Καταστροφής του Όζοντος κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	127
Διάγραμμα 10.12 Σύγκριση του Δυναμικού Ευτροφισμού κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	127
Διάγραμμα 10.13 Σύγκριση των Αιωρούμενων Σωματιδίων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	128
Διάγραμμα 10.14 Σύγκριση του Δυναμικού Αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	128
Διάγραμμα 10.15 Σύγκριση της Κατανάλωσης Ορυκτών Καυσίμων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	130
Διάγραμμα 10.16 Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	130
Διάγραμμα 10.17 Σύγκριση του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	131
Διάγραμμα 10.18 Σύγκριση του Δυναμικού Καταστροφής του Όζοντος κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	131
Διάγραμμα 10.19 Σύγκριση του Δυναμικού Ευτροφισμού κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	132
Διάγραμμα 10.20 Σύγκριση Αιωρούμενων Σωματιδίων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	132
Διάγραμμα 10.21 Σύγκριση του Δυναμικού Αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.	133
Διάγραμμα 10.22 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με την Συνολική Πρωτογενή Ενέργεια.	134
Διάγραμμα 10.23 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με τη Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια.	134
Διάγραμμα 10.24 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με την Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων. .	135
Διάγραμμα 10.25 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Οξίνισης.	136
Διάγραμμα 10.26 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη.	136
Διάγραμμα 10.27 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος.	137
Διάγραμμα 10.28 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Ευτροφισμού.	138
Διάγραμμα 10.29 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με τα Αιωρούμενα Σωματίδια.	138

Διάγραμμα 10.30 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Αιθαλομίχλης.	139
---	-----

1 Εισαγωγή

Από τα αρχαία χρόνια, η ανάγκη των ανθρώπων για επιβίωση τους οδήγησε στην κατασκευή οικισμών διαφόρων μορφών και χαρακτηριστικών και αυτή η ανάγκη έχει παραμείνει αναλλοίωτη με τον χρόνο. Η σημερινή διατύπωση του όρου "οικισμοί", είναι ευρέως διαδεδομένη με τον όρο "κτίρια". Ως κτίριο ορίζεται η κατασκευή που αποτελείται από κλειστούς και ανοικτούς χώρους και εγκαταστάσεις και προορίζεται για προσωρινή ή μόνιμη παραμονή του χρήστη. Ως εγκατάσταση ορίζεται η κατασκευή ή υποδομή που προορίζεται ή απαιτείται για τη λειτουργία, εξυπηρέτηση και ασφάλεια των κτιρίων, όπως οι ανελκυστήρες, τα στοιχεία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, κλιματισμού, δροσισμού, διανομής και εκροής ύδατος, θέρμανσης, φωταερίου, τα θερμικά ηλιακά συστήματα, τα στοιχεία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι καπναγωγοί, οι επιγραφές, οι κεραιές.

Στην παρούσα εργασία μελετάται το κτίριο της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος (ΜηΠερ - Κ2) του Πολυτεχνείου Κρήτης και συγκεκριμένα τα κύρια δομικά υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένο. Ένα τέτοιο κτίριο φιλοξενεί καθηγητές και φοιτητές και πρέπει να είναι λειτουργικό. Εκτός από τις βασικές ανάγκες αυτών πρέπει επίσης να πληροί τις απαιτήσεις της αισθητικής και να εντάσσεται ομαλά στο φυσικό και πολυτεχνικό περιβάλλον, ώστε στα πλαίσια της ανάπτυξης της πολυτεχνικής κοινότητας, αλλά και της προστασίας του περιβάλλοντος να εξασφαλίζονται οι καλύτεροι δυνατοί όροι παραμονής σε αυτό.

Ο έλεγχος της τήρησης των προϋποθέσεων αυτών ασκείται από την αρμόδια Υπηρεσία Δόμησης με βάση τον φάκελο της μελέτης για την οικοδομική άδεια, που πλέον κατατίθεται ηλεκτρονικά και συνοδεύεται από αιτιολογημένη έκθεση του αρμόδιου μηχανικού.

Κάθε κτίριο σε όλα τα στάδια της ζωής του, από την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση μέχρι και την κατεδάφιση του, έχει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και παίζει καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα ζωής και την υγεία, όχι μόνο των ανθρώπων που περνούν αρκετό χρόνο σε αυτό, αλλά και των περιοίκων. Ο σχεδιασμός κάθε κτιρίου επηρεάζει το ενεργειακό ισοζύγιο, μέσω της επίδρασης του με το εξωτερικό περιβάλλον. Τα δομικά υλικά, όπως και κάθε άλλο υλικό, έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία προσδιορίζουν τη φύση τους και τις ικανότητες τους. Τα χαρακτηριστικά και οι ικανότητες αυτές καλούνται ιδιότητες και τέτοιες είναι το βάρος, το χρώμα, η αντοχή, η θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Για την επιλογή των κατάλληλων υλικών ο κατασκευαστής πρέπει, εκτός από τις ιδιότητες των διαθέσιμων υλικών να γνωρίζει τους εξωτερικούς παράγοντες που θα επηρεάσουν το κάθε έργο, καθώς και τις ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα υλικά αυτά, έτσι ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις στις απαιτήσεις του έργου.

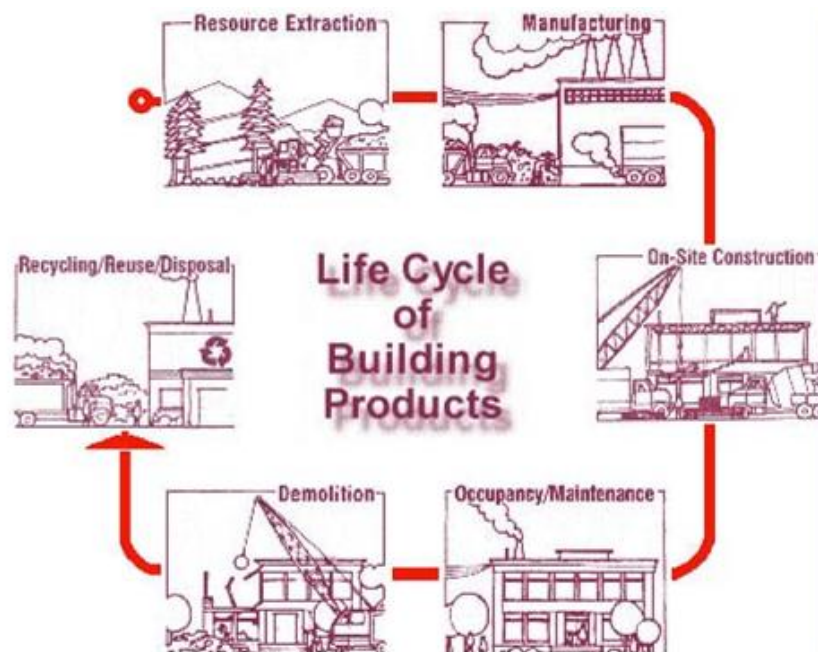
Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή ενός κτιρίου επηρεάζουν τη δομή, τη μορφή, την αισθητική, το κόστος, τη μέθοδο κατασκευής και το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την επιλογή των δομικών υλικών, αφορούν το πόσο κατάλληλα είναι για τον σκοπό που επιλέχθηκαν, το κόστος, τη μηχανική αντοχή, τη σταθερότητα, την ασφάλεια, το αντίκτυπό τους στο περιβάλλον, τον κύκλο ζωής τους, την υγεία, αλλά και την αισθητική.

Ο αντίκτυπος στο φυσικό περιβάλλον συμπεριλαμβάνει την περιβαλλοντική υποβάθμιση, λόγω της εξαγωγής πρώτων υλών, της διαδικασίας κατασκευής, της μεταφοράς, της συντήρησης και εν τέλει της τελικής απόρριψης σαν απόβλητα και τις αντίστοιχες ενεργειακές δαπάνες.

Δυστυχώς όμως σήμερα, τα κτίρια για τους ανθρώπους, εκτός από έκφραση πρωταρχικών αναγκών στέγασης, ασφάλειας, υγείας, έχουν μετατραπεί σε καταναλωτικό προϊόν, διότι πολλοί χρήστες αυτών ενδιαφέρονται πλέον αποκλειστικά και μόνο για την αισθητική των

κτιρίων σε συνδυασμό με το μειωμένο κόστος. Αυτό οδηγεί στην κατασκευή κτιρίων συχνά ακατάλληλων. Επιπλέον, υπάρχει μια σχετική αδιαφορία για το πώς εντάσσεται και εναρμονίζεται ένα κτίριο με τον περιβάλλοντα χώρο και κατά πόσο αυτός επηρεάζεται. Αυτή η τάση που υπάρχει οδηγεί πλέον στην μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης των φυσικών πόρων και της ενέργειας.

Ο κλάδος των κατασκευών απαιτεί μεγάλες ποσότητες φυσικών πόρων (αδρανή υλικά, ορυκτά, ξύλο και νερό) αλλά και ενέργειας. Το ξύλο, το τσιμέντο, ο χάλυβας, το αλουμίνιο, τα κεραμικά, τα συνθετικά υλικά, τα χρώματα, τα βερνίκια και τα άλλα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, χρειάζονται μεγάλες ποσότητες πρώτων υλών και ενέργειας για την παραγωγή, την μεταφορά και την ενσωμάτωση τους σε ένα κτίριο. Τέλος, πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται περιέχουν τοξικές ουσίες που ρυπαίνουν τον αέρα και το νερό, προκαλώντας βλάβες στην υγεία των ανθρώπων και στο φυσικό οικοσύστημα.



Εικόνα 1.1 Κύκλος Ζωής των υλικών ενός κτιρίου [1].

2 Βασικές γνώσεις

2.1 Ελληνική νομοθεσία

Στα πλαίσια της ποιοτικής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων, η Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων έχει δημιουργήσει ένα περίγραμμα τεχνικών και κτιριολογικών απαιτήσεων [2].

Το περίγραμμα αυτό περιλαμβάνει:

- Ανασύνταξη κτιριολογικών προγραμμάτων όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης.
- Ανασύνταξη προδιαγραφών για Νηπιαγωγεία, Δημοτικά, Γυμνάσια και Λύκεια.
- Σύνταξη προδιαγραφών για Ειδικά Σχολεία.
- Σύνταξη προδιαγραφών για τα εργαστήρια των Ε.Π.Α.Λ. – Ε.Π.Α.Σ.
- Σύνταξη προδιαγραφών για κλειστά Γυμναστήρια – Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων.
- Δημιουργία Κανονισμού Μελετών.

Για την υλοποίηση του παραπάνω πλαισίου συγκεντρώθηκαν στοιχεία και προδιαγραφές από ομάδες εργασίας του ΥΠ.Ε.Π.Θ. και την Ο.Σ.Κ. Α.Ε., από το Υπουργείο Υγείας, το Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε., την Ένωση Αναπήρων Ελλάδος, τη Γενική Γραμματεία Αθλητισμού, την Παγκόσμια Ένωση Αναπήρων, το Βρετανικό Υπουργείο Εκπαίδευσης και το Τμήμα Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού για παιδιά ειδικών εξυπηρετήσεων του Αμερικανικού Υπουργείου Εκπαίδευσης [2].

Στόχος του τεύχους αυτού είναι οι μελετητές να έχουν όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές και πληροφορίες που απαιτούνται, προκειμένου να προχωρήσουν στην εκπόνηση των μελετών σχολικών κτιρίων με υποδομές και εγκαταστάσεις που ανταποκρίνονται λειτουργικά και αισθητικά στις απαιτήσεις της εποχής μας.

2.2 Βασικές Αρχές για Διδακτήρια όλων των Βαθμίδων Εκπαίδευσης

1. Η χωροθέτηση
2. του κτιρίου μέσα στο οικόπεδο αποτελεί την αρχή του σχεδιασμού κάθε μελέτης. Για το λόγο αυτό θα πρέπει:
 - Να εξασφαλίζεται αύλειος χώρος προστατευμένος από τον βορρά.
 - Να εξασφαλίζεται καλός φωτισμός των αιθουσών. Ο ανατολικός και ο δυτικός προσανατολισμός θα πρέπει να αποφεύγεται.
3. Κατά τον σχεδιασμό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το απαιτούμενο κτιριολογικό πρόγραμμα για κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης. Τα κτιριολογικά προγράμματα μπορούν να αναπτυχθούν:
 - Για Νηπιαγωγεία, σε ισόγεια κτίρια
 - Για Δημοτικά, Γυμνάσια και Λύκεια, σε τριώροφα κτίρια
 - Για Τ.Ε.Ε., σε τετράωροφα κτίρια.

Σε οικόπεδα μικρά, όπου το κτιριολογικό πρόγραμμα δεν μπορεί να αναπτυχθεί σε 3 ορόφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί και τέταρτος όροφος ο οποίος θα περιλαμβάνει λειτουργίες με μικρότερη συχνότητα χρήσης (Α.Π.Χ., εργαστήρια αποθήκες κ.λπ.). Το ίδιο ισχύει και για οικόπεδα με υψομετρικές διαφορές.

4. Κατά την Αρχιτεκτονική σύνθεση, απαιτείται η χρήση λειτουργικού κατασκευαστικού καννάβου της επιλογής του μελετητή.
5. Η απόκλιση σε (m^2) από το κτιριολογικό πρόγραμμα, μπορεί να είναι της τάξεως +5% έως -5%, για λύσεις σε οικόπεδα που επιτρέπουν την ανάπτυξη των κτιρίων με ενιαία στάθμη ισογείων. Η απόκλιση μπορεί να είναι της τάξεως -5% έως +10%, όταν η μορφολογία του εδάφους απαιτεί κλιμάκωση των ισογείων σε διαφορετικές στάθμες.
6. Ειδικά για την Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων η επιφάνεια που αναφέρεται στο κτιριολογικό πρόγραμμα ισχύει σαν ελάχιστη απαίτηση. Είναι επιθυμητή η λύση, που προσφέρει επιφάνεια μέχρι 220,00 m^2 εφόσον αυτό είναι εφικτό.
7. Το δάπεδο των κτιρίων θα είναι υπερυψωμένο κατά 30-45cm από τον διαμορφωμένο περιβάλλοντα χώρο.
8. Πρόβλεψη μίας αίθουσας διδασκαλίας τουλάχιστον στο ισόγειο.
9. Οι χώροι υγιεινής τοποθετούνται στο ισόγειο, για την καλλίτερη λειτουργία της αποχέτευσης. Στον ίδιο χώρο εντάσσεται και ένα WC για άτομα με ειδικές ανάγκες, αποθήκη ειδών καθαρισμού με παροχή νερού και νιπτήρα. Στους ορόφους προβλέπονται 1-2 WC βοηθητικά, καθώς και παροχή νερού σε θέσεις κατάλληλες για την διευκόλυνση του καθαρισμού του διδακτηρίου.
10. Δυνατότητα εισόδου στον αύλειο χώρο από δύο σημεία. Απαραίτητη η πρόσβαση αυτοκινήτου μέσα στον αύλειο χώρο μέχρι την είσοδο του κτιρίου (μεταφορά βιβλίων, ασθενοφόρο κ.ά.).
11. Τοποθέτηση του λεβητοστασίου σε κεντροβαρική θέση.
12. Δυνατότητα χρήσης της Αίθουσας Πολλαπλών Χρήσεων, καθώς και της Βιβλιοθήκης από την κοινότητα σε χρόνο ανεξάρτητο από την λειτουργία του διδακτηρίου.
13. Δυνατότητα προσέγγισης όλων των κτιρίων του διδακτηρίου, καθώς και του αυλείου χώρου για άτομα με κινητικά προβλήματα, με ράμπες και ανελκυστήρες.

2.3 Ασφάλεια Κτιρίου

- Πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για την εξασφάλιση της μη προσπελασιμότητας του κτιρίου από όλους τους ισόγειους χώρους.
- Οι εξωτερικοί υαλοπίνακες των δίδυμων υαλοστασίων των ισογείων χώρων να προβλέπονται αντικλεπτικά τύπου LAMINATED.
- Στα κλιμακοστάσια του ανοικτού τύπου διδακτηρίων να προβλέπονται πτυσσόμενα ή περιελισσόμενα δικτυωτά ασφαλείας.

2.4 Ανοίγματα θυρών – Σχεδιασμός

Τα ανοίγματα θυρών σε κούφωμα διαμορφώνονται ως εξής:

Θύρα εισόδου	\geq	180 cm
Θύρα διοίκησης και γραφείων	\geq	100 cm
Θύρα αιθουσών διδασκαλίας	\geq	110 cm
Θύρα χώρων υγιεινής (πλην WC)	\geq	100 cm
Θύρα WC	\geq	80 cm
Θύρα βοηθητικών χώρων	\geq	100 cm
Θύρα λεβητοστασίου μονόφυλλη	\geq	110 cm, δίφυλλη 160 cm
Θύρα ανελκυστήρα	\geq	110 cm
Θύρα WC αναπήρου	\geq	100 cm

Κατά τον σχεδιασμό των θυρών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ότι αυτές υφίστανται στην χρήση τους ιδιαίτερες καταπονήσεις.

2.5 Υαλοπίνακες

Όλα τα εξωτερικά κουφώματα θα φέρουν δίδυμους υαλοπίνακες ανεξαρτήτως της μελέτης θερμομόνωσης.

2.6 Προδιαγραφές Ειδικών Εξυπηρετήσεων

Οι μαθητές με πρόβλημα κινητικότητας, που χαρακτηρίζεται «κινητική δυσκολία» μέχρι και «κινητική αναπηρία» όχι σοβαρής μορφής, εξυπηρετούνται στα κανονικά σχολεία, εφόσον αυτά παρέχουν ορισμένες ειδικές εξυπηρετήσεις. Οι ειδικές εξυπηρετήσεις του σχολείου αφορούν:

- Στην προσπελασιμότητα των χώρων του σχολικού κτιρίου (διάδρομοι, ράμπες, ανελκυστήρες κ.ά.).
- Στη δυνατότητα χρήσης των βοηθητικών χώρων (χώροι υγιεινής κ.ά.).
- Σε σχολεία άνω του ενός ορόφου τοποθετείται ανελκυστήρας διαστάσεων και προδιαγραφών, όπως στο σχετικό πίνακα ειδικών εξυπηρετήσεων.

- Σε όλα τα σχολεία τοποθετείται ένα WC αναπήρου, όπως στο σχετικό πίνακα ειδικών εξυπηρετήσεων.

Αναγκαία είναι επίσης και η δυνατότητα προσπέλασης από τους ανάπηρους όλων των υπαίθριων χώρων με πιθανή εξαίρεση ορισμένων σε οικόπεδα με μεγάλες κλίσεις, ύστερα από αξιολόγηση των απαραίτητων κινήσεων.

2.7 Προδιαγραφές για την πρόληψη ατυχημάτων γενικά

Οι ενότητες που αποτελούν την προδιαγραφή είναι:

- **Εξωτερικοί Χώροι:** Δάπεδα – Εξοπλισμός
- **Εσωτερικοί Χώροι:** Δάπεδα, Υποστηλώματα – Τοίχοι, Κουφώματα, Υαλοστάσια, Κλιμακοστάσια, Κεκλιμένα επίπεδα, Κιγκλιδώματα – Εξοπλισμός
- **Ειδικό Χώρο:** Χώροι διδασκαλίας, Εργαστηριακός χώρος, Ειδικές αίθουσες σε Τεχνικές και Επαγγελματικές Σχολές

2.7.1 Εξωτερικοί Χώροι

Ως εξωτερικός χώρος ορίζεται κάθε ελεύθερος χώρος που αναπτύσσεται είτε μεταξύ της περίφραξης και των κτιρίων, είτε ανάμεσα στα κτίρια. Οι εξωτερικοί χώροι μπορεί να είναι υπαίθριοι και λειτουργούν σαν χώροι απασχόλησης, αθλοπαιδειών, χώροι πρασίνου και κυκλοφορία πεζών, χώροι προσπέλασης αυτοκινήτων (για την τροφοδοσία, την πυρόσβεση και τα ασθενοφόρα). Οι χώροι στάθμευσης των ποδηλάτων, θα πρέπει να βρίσκονται εκτός του ελευθέρου χώρου που κινούνται οι σπουδαστές.

Η κλίμακα στους εξωτερικούς χώρους δίνεται με την ποικιλία των υλικών, το χρώμα τους, τη υφή τους, το μέγεθός τους και στους συνδυασμούς που διασπούν την μονοτονία και δημιουργούν ανάγλυφες αισθητικές εντυπώσεις. Η μονοτονία είναι αιτία ατυχήματος. Η συμπεριφορά των υλικών πρέπει να ελέγχεται εργαστηριακά. Η αντιστοίχηση υφής του υλικού είναι το απαραίτητο χαρακτηριστικό που πρέπει να διατηρεί το υλικό και όταν είναι υγρό. Η τοπική συγκράτηση νερού στις αυλές αποτελεί αιτία ατυχήματος. Είναι απαραίτητη η σχολαστική μόρφωση των δαπέδων σε τρόπο που να κατευθύνουν τα όμβρια με εγκάρσιες και κατά μήκος κλίσεις μέσα από φρεάτια στο αποχετευτικό σύστημα ή με αποστράγγιση στο πράσινο ή την άμμο.

Είναι αναγκαίοι διάφοροι τύποι δαπέδων με ανάλογες απαιτήσεις στη μελέτη και κατασκευή για την προστασία των σπουδαστών από ατυχήματα. Βασική προϋπόθεση για την καταλληλότητα ενός φυσικού εδάφους ως αυλείου χώρου είναι η γρήγορη απομάκρυνση των όμβριων. Η τελική επιφάνεια πρέπει να είναι απαλλαγμένη από σκληρά αντικείμενα. Οι επιφάνειες δαπέδων τεχνητού εδάφους κατασκευάζονται σε οριοθετημένους χώρους, με όρια απαλλαγμένα από προεξοχές και με στρογγυλεμένες ακμές. Αμμόδεις επιφάνειες δαπέδων διαμορφώνονται σε οριοθετημένους χώρους, το βάθος της εγκιβωτισμένης άμμου πρέπει να είναι από κατάλληλο υλικό για την απομάκρυνση του νερού.

Επιφάνειες δαπέδων με πράσινο πρέπει να αντέχουν στις δυναμικές δραστηριότητες. Το μίγμα του πρασίνου επιλέγεται ανάλογα με το κλίμα, προσανατολισμό του χώρου και το είδος του εδάφους. Οι συμπαγείς επιφάνειες δαπέδων πρέπει να είναι επίπεδες με αντιστοίχες ιδιότητες και έχουν αντοχή στις καιρικές συνθήκες. Οι συμπαγείς επιφάνειες δαπέδων που

επιτρέπουν την αποστράγγιση πρέπει να είναι απαλλαγμένες από σκόνη. Συμπαγείς επιφάνειες με ασφατικό τάπητα κατασκευάζονται σε απαραμόρφωτη υποδομή με θραυστό υλικό στην οποία έχουν μορφωθεί οι κλίσεις απορροής των όμβριων υδάτων. Η τελική επιφάνεια από ασφατικό τάπητα ενιαίου πάχους, αποτελεί στρώση ισοπεδωτική και κυκλοφορίας.

Η τελική επιφάνεια πρέπει να είναι αντιολισθητική και με τους κατά το δυνατόν λιγότερους αρμούς. Σε περίπτωση που απαιτούνται αρμοί διαστολής πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερο άνοιγμα. Επιφάνειες με πλάκες αντιολισθητικής υφής πρέπει να μορφώνονται στο υπόστρωμα οι κλίσεις, έτσι ώστε η τελική επιφάνεια να μην συγκρατεί νερά. Οι αρμοί τους πρέπει να έχουν όσο γίνεται μικρό άνοιγμα $< 1\text{m}$.

2.7.2 Εσωτερικοί Χώροι

Ο εσωτερικός χώρος του εκπαιδευτηρίου είναι το κτιστό περιβάλλον μέσα στο οποίο οι σπουδαστές ασκούν μια σειρά από θεωρητικές και πρακτικές εμπειρίες. Οι εσωτερικοί Εκπαιδευτικοί χώροι μπορεί να είναι χώροι διδασκαλίας, χώροι εργαστηρίου, χώροι υγιεινής και χώροι κυκλοφορίας που τους συνδέουν οριζοντίως και καθ' ύψος.

2.7.2.1 Απαιτήσεις για την αποφυγή ατυχημάτων στους εσωτερικούς χώρους

Για να είναι αποτελεσματική η μείωση των κινδύνων στον εσωτερικό χώρο των εκπαιδευτικών κτιρίων μαζί με την εφαρμογή αυτής της προδιαγραφής επιβάλλεται:

- Κάθε εκπαιδευτικό κτίριο να χρησιμοποιείται από την συγκεκριμένη βαθμίδα για την οποία σχεδιάστηκε.
- Να δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες εργασίας στους σπουδαστές, ώστε να μην οδηγούνται σε αλόγιστες ενέργειες από ψυχολογικά αίτια.
- Οι πόρτες σε στενούς διαδρόμους δεν πρέπει να βρίσκονται η μία απέναντι από την άλλη. Οι δε ακτίνες ανοίγματος τους να μην διασταυρώνονται.
- Οι πόρτες των αιθουσών διδασκαλίας να ανοίγουν προς τα έξω.
- Σε χώρους δυναμικότητας μεγαλύτερης των 80 ατόμων, οι πόρτες που ανοίγουν σε χώρους διάσωσης, πρέπει να ανοίγουν στην διεύθυνση φυγής.
- Οι πόρτες των εξόδων κινδύνου, πρέπει να ασφαρίζονται μόνο από μέσα, με τέτοιους μηχανισμούς που μπορούν να ανοίξουν εύκολα.

2.7.2.2 Υαλοστάσια

- Τα υαλοστάσια που προβλέπονται σε οποιοδήποτε κούφωμα και χώρο, φέρουν υαλοπίνακες ασφαλείας τύπου LAMINATED. Είναι αποδεκτές κατασκευές από υαλότουβλα ανάλογων προδιαγραφών.
- Για τον καθαρισμό της επιφάνειας του κρυστάλλου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η λειτουργικότητα του κουφώματος.
- Τα παράθυρα πρέπει να ασφαλισθούν με πρόσθετα μέσα όπως: Ποδιά παραθύρου (ελάχιστο βάθος 0,20m και ύψος 1,10m).
- Κιγκλίδωμα (ελάχιστο ύψος 1,10m σε απόσταση 0,20m μπροστά από το τζάμι).
- Οι ντουλάπες και βιτρίνες που είναι τοποθετημένες σε χώρους διαλλείματος πρέπει να είναι προστατευμένες με μεταλλικό πλέγμα σε ύψος κάτω από 1m.
- Οι υαλόθυρες και άλλες υαλωτές επιφάνειες που φθάνουν μέχρι το δάπεδο και βρίσκονται σε προσπελάσιμους χώρους ή χώρους κυκλοφορίας να είναι από διαφανή

πλαστική ύλη και να έχουν επισήμανση με ειδικά σύμβολα, ώστε να αναγνωρίζονται εύκολα.

2.7.2.3 Κλιμακοστάσια – Σκάλες και Κεκλιμένα επίπεδα

- Τα κλιμακοστάσια πρέπει να έχουν ευθύγραμμα σκέλη που ενώνονται μεταξύ τους με ορθογώνια πλατύσκαλα. Αν οι απολήξεις των σκαλοπατιών στο πλατύσκαλο δεν ευθυγραμμίζονται, γίνεται μετατόπιση κατά ένα σκαλοπάτι.
- Τα ρίχτια στις σκάλες δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερα από 17cm και μικρότερα από 15cm και τα πατήματα δεν πρέπει να είναι μικρότερα από 28cm και μεγαλύτερα από 30cm.
- Κατ' εξαίρεση και εφόσον επιβάλλεται για λειτουργικούς λόγους κυκλική σκάλα, τα σφηνοειδή πατήματα δεν πρέπει στο στενό τους τμήμα να είναι μικρότερα από 23cm. Επίσης, σε απόσταση 0,25cm από την εσωτερική πλευρά τα πατήματα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερα από 40cm.
- Σε πατήματα με λεία επιφάνεια πρέπει να τοποθετείται αντλιοσθητική ταινία συνεπίπεδη με το πάτωμα και πριν από την ακμή. Οι ίδιες ακμές πρέπει να είναι επίσης ελαφρά στρογγυλεμένες.
- Το ύψος του κιγκλιδώματος της σκάλας να έχει καθαρό ύψος 1,10m και η μορφή του να μην επιτρέπει την αναρρίχηση και το πέρασμα μέσα στο κενό. Οι κουπαστές της σκάλας πρέπει να είναι προσιτές στους σπουδαστές και να είναι κατάλληλες για τη στήριξη τους, η μορφή τους δε να μην προκαλεί τραυματισμούς. Να αποφεύγονται οι μυτερές γωνίες πάνω στο κάγκελο και την κουπαστή.
- Οι σκάλες πρέπει να έχουν και στις δυο πλευρές χειρολαβές, οι οποίες να συνεχίσουν και στο πλατύσκαλο.
- Για σκάλες με πλάτος πάνω από 5,00m και με περισσότερα από 5 σκαλοπάτια να τοποθετούνται ενδιάμεσες χειρολαβές.
- Τα κεκλιμένα επίπεδα στους διαδρόμους πρέπει να έχουν κλίση το πολύ ως 5%.

2.7.3 Ειδικοί Χώροι

Χώροι διδασκαλίας φυσικών επιστημών:

- Οι αίθουσες διδασκαλίας φυσικών επιστημών με τους βοηθητικούς τους χώρους πρέπει να έχουν άμεση προσπέλαση και συνεπίπεδη πρόσβαση, ώστε κατά την μεταφορά των σκευών και υλικών να μην δημιουργούνται πρόσθετοι κίνδυνοι.
- Το εργαστήριο Φυσική-Χημείας, όπου φυλάσσονται χημικές ουσίες πρέπει να ασφαλίζεται από είσοδο αναρμόδιων ατόμων.
- Οι παροχές των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των σωληνώσεων του γκαζιού, προς τον χώρο του εργαστηρίου και προς τα τραπέζια εργασίας πρέπει να κλείνουν με διακόπτες που βρίσκονται σε κεντρική θέση.
- Σε εργαστηριακούς χώρους όπου υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς, πρέπει οι παροχές ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και σωληνώσεων γκαζιού να κλείνουν με διακόπτες οι οποίοι θα βρίσκονται σε κάποια κεντρική θέση.
- Οι αποθηκευτικοί χώροι να διατάσσονται κατά τρόπο ώστε κατά την μεταφορά και αποθήκευση εργαλείων και υλικών να μην δημιουργούνται πρόσθετοι κίνδυνοι.

3 Δομικά υλικά στα κτίρια

3.1 Τσιμέντο

Το τσιμέντο εντοπίστηκε για πρώτη φορά στις οικοδομές των αρχαίων Αιγύπτιων και στα Ρωμαϊκά χρόνια. Μετά από απουσία αρκετών αιώνων, το τσιμέντο εμφανίστηκε ξανά στο προσκήνιο στις αρχές του 19^{ου} αιώνα και από τότε μέχρι σήμερα, κυριαρχεί στην οικιστική ανάπτυξη, ενσωματώνοντας καινοτομίες υψηλής τεχνολογίας.

3.1.1 Ορισμός

Το τσιμέντο είναι το συνδετικό υλικό και βασικό συστατικό των σκυροδεμάτων και των κονιαμάτων. Οι ιδιότητες του τσιμέντου οφείλονται στο κύριο δραστικό συστατικό του, το κλίνκερ. Όταν το κλίνκερ έρθει σε επαφή με νερό δημιουργούνται παράγωγα ελάχιστα διαλυτά στο νερό τα οποία με την πάροδο του χρόνου αποκτούν σκληρή και δυνατή δομή [3].

Στο κλίνκερ, οφείλεται επίσης η ιδιότητα του τσιμέντου, όταν αναμιγνύεται με νερό και αδρανή υλικά, να αποκτά συγκολλητικές ιδιότητες συγκρατώντας τα χονδρόκοκκα αδρανή (χαλίκι, γαρμπίλι) και σχηματίζοντας ένα στερεό σώμα κατάλληλο για κατασκευές. Αυτό το προϊόν ονομάζεται σκυρόδεμα.

3.1.2 Πρότυπα - Κανονισμοί

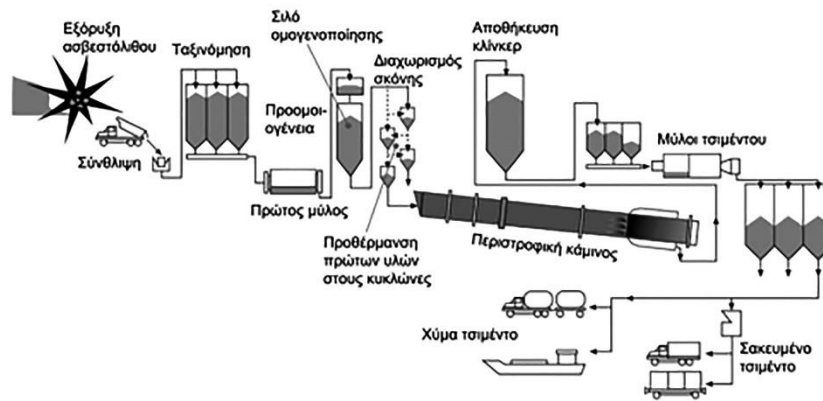
Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 89/106 [4] από 01/04/01 και τον κανονισμό 305/2011 [5], τα τσιμέντα που κυκλοφορούν σε όλα τα κράτη μέλη της Ε.Ε. πρέπει να είναι πιστοποιημένα, να φέρουν σήμανση CE και να είναι σύμφωνα με τα ισχύοντα Ευρωπαϊκά Πρότυπα, EN 197 – 1: Τσιμέντο Μέρος - 1: «Σύνθεση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για κοινά τσιμέντα» και EN 197 – 2: Τσιμέντο Μέρος - 2: «Αξιολόγηση συμμόρφωσης» Στη χώρα μας ισχύουν τα αντίστοιχα Ελληνικά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 197 – 1 και ΕΛΟΤ EN 197 – 2 [6].

3.1.3 Τύποι – Κατηγορίες

Για την παραγωγή του τσιμέντου χρησιμοποιούνται πρώτες ύλες αλλά και υλικά υποκατάστασης (ποζολάνη, ασβεστούχα ιπτάμενη τέφρα κλπ.) που απαντώνται σε κάθε χώρα. Με βάση τη διαθεσιμότητα των υλικών αλλά και τις απαιτήσεις των εφαρμογών, δημιουργήθηκαν οι διάφοροι τύποι τσιμέντων που παράγονται παγκοσμίως, όπως τσιμέντο Πόρτλαντ, τσιμέντο με ποζολάνη, ιπτάμενη τέφρα, ασβεστόλιθο κ.α., τα οποία περιλαμβάνονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 197-1.

Ο συμβολισμός των διαφόρων τσιμέντων, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 197-1, καθορίζεται από:

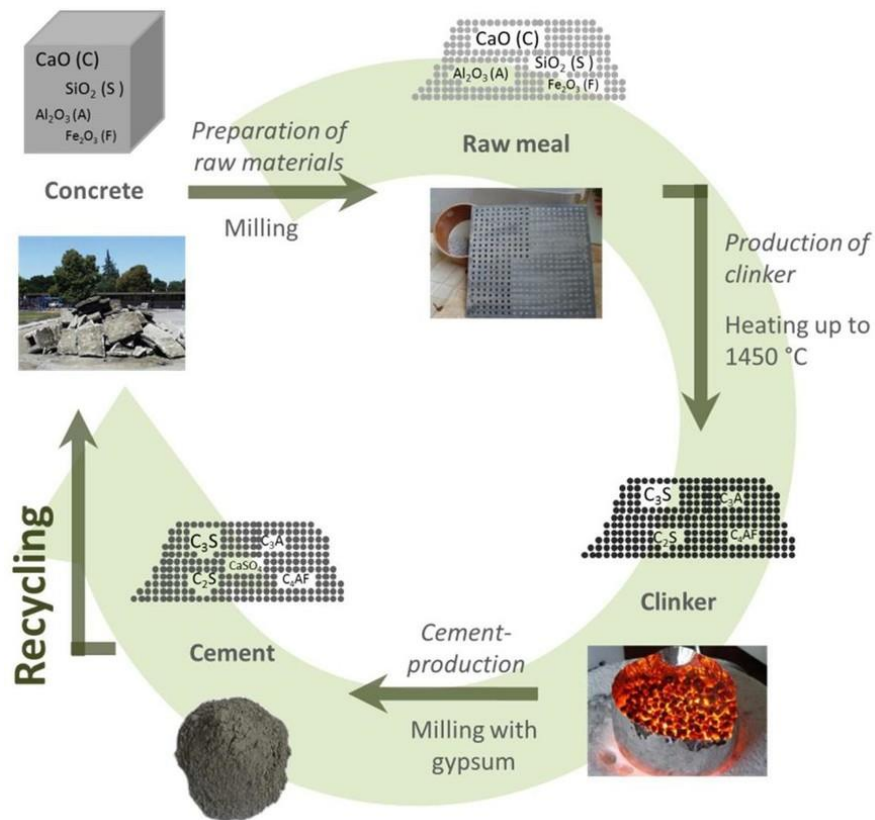
- τον τύπο του τσιμέντου
- το ποσοστό κλίνκερ
- το είδος των προσθέτων
- την κατηγορία αντοχής
- το επίπεδο της πρώιμης αντοχής.



Εικόνα 3.1 Διαδικασία παραγωγής τσιμέντου [7].

3.2 Σκυρόδεμα

Ως σκυρόδεμα ορίζεται το τεχνητό οικοδομικό υλικό που παρασκευάζεται με την ανάμιξη τσιμέντου, αδρανών υλικών και νερού. Στερεοποιείται μετά την χημική ένωση του νερού με το τσιμέντο. Τα αδρανή υλικά που περιλαμβάνει είναι η άμμος και τα χαλίκια. Εκτός από τα συστατικά αυτά είναι δυνατόν να προστεθούν στο σκυρόδεμα, κατά την παρασκευή του, και ορισμένα άλλα υλικά που τροποποιούν κατά συγκεκριμένο τρόπο μερικές από τις ιδιότητες του (επιβραδυντές, πλαστικοποιητές). Τέτοια μπορεί να είναι η τρασσία γη, χρωστικές ουσίες, συνθετικές ρητίνες κ.α. Ο πολτός του τσιμέντου με το νερό, όταν είναι νωπός, περιβάλλει τους κόκκους των αδρανών και με την ποσότητα του καθορίζεται η ευκαμνία του σκυροδέματος. Έχει αποδειχθεί ότι όσο περισσότερο τσιμέντο περιέχεται στο σκυρόδεμα, τόσο μεγαλύτερη αντοχή εμφανίζει. Το βάρος του μπορεί να είναι από 800 kg/m^3 έως 4.000 kg/m^3 η τελική θλιπτική αντοχή του 140 MPa και η διαπερατότητα του σε αέρα μπορεί να είναι πολύ μεγάλη έως και ελάχιστη.



Εικόνα 3.2 Κύκλος Ζωής Σκυροδέματος - Τσιμέντου [8].

Για να παρασκευαστεί ένα ικανοποιητικό σκυρόδεμα, δεν αρκεί μόνο η καλή διαλογή και σύνθεση των συστατικών του. Εξίσου σημαντικό είναι η παρασκευή, η διάστρωση αλλά και η επεξεργασία του μετά την διάστρωση να γίνουν σύμφωνα με τις κατάλληλες προδιαγραφές.

Η γνώση των ιδιοτήτων των υλικών για το σκυρόδεμα είναι άκρως απαραίτητη, πολύ παραπάνω από πολλά άλλα δομικά υλικά. Το σκυρόδεμα αποτελεί το σπουδαιότερο χονδροκονίαμα και χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση σε πολλές κατασκευές. Τα χαρακτηριστικά του και οι ιδιότητες του, το καθιστούν υλικό εξαιρετικής σπουδαιότητας. Μπορεί να αντικαταστήσει εντελώς τους φυσικούς λίθους και το ξύλο, εκτός από τις περιπτώσεις, όπου η αισθητική ορισμένων τμημάτων ενός κτιρίου απαιτεί ειδικά υλικά, όπως μάρμαρα, ξύλινες επενδύσεις, πλακάκια κ.α.

Χαρακτηρίζεται από τις εξής ιδιότητες:

- Είναι εύπλαστο και μπορεί να παίρνει οποιοδήποτε σχήμα με την βοήθεια ξύλινων ή μεταλλικών καλουπιών.
- "Συνεργάζεται" εύκολα με άλλα υλικά, όπως χάλυβα, γυαλί κ.ά.
- Το χαμηλό κόστος του επιτρέπει την κατασκευή σχετικά οικονομικών έργων.



Εικόνα 3.3 Μορφή σκυροδέματος [9].

3.3 Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Το οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελείται από τα υλικά του απλού σκυροδέματος, καθώς επίσης και τον οπλισμό (χαλύβδινες ράβδοι). Γι' αυτό το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως οπλισμένο, επειδή έτσι γίνεται συνδυασμός της αντοχής σε θλίψη (σκυρόδεμα) και εφελκυσμού (χαλύβδινος εξοπλισμός). Η περιεκτικότητα σε τσιμέντο του οπλισμένου σκυροδέματος δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 240 kg/m^3 [3].

Συγκεκριμένα ο χάλυβας και το σκυρόδεμα σε συνδυασμό έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Δημιουργείται δυνατή πρόσφυση μεταξύ των 2 υλικών, τέτοια που δύσκολα μπορούν να αποκολληθούν. Μόνο έπειτα από μεγάλες δυνάμεις μπορούν να αποκολληθούν.
- Έχουν περίπου τον ίδιο συντελεστή διαστολής. Έτσι κατά την συστολή και διαστολή το ένα υλικό ακολουθεί το άλλο, χωρίς να δημιουργούν μεταξύ τους δυνάμεις.
- Το τσιμέντο που βρίσκεται μέσα στο σκυρόδεμα προστατεύει υπό κατάλληλες συνθήκες το σίδηρο από την επίδραση του νερού και έτσι αποφεύγεται η διάβρωση.
- Ο χαλύβδινος οπλισμός παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό και το σκυρόδεμα σε θλίψη.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα του οπλισμένου σκυροδέματος σε σχέση με άλλα υλικά είναι:

- Έχει μειωμένο κόστος σε σχέση με άλλα υλικά π.χ. χάλυβα, ξύλο, που θα παρουσίαζαν περίπου ανάλογη αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό.
- Η παρασκευή του μπορεί να γίνει στο χώρο κατασκευής του έργου και με ευκολία μπορεί να του δοθεί το επιθυμητό σχήμα, ανάλογα με την περίπτωση.
- Οι ιδιότητες του μπορούν να ελέγχονται ανάλογα με τον σκοπό της χρήσης του.
- Με την προοπτική ότι ο χαλύβδινος εξοπλισμός είναι ικανοποιητικά προστατευμένος από το σκυρόδεμα, το οπλισμένο σκυρόδεμα δεν αλλοιώνεται εύκολα με το χρόνο, δεν απαιτεί συντήρηση και δεν φθείρεται εύκολα.

Οι συνήθεις φέροντες οργανισμοί από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι οι πλάκες, οι δοκοί και οι πλακοδοκοί, τα υποστυλώματα, τα τοιχώματα, τα πέδιλα, τα πλαίσια και τα κελύφη. Το σκυρόδεμα είναι μη εύφλεκτο δομικό υλικό· θερμοκρασίες έως και 250°C δεν έχουν ουσιαστική επίδραση στη δομή του. Το σκυρόδεμα, όπως σχεδόν όλα τα πορώδη υλικά έχει τη δυνατότητα να απορροφά νερό και να το αποδίδει στο περιβάλλον και επηρεάζεται επίσης από

τις θερμοκρασιακές μεταβολές, δηλαδή συστέλλεται και διαστέλλεται, ανάλογα με τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας.



Εικόνα 3.4 Μορφή οπλισμένου σκυροδέματος [9].

3.4 Χάλυβας

Ως χάλυβας ορίζεται κάθε είδος σιδήρου που μπορεί να σφυρηλατηθεί, χωρίς προηγούμενη επεξεργασία. Είναι κράμα σιδήρου με άνθρακα και έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα κάτω από 1,7% και λέγεται ατσάλι. Έχει ιδιαίτερη χρήση στις οικοδομικές κατασκευές, διότι αποτελεί τον οπλισμό του σκυροδέματος. Μπορεί με κατάλληλη επεξεργασία να γίνει πολύ σκληρός και ανθεκτικός. Η παραγωγή του από μεταλλεύματα σιδήρου δημιουργεί σημαντική ρύπανση. Σε σχέση με τα υπόλοιπα μέταλλα η ενεργειακή κατανάλωση κατά την παραγωγή του είναι σχετικά μικρή.

Διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

- Χάλυβας αναδεύσεως
- Ρευστοπαγής χάλυβας

Ο πλέον χρησιμοποιούμενος τύπος είναι ο ρευστοπαγής. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτικός και παράγεται από ακατέργαστο σίδηρο.

Εκτός από τους παραπάνω τύπους χωρίζεται και σε πολλές κατηγορίες ανάλογα με:

- Τον τρόπο παρασκευής του· σε Martin, Thomas, ηλεκτρικό κ.α.
- Τον τρόπο σχηματοποίησης του· σε χυτό, σφυρηλατημένο κ.α.
- Τον τρόπο κατασκευής του· σε φερίτικο, ωστενικό κ.α.
- Με την σύσταση του· σε συνήθη (μαλακός, ημιμαλακός, σκληρός κ.α., ανάλογα και με την περιεκτικότητα του σε άνθρακα) και σε ειδικό (χρωμιοχάλυβας, νικελιοχάλυβας κ.α.).
- Ανάλογα με τη χρήση του· (π.χ. χάλυβας μαγνήτη, κατασκευών, εργαλείων, ανοξείδωτος).

Ο χάλυβας λαμβάνεται από χυτοσίδηρο με απομάκρυνση του άνθρακα που περιέχει, του θείου, του φωσφόρου και ταυτόχρονα τροποποιείται η περιεκτικότητά του σε άλλα στοιχεία. Ο χυτοσίδηρος είναι είδος σιδήρου και είναι και αυτός κράμα σιδήρου - άνθρακα, αλλά περιέχει και άλλα στοιχεία, όπως πυρίτιο, μαγγάνιο, θείο και φώσφορο. Για να παραχθεί ο χάλυβας πρώτα γίνεται η παρασκευή χυτοσιδήρου και στην συνέχεια με διάφορες επεξεργασίες απομακρύνονται οι βλαβερές προσμίξεις που περιέχει ο χυτοσίδηρος και με την προσθήκη διαφόρων συστατικών δημιουργούνται κράματα χάλυβα με βελτιωμένες ιδιότητες.



Εικόνα 3.5 Κύκλος Ζωής Χάλυβα [10].

Ο χάλυβας επιδέχεται πολλές κατεργασίες, τόσο θερμικές (π.χ. βαφή, επαναφορά), όσο και φυσικοχημικές (π.χ. ενανθράκωση). Έτσι μπορεί να αποκτήσει ένα σύνολο ιδιοτήτων, όπως σκληρότητα και ελαστικότητα. Η παραγωγή του σε όλο τον κόσμο είναι πολύ μεγάλη και στην Ελλάδα καλύπτονται οι εσωτερικές ανάγκες της χώρας (πάνω από 800.000 τόνοι/έτος).

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες χαλύβων:

- Οι μαλακοί χάλυβες, έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (0,26%), είναι μαλακοί και ελατοί και αποτελούν το 90% της παραγωγής του χάλυβα. Αποτελούν τη μεγαλύτερη κατηγορία χαλύβων και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ράβδων για το οπλισμένο σκυρόδεμα, σωλήνων κ.α.
- Οι κατασκευαστικοί χάλυβες, έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα μεταξύ 0,15% και 0,25% και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή υποστυλωμάτων, δοκών κ.α.
- Οι ανοξείδωτοι χάλυβες, είναι χάλυβες που περιέχουν χρώμιο το οποίο όταν έρθει σε επαφή με το οξυγόνο σχηματίζει στην επιφάνεια του χάλυβα μια προστατευτική μεμβράνη, η οποία προστατεύει τον χάλυβα από την διάβρωση. Όση περισσότερη περιεκτικότητα διαθέτει ο χάλυβας σε χρώμιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η προστασία του από την διάβρωση.

Ο χάλυβας σκυροδέματος είναι ραβδόμορφος σε κυκλική διατομή και χρησιμοποιείται σαν οπλισμός του σκυροδέματος. Οι ράβδοι από χάλυβα που έχουν επικρατήσει και χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Ακατέργαστος χάλυβας φυσικής σκληρότητας
- Χάλυβας ψυχρής κατεργασίας
- Λείος κυκλικός χάλυβας
- Νευροχάλυβας με εγκάρσιες νευρώσεις
- Χάλυβας τυποποιημένης διατομής



Εικόνα 3.6 Χάλυβας οπλισμού [11].

3.5 Τεχνητοί δομικοί λίθοι

Οι τεχνητοί λίθοι, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν σε σχέση με τους φυσικούς λίθους, χρησιμοποιούνται ευρέως στις κατασκευές.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι τα εξής:

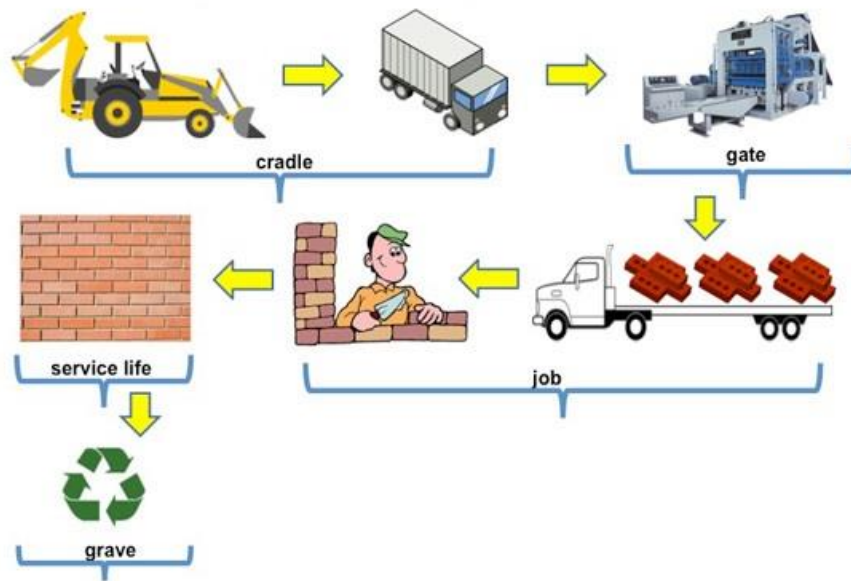
- Δυνατότητα στην επιλογή πρώτων υλών.
- Παραγωγή δομικών στοιχείων με προκαθορισμένες διαστάσεις και ιδιότητες.
- Ομοιομορφία της δομής τους.
- Οικονομική κατασκευή, λόγω της δυνατότητας κατασκευής τους κοντά στο εργοτάξιο.

Τεχνητοί δομικοί λίθοι είναι:

- Τα εμφανή τούβλα.
- Οι πυρίμαχοι πλίνθοι.
- Οι πλίνθοι πατωμάτων και οροφής.
- Οι πλίνθοι καπνοδόχων και επένδυσης σηράγγων.
- Τα υπέρθυρα τούβλα.
- Οι πλάκες πεζοδρομίων και δρόμων.
- Οι πηλοσωλήνες.
- Τα κεραμικά πλακίδια.
- Τα προϊόντα πορσελάνης.
- Τα κεραμικά προηγμένης τεχνολογίας.
- Τα κεραμικά σύνθετα.

Περιλαμβάνονται ακόμα:

- Οι τσιμεντόλιθοι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην τοιχοποιία.
- Πλίνθοι και πλάκες πεζοδρομίου, πλάκες δαπέδου, κρασπεδόρειθρα, σωλήνες και άοπλα και οπλισμένα προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία τοίχου και οροφής, που χρησιμοποιούνται σε διάφορα έργα υλικά από σκυρόδεμα.
- Τα υαλότουβλα.
- Διάφορα προϊόντα γύψου, όπως γυψότουβλα, πλάκες τοίχου και γυψοσανίδες.
- Προϊόντα ελαφροσκυροδέματος.



Εικόνα 3.7 Κύκλος Ζωής τεχνητών δομικών λίθων (τούβλα) [12].

3.5.1 Διεργασία παραγωγής τεχνητών δομικών λίθων

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των τεχνητών δομικών λίθων είναι:

- άργιλοι για αργιλικά ή κεραμικά δομικά στοιχεία,
- καολίνη για προϊόντα πορσελάνης,
- άσβεστος και χαλαζιακά αδρανή για άνοπτους πλίνθους ή ασβεστοαμμόλιθους και πλάκες,
- τσιμέντο και αδρανή για τσιμεντόπλινθους, πλάκες και άλλα προϊόντα τσιμέντου,
- γύψος για γυψόπλινθους ή γυψότουβλα, πλάκες τοίχου και γυψοσανίδες οροφής,
- γυαλί για υαλόπλινθους ή υαλότουβλα.

3.5.2 Φυσικές ιδιότητες

Για τη σωστή χρήση των τεχνητών δομικών λίθων πρέπει να είναι γνωστές οι χαρακτηριστικές ιδιότητές τους

- Φαινόμενη πυκνότητα: Υπολογίζεται από το βάρος, το οποίο προσδιορίζεται σε ξηρά κατάσταση και από τον όγκο, ο οποίος προσδιορίζεται με τη μέθοδο της εμβάπτισης στο νερό σύμφωνα με τον αντίστοιχο κανονισμό.
- Υδροαπορρόφηση: Προσδιορίζεται από τη διαφορά του βάρους του πλίνθου μετά τον κορεσμό του και του βάρους του σε ξηρά κατάσταση και δίνεται σε ποσοστό % κατά βάρος.
- Σημαντικός παράγοντας για τους πλίνθους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην κατασκευή τοιχοποιίας, είναι και η ταχύτητα απορρόφησης της υγρασίας.
- Μικρή ταχύτητα απορρόφησης της υγρασίας → Μικρή συνάφεια μεταξύ του πλίνθου και του νωπού κονιάματος.
- Μεγάλη ταχύτητα απορρόφησης της υγρασίας → Γρήγορη ξήρανση του νωπού κονιάματος, οπότε απαιτείται η διαβροχή των πλίνθων.

Επίσης, είναι απαραίτητο να προσδιορίζονται:

- Το πορώδες.
- Η θερμική αγωγιμότητα.
- Η θερμική διαστολή.
- Η αντοχή στη φωτιά και στον παγετό.
- Η ηχομονωτική ικανότητα.
- Η ανθεκτικότητα στο χρόνο και στις καταπονήσεις των τεχνητών δομικών πλίνθων.

3.5.3 Μηχανικές Ιδιότητες

Η αντοχή σε θλίψη των τεχνητών δομικών πλίνθων είναι βασική ιδιότητά τους και χαρακτηρίζει την ποιότητά τους. Ο προσδιορισμός της γίνεται με βάση την τιμή που ονομάζεται ανοιγμένη αντοχή σε θλίψη.

Η αντοχή σε θλίψη των πλίνθων εξαρτάται από τη διεύθυνση φόρτισης. Όταν η φόρτιση είναι παράλληλη προς τα κενά, η αντοχή σε θλίψη είναι αντιστρόφως ανάλογη του ποσοστού των κενών. Όταν η φόρτιση είναι κάθετη προς τα κενά, προκύπτει μείωση της αντοχής σε θλίψη, λόγω ανάπτυξης πρόσθετων τάσεων από την κάμψη των τοιχωμάτων.

Η αντοχή σε εφελκυσμό θεωρείται απαραίτητη για τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη της τοιχοποιίας. Ο έλεγχος της αντοχής σε εφελκυσμό γίνεται με τον προσδιορισμό του καθαρού εφελκυσμού, της αντοχής σε εφελκυσμό από κάμψη ή διάρρηξη, σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς. Οι πλίνθοι από άργιλο παρουσιάζουν γραμμική ελαστική συμπεριφορά μέχρι του σημείου θραύσης τους.

3.5.4 Οπτόπλινθοι ή Τούβλα

Τα τούβλα είναι μικρά τεχνητά δομικά στοιχεία με κανονικό πρισματικό σχήμα, τα οποία χρησιμοποιούνται εύκολα στη δόμηση τοιχοποιίας ή επιφάνειας. Τα τούβλα, ως δομικά στοιχεία τοιχοποιίας, πρέπει να ικανοποιούν μια σειρά από επιθυμητές ιδιότητες και λειτουργικές απαιτήσεις (π.χ. υψηλές μηχανικές αντοχές, μικρή υδροαπορρόφηση και υδατοπερατότητα, καλή θερμομονωτική και ηχομονωτική συμπεριφορά, μικρές μεταβολές όγκου λόγω μεταβολής της υγρασίας και θερμοκρασίας, αντοχή στον παγετό και στη διάβρωση, ικανή αντίσταση στη φωτιά και ανθεκτικότητα στη χρήση και στο χρόνο). Το ειδικό

βάρος των τούβλων είναι $19000 \div 26000 \text{ N/m}^3$, η φαινόμενη πυκνότητα είναι $750 \div 2300 \text{ kg/m}^3$ και το ολικό πορώδες είναι $10 \div 50 \%$ κ.ό.

3.5.4.1 Είδη τούβλων

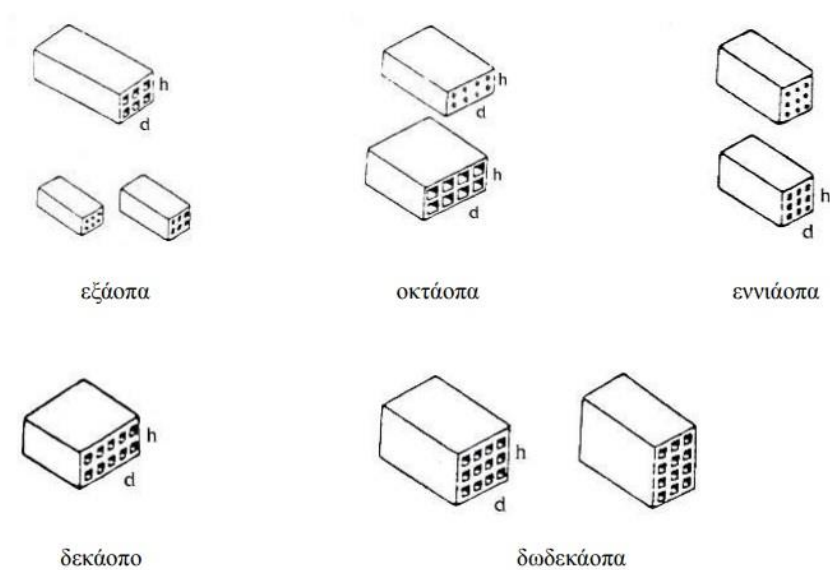
Τα τούβλα διακρίνονται σε συμπαγή και διάτρητα. Οι βασικές αιτίες για την παραγωγή διάτρητων τούβλων είναι το μεγάλο βάρος, η μεγάλη χρονική διάρκεια ξήρανσης και η κοπιαστική και χρονοβόρα εργασία δόμησης των συμπαγών τούβλων.

Τα συμπαγή τούβλα διακρίνονται σε:

- Συμπαγή πλήρη.
- Συμπαγή διάτρητα με κατακόρυφες οπές, με συνολικό όγκο μικρότερο ή ίσο του 25% του τούβλου και με πάχος τοιχωμάτων μεγαλύτερο από 20 mm ή με συνολική επιφάνεια οπών μικρότερη ή ίση με το 15% της επιφάνειας των τούβλων έδρασης.

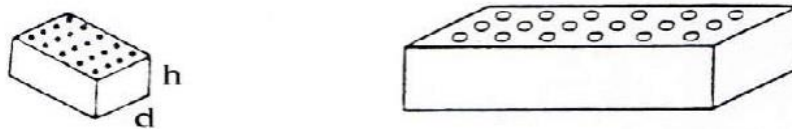
Τα διάτρητα τούβλα διακρίνονται σε:

- Διάτρητα με οπές κατά τη διεύθυνση του μήκους του τούβλου, δηλαδή οριζόντιες.



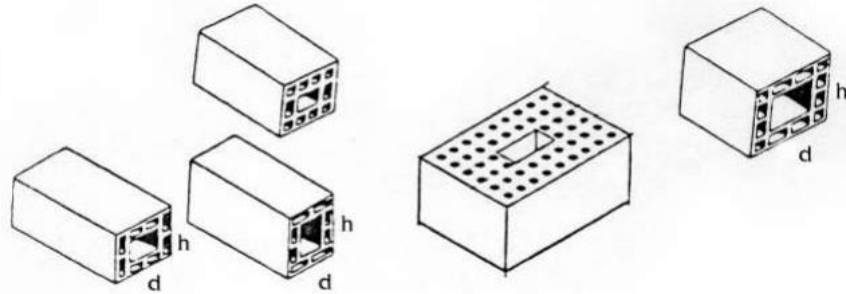
Εικόνα 3.8 Διάτρητα τούβλα με οριζόντιες οπές [13].

- Διάτρητα με οπές κατά τη διεύθυνση του ύψους του τούβλου, τα οποία ονομάζονται ορθότρυπα.



Εικόνα 3.9 Διάτρητα τούβλα με κατακόρυφες οπές ή ορθότρυπα [13].

- Διάτρητα τούβλα με μεγάλες διαστάσεις, τα οποία ονομάζονται μπλόκια.



Εικόνα 3.10 Μπλόκια [13].

Η αντοχή σε θλίψη των τούβλων είναι γενικά υψηλή και αρκετά υψηλότερη από την απαιτούμενη σε τοιχοποιία. Εξαρτάται από το ποσοστό των κενών, την ποιότητα του αργιλικού υλικού και τη διεύθυνση φόρτισης σε σχέση με τη διεύθυνση των κενών. Για συμπαγή τούβλα είναι $15 \div 50$ MPa και για διάτρητα τούβλα και μπλόκια είναι $1,5 \div 5$ MPa. Η αντοχή σε θλίψη μειώνεται με το πορώδες και την υδροαπορρόφηση και αυξάνεται με τη φαινόμενη πυκνότητα.

3.5.5 Κεραμικά Πλακίδια

Τα **κεραμικά πλακάκια** (ή πλακίδια) είναι τεχνητό υλικό, με πρώτη ύλη τον πηλό, που χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα για την επένδυση δαπέδων, τοίχων αλλά και για διακόσμηση.

Σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως εξαιτίας της εύκολης τοποθέτησης τους σε σχέση με το μάρμαρο και για λόγους οικονομίας, αφού η τιμή πώλησης τους είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του μαρμάρου. Κατασκευάζονται σε πολλές διαστάσεις και χρώματα. Είναι ανθεκτικά σε όλες τις καιρικές συνθήκες και χρησιμοποιούνται στην πλακόστρωση δαπέδων εσωτερικών χώρων, στη πλακόστρωση πεζοδρομίων, επένδυση μπάνιων, κουζινών αλλά και τοίχων σαν διακοσμητικά.

Τα κεραμικά πλακάκια χωρίζονται σε αυτά που είναι επικαλυμμένα με πορσελάνη και είναι πιο γυαλιστερά και σε αυτά που δεν έχουν επικάλυψη πορσελάνης, τα ματ όπως λέγονται, και σε πλακάκια εξωτερικών χώρων με ανάγλυφη όψη για να μην γλιστράει. Ανάλογα με την χρήση που προορίζονται έχουν διαφορετικό πάχος και αντοχή. Η πρώτη ύλη σήμερα είναι ο πηλός που ψήνεται σε υψηλές θερμοκρασίες και η υγρή άργιλος, ο χρωματισμός τους και όλη η κατασκευή τους γίνεται με μηχανικό τρόπο.

Τα κεραμικά πλακίδια διακρίνονται σε πλακίδια τοίχου και πλακίδια δαπέδου.

Ανάλογα με τη χρήση και το χώρο που προορίζονται, η επιλογή τους θα πρέπει να έχει γίνει με βάση την αντοχή σε χάραξη και απότριψη (κλίμακες MOHS & PET αντίστοιχα).

- i. Κατηγορία (Gruppo) I , (πολύ ελαφριά κυκλοφορία) κατάλληλα για τοίχους εσωτερικών χώρων.
- ii. Κατηγορία (Gruppo) II , (ελαφριά κυκλοφορία) κατάλληλα για τοίχους και δάπεδα μπάνιων.
- iii. Κατηγορία (Gruppo) III , (μέτρια κυκλοφορία) κατάλληλα για γραφεία και όλους τους χώρους των κατοικιών.

- iv. Κατηγορία (Gruppo) I V , (βαριά κυκλοφορία) κατάλληλα για δάπεδα επαγγελματικών και δημόσιων χώρων.
- v. Κατηγορία (Gruppo) V , (πολύ βαριά κυκλοφορία) κατάλληλα για δάπεδα δημόσιων χώρων, αεροδρόμια, μετρό.

3.5.5.1 Πλακίδια τοίχου

Τα χαρακτηριστικά των πλακιδίων τοίχου είναι τα εξής:

- Πλακίδια κεραμικού υλικού.
- Χρώμα: Λευκό μέχρι κίτρινο.
- Ιστός: Λεπτόκοκκο και πορώδης.
- Μεγάλη υδροαπορρόφηση (γι' αυτό υποβάλλονται σε δεύτερη όπτηση και εφυάλωση).
- Η εφυάλωση είναι διαφανής ή έγχρωμη.

Οι διάφοροι τύποι πλακιδίων τοίχου είναι οι εξής:

- Με επιφάνεια: λεία, ματ ή ανάγλυφη.
- Έγχρωμα.
- Με μεγάλη αντοχή στον παγετό.
- Οξύμαχα (με μεγάλη αντίσταση στα οξέα και με μικρό πορώδες).

3.5.5.2 Πλακίδια δαπέδου

Τα πλακίδια δαπέδου είναι κεραμικά με λεπτόκοκκο ιστό, τα οποία υποβάλλονται σε όπτηση μέχρι να επέλθει επίτηξη.

Τα χαρακτηριστικά των πλακιδίων δαπέδου είναι τα εξής:

- Μεγάλη σκληρότητα.
- Αντοχή στην τριβή, στον παγετό και στα οξέα.
- Μικρή υδροαπορρόφηση.
- Καλή στεγανότητα.

Οι διάφοροι τύποι πλακιδίων δαπέδου είναι οι εξής:

- Εφυαλωμένα και μη.
- Λεία μονόχρωμα ή πολύχρωμα.
- Αγιορείτικου τύπου cotto.
- Αντιολισθητικά.
- Μικρά λεία, τα οποία είναι οι ψηφίδες.
- Επιμήκη για χρήση σε σοβατεπί.

3.5.6 Κατανάλωση ενέργειας

Η βιομηχανία οικοδομικών προϊόντων από πηλό έχει κάνει θετικά βήματα για την αντιμετώπιση των στοιχείων της διεργασίας που είναι σχετικά με το περιβάλλον.

Η ενέργεια που καταναλώνεται κατά την κατασκευή προϊόντων από πηλό είναι κυρίως αυτή που χρησιμοποιείται κατά την σχηματουργία, την ξήρανση και την όπτηση. Αφού το κόστος

της ενέργειας είναι σημαντικό μέρος του συνολικού κόστους παραγωγής (μέχρι 30%), η βιομηχανία πηλού έχει πάντα υπό στενή παρακολούθηση την ανάλωση της ενέργειάς της.

Στην καλή και σωστή όπτηση οφείλεται η εξαιρετικά μακρά ζωή των τούβλων. Εξάλλου, μερικά προϊόντα είναι σχεδιασμένα ώστε να «σώζουν» ενέργεια, όταν ενσωματώνονται στα κτίρια και η θερμική επίδοση τέτοιων προϊόντων έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια.

Υπάρχουν τρεις τρόποι διαχείρισης της κατανάλωσης ενέργειας:

- i. Επιλογή μορφής ενέργειας.
- ii. Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
- iii. Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Για τις περισσότερες εργασίες ξήρανσης και όπτησης των τούβλων χρησιμοποιούνται το φυσικό αέριο, το υγρό προπάνιο (LPG) και τα υγρά καύσιμα, αλλά μερικές φορές χρησιμοποιούνται επίσης τα ξηρά καύσιμα και το ηλεκτρικό ρεύμα, καθώς και αέριο από την υγειονομική ταφή σκουπιδιών. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται με αυξανόμενο ρυθμό στα εργοστάσια. Αυτή η μορφή ενέργειας παράγει το λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα – CO₂ (57 kg CO₂ / GJ, έναντι του υγρού καυσίμου, το οποίο παράγει 75 kg CO₂ / GJ).

Παντού στη βιομηχανία, η εκτεταμένη αλλαγή προς αέρια καύσιμα και οι βελτιώσεις στην ξήρανση, στην τεχνολογία των κλιβάνων και στον έλεγχο, έχει σαν αποτέλεσμα την προοδευτική μείωση χρήσης ενέργειας και την αξιοσημείωτη μείωση εκπομπών ρύπων.

Οι κύριες βελτιώσεις της διεργασίας είναι:

- βελτιωμένος σχεδιασμός των ξηραντήρων και των κλιβάνων,
- έλεγχος μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή των συστημάτων ξήρανσης και όπτησης,
- ανάκτηση της περίσσειας θερμότητας από τους κλιβάνους (κυρίως καυτός αέρας από τις ψυχόμενες ζώνες των κλιβάνων που οδηγείται σε ξηραντήρες) και
- τροποποιήσεις στο προϊόν.

Η αντικατάσταση των συμβατικών πηγών ενέργειας με ανανεώσιμες βρίσκεται σε σταθερή πρόοδο. Σε πολλές διεργασίες παραγωγής κεραμικών προϊόντων μπορούν να προστεθούν στον ακατέργαστο πηλό βιογενικά πρόσθετα, όπως το πριονίδι. Η χρησιμοποίηση τέτοιων προσθέτων προσφέρει δύο πλεονεκτήματα. Το πρώτο είναι μια πρόσθετη πηγή ενέργειας και το δεύτερο είναι η ελάφρυνση των προϊόντων και η αύξηση της θερμομονωτικής τους επάρκειας. Η πρόσθετη ενέργεια επιτυγχάνεται με τη μείωση της κατανάλωσης φυσικών καυσίμων και συνεπώς της εκπομπής CO₂.

Αυτά τα πρόσθετα επιλέγονται κυρίως πάνω σε τεχνικές, περιβαλλοντολογικές και υγειονομικές βάσεις. Αυτά πρέπει να έχουν ένα ευεργετικό αποτέλεσμα επί των τεχνικών ιδιοτήτων των προϊόντων. Δεν πρέπει να παράγουν επιβλαβείς εκπομπές ή εάν παράγουν πρέπει να μπορούν να υπόκεινται σε έλεγχο. Και δεν πρέπει να δημιουργούν κίνδυνο ως προς την υγεία στους εργάτες στο εργοστάσιο και στην κατασκευή.

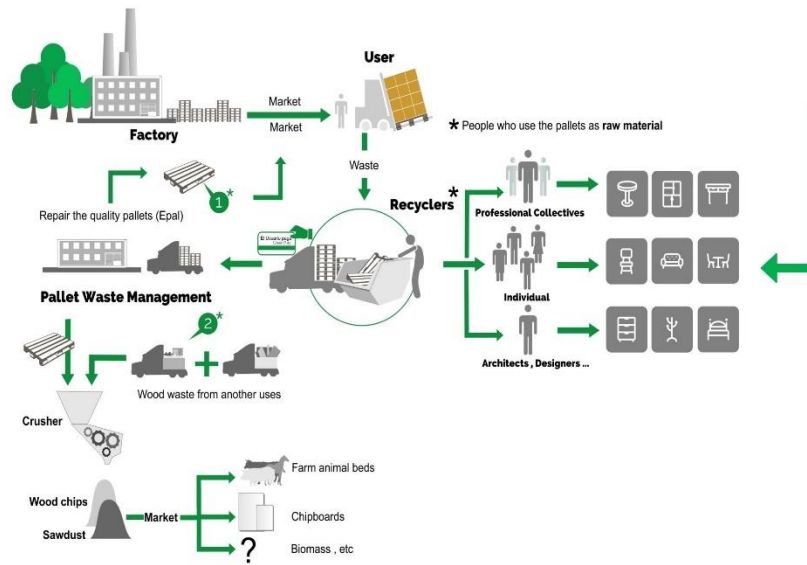
3.6 Ξύλο

Το ξύλο είναι ένα από τα παλαιότερα δομικά υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος στις κατασκευές του. Εύκολα επεξεργάσιμο και σχεδόν πάντα έτοιμο για χρήση, έχει συντελέσει

αποφασιστικά στην επιβίωση του ανθρώπου και την ανάπτυξη του πολιτισμού. Ως βιομηχανικό προϊόν ακολουθεί τις βιομηχανικές και τεχνολογικές εξελίξεις, με συνεχή βελτίωση της ποιότητάς του, πολλαπλασιασμό των μορφών με τις οποίες χρησιμοποιείται και μείωση του κόστους. Είναι σπουδαίο και πολύ χρήσιμο υλικό και αυτό γιατί παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Μερικά από αυτά είναι τα εξής:

- Δομικό υλικό ανανεώσιμο από την φύση, το μόνο που μπορεί να ανανεώνεται με ρυθμό μεγαλύτερο από την κατανάλωση.
- Υψηλές αντοχές, μικρό ίδιο βάρος.
- Κατασκευές που εντάσσονται αρμονικά στο περιβάλλον.
- Αχρηστευόμενο δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, διότι κάτω από κατάλληλες συνθήκες, αποσυντίθεται.
- Μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, υφής και σχεδίασης.
- Θερμομονωτικές ιδιότητες.
- Κακός αγωγός του ηλεκτρισμού.
- Μικρή θερμική συστολή και διαστολή.
- Καλές ακουστικές ιδιότητες.
- Αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων.
- Σχετικά εύκολη επεξεργασία, με μικρή κατανάλωση ενέργειας.
- Αν και καιγόμενο υλικό, έχει σε ικανοποιητικό βαθμό προβλέψιμη συμπεριφορά έναντι πυρός (από την αρχή του 20ου αιώνα εντάχθηκε στο σύστημα ακριβούς υπολογισμού χρόνου αντοχής στην πυρκαγιά).

Σε αντίθεση με άλλα δομικά υλικά, το ξύλο παρουσιάζει εξαιρετικά μεγάλη ποικιλία παραλλαγών της δομής του, τόσο σε σχέση με το είδος του δέντρου από το οποίο παράγεται όσο και με την θέση που κατέχει μέσα στον κορμό. Τα βασικά μειονεκτήματα του ξύλου (βιολογική φθορά, πιθανή έντονη μεταβολή των διαστάσεων, η ιδιότητα του να συντηρεί την φωτιά) αναιρούνται εύκολα με τον κατάλληλο σχεδιασμό. Η μεταβλητότητα δομής και ιδιοτήτων, χαρακτηριστικό όλων των φυσικών προϊόντων, αντιμετωπίζεται στην πράξη με ποιοτική ταξινόμηση και συστηματικό έλεγχο, ώστε κάθε πιστοποιημένο τεμάχιο έχει σαφώς καθορισμένες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες.



Εικόνα 3.11 Κύκλος Ζωής μίας ξύλινης παλέτας [14].

3.6.1 Ταξινόμηση δέντρων

Τα δέντρα από τα οποία παράγεται η δομική ξυλεία κατατάσσονται σε κωνοφόρα ή αειθαλή (π.χ. πεύκη, ελάτη, κυπαρίσσι, κλπ) και πλατύφυλλα ή φυλλοβόλα (π.χ. δρυς, οξιά, κλπ). Η δομική ξυλεία σημαίνεται με C (coniferous=κωνοφόρο) ή D (deciduous=φυλλοβόλο), κατ' αντιστοιχία προς το δέντρο παραγωγής της.

Η ξυλεία από κωνοφόρα ή βελονοφόρα δέντρα χαρακτηρίζεται ως **μαλακή ξυλεία** (softwood). Στα κωνοφόρα δέντρα συμπεριλαμβάνονται η πεύκη, η ελάτη, το κυπαρίσσι, ο ίταμος, η άρκευθος, η ψευδοτσούγκα (Douglas fir), το pitch-pine κ.ά.

Η ξυλεία από πλατύφυλλα ή φυλλοβόλα δέντρα χαρακτηρίζεται ως **σκληρή ξυλεία** (hardwood). Στα πλατύφυλλα συμπεριλαμβάνονται η δρυς, η καστανιά, η καρυδιά, η συμήδα, το σφενδάμι, η φτελιά, η μουριά, η ελιά, η ακακία, η οξυά, ο πλάτανος, η κλήθρα, η φουντουκιά, η φιλύρα, η λεύκη κ.ά.

Οι ονομασίες «μαλακή» ή «σκληρή» ξυλεία δεν συνεπάγονται αντίστοιχη σκληρότητα του προϊόντος που παράγεται.

3.6.2 Διαβάθμιση ξυλείας

Η δομική ξυλεία, όπως όλα τα δομικά υλικά, κατατάσσεται σε κατηγορίες αντοχών. Η κατάταξη γίνεται κατά την παραγωγή στο εργοτάξιο, με Οπτική ή Μηχανητή Διαβάθμιση και κάθε τεμάχιο σημαίνεται με κατάλληλη σήμανση.

Η Οπτική Διαβάθμιση βασίζεται στην οπτική αποτίμηση της σπουδαιότητας των ελαττωμάτων του ξύλου (μέγεθος και διάταξη ρωγμών, της πυκνότητας και ευθυγραμμίας των ινών του ξύλου, ρωγμές κ.ά.), την αξιολόγηση του πάχους των ετησίων δακτυλίων. Είναι απλή, άμεση

και οικονομική μέθοδος εκτίμησης αντοχών, χωρίς απαιτήσεις οργάνων και εγκαταστάσεων και πραγματοποιείται από άτομα με ειδική και πιστοποιημένη εκπαίδευση και εμπειρία.

Η Μηχανητή Διαβάθμιση βασίζεται στην μέτρηση του μέτρου ελαστικότητας και την σταθερή συσχέτιση όλων των παραμέτρων μηχανικής συμπεριφοράς του ξύλου (αντοχή, μέτρο ελαστικότητας, πυκνότητα) μεταξύ τους, μέσω ειδικών μηχανών. Έχει υψηλό βαθμό αξιοπιστίας, που βελτιώνεται εάν συνεκτιμηθούν και άλλες παράμετροι καθορισμού των αντοχών του ξύλου.

Λόγω της ποικιλίας των ξύλινων στοιχείων και των επιρροών που μπορεί να έχει υποστεί η ξυλεία από την παραγωγή μέχρι την παραλαβή στο εργοτάξιο για εφαρμογή, ο υπεύθυνος της κατασκευής πρέπει να είναι σε θέση να εκτελέσει έναν έλεγχο, μια βασική οπτική αξιολόγηση του προς χρήση ξύλινου στοιχείου.

Η παρουσία των φυσικών ελαττωμάτων και κυρίως των ρόζων (διάταξη, θέση, αριθμός, μέγεθος) αποτελεί τον κρισιμότερο παράγοντα καθορισμού των μηχανικών ιδιοτήτων, γι' αυτό το ξύλο, σε αντίθεση με τα άλλα δομικά υλικά (σκυρόδεμα, χάλυβα κ.ά. δεν μπορεί να διαβαθμιστεί μέσω δοκιμών «καθαρών», δηλαδή μικρών κομματιών ξύλου σε εργαστήρια. Διαβαθμίζεται όλο το δομικό μέλος, όπως θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή.

Απαιτείται στο σόκορο κάθε ξύλινου μέλους να αναγράφονται με σαφήνεια η κλάση αντοχής του, το είδος του, το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας, καθώς και άλλες πληροφορίες που αφορούν τον κανονισμό και τον οργανισμό πιστοποίησης του.



Εικόνα 3.12 Σφραγίδα πιστοποίησης αντοχής και ποιότητας, στο σόκορο ξύλινου μέλους [15].

3.6.3 Ιδιότητες ξύλου

Η γνώση των ιδιοτήτων κάθε είδους ξύλου είναι βασική προϋπόθεση για την αξιοποίηση του σε προϊόντα και κατασκευές.

3.6.3.1 Φυσικές ιδιότητες

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του υλικού είναι η ανισοτροπία και η υγροσκοπικότητα, εξαιτίας των οποίων διαμορφώνονται σε σημαντικό βαθμό οι ιδιότητές του.

Η πυκνότητα ορίζεται ως ο λόγος της μάζας του ξηρού ξύλου που περιέχεται σε ορισμένο όγκο ξύλου και είναι το σημαντικότερο φυσικό χαρακτηριστικό του ξύλου. Κυμαίνεται μεταξύ 100 έως 1200 kg/m³ (στα ελληνικά ξύλα 0,3-0,9 kg/m³ – η συνήθης πυκνότητα κωνοφόρων είναι ~ 400kg/m³). Διαφέρει όχι μόνο σε είδη του ιδίου είδους (π.χ. διαφορετικά είδη δρυός) αλλά και σε διαφορετικά δέντρα του ιδίου είδους και σε διαφορετικές θέσεις της ξυλείας στον κορμό. Επειδή σχετίζεται στενά με τις μηχανικές ιδιότητες, έχει αρκετά μεγάλη σημασία ως δείκτης ποιότητας του ξύλου.

Η υγροσκοπικότητα είναι η ιδιότητα του ξύλου να αποβάλλει ή να προσλαμβάνει υγρασία, ανάλογα με την σχετική υγρασία και θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ώσπου να φτάσει σε μια κατάσταση ισορροπίας.

Το ποσοστό περιεχομένης υγρασίας εκφράζεται επί τοις εκατό (%) ως το βάρος του νερού που περιέχεται στο ξύλο ανηγμένο στο βάρος του ξηρού ξύλου. Από το ποσοστό υγρασίας εξαρτώνται όλες οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου, η παραμορφωσιμότητα, η ανθεκτικότητα στον χρόνο, η δυνατότητα επεξεργασίας, η αντίσταση σε μύκητες και έντομα, κ.ά. Μεταβάλλεται ακολουθώντας τις συνθήκες του περιβάλλοντος (σχετική υγρασία και θερμοκρασία) έως ότου το ποσοστό υγρασίας του ξύλου φτάσει το ποσοστό ισορροπίας του (όχι την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος).

Η ρίκνωση και διόγκωση είναι η αυξομείωση των διαστάσεων του ξυλοτεμαχίου, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας του. Οι διαστάσεις μεταβάλλονται ανάλογα με την διεύθυνση των ινών του ξυλοτεμαχίου (περίπου 0,4% αξονικά, 4% ακτινικά, 8% εφαπτομενικά, επί των διαστάσεων του ξηρού ξύλου), άρα ανάλογα με την κοπή του συγκεκριμένου τεμαχίου ξύλου.

3.6.3.2 Μηχανικές ιδιότητες

Η γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων κάθε ξύλινου στοιχείου είναι βασική προϋπόθεση για την αξιοποίησή του σε προϊόντα και κατασκευές. Οι ιδιαίτερες υψηλές αντοχές του ξύλου είναι σε δυνάμεις παραλλήλως προς τις ίνες του. Ένας απλός συσχετισμός του υλικού που περιγράφει και ερμηνεύει την μηχανική συμπεριφορά του ξύλου είναι μια δέσμη από σωλήνες: οι αντοχές της δέσμης για ένταση παραλλήλως προς τους σωλήνες είναι πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες αντοχές για ένταση καθέτως προς αυτούς. Το ξύλο, όπως όλα τα υλικά, εμφανίζει ερπυσμό. Οι ερπυστικές παραμορφώσεις καθορίζονται, εκτός από την διάρκεια της φορτίσεως, από τις συνθήκες υγρασίας του περιβάλλοντος και μπορεί να είναι σημαντικές.

Η αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας καθορίζονται, λόγω της ανισοτροπίας του υλικού στις διάφορες αυξητικές διευθύνσεις (παραλλήλως, καθέτως και υπό γωνία προς τις ίνες). Επηρεάζονται από τα φυσικά ελαττώματα του ξύλου, την πυκνότητα, το ποσοστό υγρασίας (η αύξηση της υγρασίας συνεπάγεται μείωση των αντοχών και την διάρκεια φορτίσεως (όπως για όλα τα υλικά).

Διαθέτει πολύ υψηλές εφελκυστικές και θλιπτικές αντοχές παραλλήλως προς τις ίνες (για μια μέση κατηγορία αντοχής κωνοφόρων, η χαρακτηριστική εφελκυστική και η θλιπτική αντοχή παραλλήλως προς τις ίνες είναι, αντιστοίχως: ~15 MPa και ~21 MPa). Το μέτρο ελαστικότητας του ξύλου είναι σχετικά μικρό (για μια μέση κατηγορία αντοχής κωνοφόρων, το μέσο μέτρο ελαστικότητας είναι της τάξεως των 10 GPa).

Όσον αφορά στον ερπυσμό, οι τελικές ερπυστικές παραμορφώσεις για το ξύλο είναι μέχρι και τριπλάσιες από τις στιγμιαίες, ελαστικές παραμορφώσεις ενός ξύλινου φορέα. Ο υπολογισμός

γίνεται με απλό τρόπο, με την εισαγωγή ενός ερπυστικού συντελεστή ο οποίος καθορίζεται ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και την διάρκεια της φορτίσεως.

3.6.4 Βιομηχανικά δομικά προϊόντα ξύλου

Σήμερα στο εμπόριο το ξύλο, εκτός από την φυσική του μορφή, απαντά με την μορφή βιομηχανικών προϊόντων. Προκύπτει έτσι ξυλεία με ειδικές μορφές ή/και βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά (π.χ. συγκολλητή ξυλεία, αντικολλητή ξυλεία, LVL) ή από την αξιοποίηση άχρηστων τμημάτων του φυσικού ξύλου και προϊόντα της κατεργασίας του (μοριόπλακες, ινόπλακες).

Ένας σημαντικός αριθμός Προτύπων (EN) που συνοδεύουν τον Ευρωκώδικα προδιαγράφει μεθόδους δοκιμών για την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών τέτοιων προϊόντων, ώστε να γίνεται δυνατή η αξιόπιστη ένταξή τους στο πλαίσιο των Κανονισμών.

3.6.4.1 Ξυλεία ειδικών μορφών

Σημαντικότερα βιομηχανικά προϊόντα ξύλου με εφαρμογή στη δόμηση είναι τα εξής:

- **Συγκολλητή Ξυλεία (Glued Laminated, glulam):** Γραμμικά μέλη (ευθύγραμμα ή καμπύλα) ορθογωνικής διατομής (σταθερής ή μεταβλητής) που προκύπτουν από την κατά μήκος συγκόλληση σε εργοστασιακές συνθήκες χονδροσανίδων (λαμελλών) ξύλου σε στρώσεις.
- **Ξυλόφυλλα (ή Φύλλα) (καπλαμάδες, Plies):** Λεπτά φύλλα ξύλου με πάχος από 0,5-1,0mm μέχρι 8-10mm. Δεν χρησιμοποιούνται ως έχουν· χρησιμοποιούνται για την παραγωγή συνθετότερων προϊόντων (αντικολλητή ξυλεία (plywood), ξυλεία συγκολλημένων φύλλων (LVL), πηχοσανίδες κλπ).
- **Αντικολλητή Ξυλεία (κόντρα-πλακέ, Plywood):** Επίπεδα στοιχεία που προκύπτουν από ξυλόφυλλα συγκολλημένα μεταξύ τους σε στρώσεις, με τρόπο ώστε οι διευθύνσεις των ινών δύο διαδοχικών στρώσεων να σχηματίζουν γωνία 90° μεταξύ τους.
- **Ξυλεία Συγκολλημένων Φύλλων (ΞΣΦ, Laminated Veneer Lumber, LVL):** Γραμμικά ή επιφανειακά στοιχεία που παράγονται από συγκόλληση ξυλοφύλλων σε στρώσεις και κοπή στις επιθυμητές διαστάσεις.
- **Πηχόπλακες (πλακάς):** Τρίστρωτες πλάκες που αποτελούνται από μια στρώση ξυλίνων πηχεων και δύο πλάκες αντικολλητής ξυλείας κολλημένες εκατέρωθεν.

3.6.4.2 Προϊόντα κατεργασίας υπολειμμάτων ξύλου

Από την κατεργασία των υπολειμμάτων της φυσικής ξυλείας (τεμαχίδια ξύλου, πριονίδια, κομμάτια από κλαδιά κ.ά.) ή και από τον επί τούτου θρυμματισμό του ξύλου παράγονται βιομηχανικά προϊόντα μορφής πλάκας με διάφορες χρήσεις στην δόμηση. Οι δύο βασικότερες κατηγορίες είναι οι μοριόπλακες και οι ινόπλακες.

- **Μοριόπλακες (particleboards):** Βασικό ρόλο στην κατασκευή των μοριοπλακών έχει η κόλλα ή όποια άλλη ουσία συνδέει τα επεξεργασθέντα τεμαχίδια. Περιλαμβάνουν τις Chipboards και τις Πλάκες Προσανατολισμένων Ινών. Οι Chipboards είναι οι τρίστρωτες πλάκες που προκύπτουν από την θερμή συγκόλληση τεμαχιδίων του ξύλου. Οι εξωτερικές τους στρώσεις είναι καλύτερης ποιότητας από τις εσωτερικές. Οι Πλάκες Προσανατολισμένων Ινών (Oriented Strand Board, O.S.B.) είναι οι τρίστρωτες πλάκες

των οποίων οι δύο εξωτερικές στρώσεις αποτελούνται από επιμήκη τεμαχίδια διατεταγμένα κατά τον κύριο άξονα των πλακών.

- **Ινόπλακες (fibreboards):** Περιλαμβάνουν τα MDF, hardboards κ.ά. Είναι πλάκες που παράγονται από τεμαχίδια ξύλου που μέσω τριβής μετατρέπονται σε ίνες. Βασική (ή και μοναδική) συγκολλητική ουσία σε αυτή την περίπτωση είναι η ίδια η λιγνίνη του ξύλου.

3.7 Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο δεν ανήκει στα βαρέα μέταλλα και έχει ως πρώτη ύλη τον βωξίτη. Η παραγωγή του είναι αρκετά ενεργοβόρα και ελευθερώνει μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και φθόριο υψηλής τοξικότητας. Το αλουμίνιο είναι μέταλλο αργυρόλευκο, στιλπνό και ανθεκτικό στις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών και καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Έχει πολύπλευρες δυνατότητες δομικών εφαρμογών, τόσο σαν καθαρό αλουμίνιο όσο και με την μορφή κραμάτων. Το αλουμίνιο και τα κράματα του μπορούν να υποστούν κατεργασία με αφαίρεση υλικού πολύ ευκολότερα από άλλα μέταλλα.

Το αλουμίνιο παρουσιάζει πολλές ιδιότητες. Αρκετές από αυτές είναι οι εξής:

- **Είναι ελαφρύ.** Η πυκνότητα του είναι $2,7 \text{ g/cm}^3$ περίπου το $1/3$ της πυκνότητας του χάλυβα. Ένα εξάρτημα από αλουμίνιο έχει μόνο το $1/3$ της μάζας ενός χαλύβδινου ομοίων διαστάσεων. Αυτό σημαίνει ελαφρότερος χειρισμός στην χειρονακτική κατεργασία. Οι πόρτες και τα παράθυρα είναι ελάχιστα βαρύτερα από τα ξύλινα.
- **Έχει αντοχή.** Η αντοχή σε εφελκυσμό του χυτού αλουμινίου είναι περίπου 100 N/mm^2 , φτάνει δηλαδή την αντοχή του καθαρού χάλυβα κατασκευών.
- **Είναι ανθεκτικό στην διάβρωση.** Σχηματίζεται στην επιφάνεια του μια λεπτή αλλά πυκνή και με ισχυρή πρόσφυση οξειδωμένη στοιβάδα. Με επιφανειακή επεξεργασία (ανοδική οξείδωση), αυτή η οξειδωμένη στοιβάδα ενισχύεται. Για αυτόν τον λόγο το αλουμίνιο είναι ανθεκτικό στις κανονικές ατμοσφαιρικές επιδράσεις. Η διάρκεια ζωής αλουμινένιων τεμαχίων στις μεταλλικές κατασκευές είναι εξαιρετικά μεγάλη.
- **Διαμορφώνεται εύκολα και παρουσιάζει πολύπλευρη κατεργασία.** Μπορεί να υποστεί έλαση, σφυρηλασία, συμπίεση, πριόνισμα, τρύπημα κ.ά. Ορισμένα χυτοκράματα, μπορούν να χυτευθούν καλά, ενώ άλλα μπορούν να συγκολληθούν.
- **Είναι καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.** Η θερμική αγωγιμότητα του είναι τετραπλάσια από αυτή του χάλυβα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του είναι διπλάσια άλλων αγωγών του ίδιου βάρους, όπως για παράδειγμα του χαλκού. Το 95% των αγωγών υψηλών τάσεων έχουν πυρήνα από σύρματα αλουμινίου.
- **Δεν είναι ανθεκτικό στην θερμότητα.** Έχει σημείο τήξεως τους 660°C και μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς μεγάλη απώλεια της αντοχής του έως τους 150°C .
- Η **χαμηλή πυκνότητα** του σε συσχετισμό με την **μεγάλη του αντοχή και την ανθεκτικότητα του στην διάβρωση** το κάνουν ένα εξαιρετικό υλικό για τις ελαφριές κατασκευές.
- Η **καλή αγωγιμότητα του στο ρεύμα**, επιτρέπει την χρήση του ως αγωγού.
- Έχει **μεγάλη διάρκεια ζωής**.
- Δεν είναι ακριβό σε σχέση με τον χαλκό.
- Είναι ανακυκλώσιμο, αλλά η διεργασία είναι ενεργοβόρα.

Για επικαλύψεις στεγών και επενδύσεων τοίχων χρησιμοποιείται αλουμίνιο μόνο σε ταινίες και φύλλα. Τα φύλλα χρησιμοποιούνται και για διακοσμητικούς λόγους. Το κράμα του χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή τυποποιημένων ελασμάτων. Ακόμη κυκλοφορούν φύλλα και ταινίες αλουμινίου με επικαλύψεις. Η πιο διαδεδομένη χρήση του είναι τα κουφώματα αλουμινίου και κυρίως τα εξωτερικά τα οποία έχουν μεγάλη αντοχή στις καταπονήσεις, μπορούν να καλύψουν μεγάλα ανοίγματα, μικρό βάρος και καλή λειτουργία. Γι' αυτούς τους λόγους θεωρούνται και πιο αποτελεσματικά από τα ξύλινα κουφώματα.



Εικόνα 3.13 Κύκλος Ζωής Αλουμινίου [16].

3.8 Γυαλί (ύαλος)

Το γυαλί κατασκευάζεται από σύντηξη άμμου, σόδας, ασβεστόλιθου και περιέχει πυριτικά άλατα νατρίου, ασβεστίου κ.ά., ενώ με πρόσμιξη διάφορων μεταλλικών οξειδίων χρωματίζεται. Είναι άμορφο υλικό και σχηματίζεται από πλήθος ενώσεων. Η χρήση του βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Το πυριτικό γυαλί είναι η πιο σημαντική κατηγορία. Σε συνήθεις θερμοκρασίες είναι στεγανό, διαφανές, χημικά αδρανές, συμπαγές, δεν κρυσταλλώνεται και δεν διαλύεται σε διαλύτες.

Τα διάφορα είδη γυαλιού περιέχουν διάφορες επιπρόσθετες χημικές ουσίες, ανάλογα με την ιδιότητα που θέλουν να προσδώσουν στο τελικό προϊόν (π.χ. η βιομηχανική ύαλος Jena περιέχει K_2O που προσδίδει στο μίγμα σκληρότητα και μεγαλύτερη αντοχή στα χημικά αντιδραστήρια). Περιέχει βοριοπυριτικά για να είναι περισσότερο ανθεκτικό στην θερμότητα.

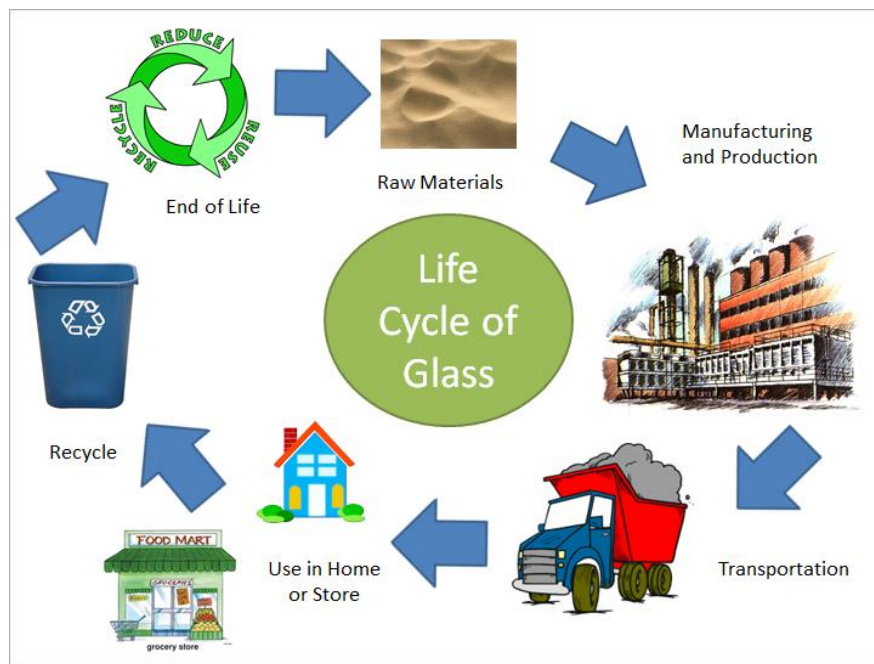
Οι ιδιότητες του γυαλιού που συντέλεσαν στην καθιέρωση του ως δομικό υλικό είναι οι ακόλουθες:

- i. **Διαφάνεια:** Το γυαλί αποτελεί σχεδόν το μοναδικό δομικό υλικό με αυτή την ιδιότητα. Το γυαλί είναι διαπερατό από τις ορατές ακτίνες του ηλίου, αλλά αδιαπέρατο από τις υπεριώδεις και τις υπέρυθρες.
- ii. **Αγωγιμότητα:** Το γυαλί έχει πολύ χαμηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα.
- iii. **Μεγάλη αντοχή στη γήρανση και τις χημικές επιδράσεις:** διαθέτει σχεδόν μηδενικό πορώδες, η αντοχή του σε θλίψη είναι σχεδόν 2000 kp/cm^2 και σε ελκυσμό 100 kp/cm^2 .

Τα κυριότερα ελαττώματα του γυαλιού είναι η μικρή αντοχή του σε κρούση και η απουσία πλαστικότητας, με συνέπεια να θραύεται.

Τα ευρέως χρησιμοποιούμενα γυαλιά – τζάμια που χρησιμοποιούνται και τα χαρακτηριστικά αυτών είναι:

- **Κοινό γυαλί:** φθινό προϊόν, εύκολη κοπή, διαθέσιμο σε απόθεμα, τυποποιημένο.
- **Οπλισμένο γυαλί:** εύκολη κοπή, διαθέσιμο σε απόθεμα.
- **Γυαλί μετά από επεξεργασία ανόπτησης:** πολύ πιο ανθεκτικό από το κοινό γυαλί, όταν σπάσει θραύεται σε μικρά κομμάτια.
- **Τζάμια στα οποία τοποθετούνται πολυεστερικά φιλμ:** επικόλληση σε υπάρχοντα τζάμια, συγκράτηση των σπασμένων τζαμιών, μικρότερος βαθμός επικινδυνότητας.



Εικόνα 3.14 Κύκλος Ζωής Γυαλιού [17].

Τα κρύσταλλα υφίστανται ειδική κατεργασία λείανσης και στίλβωσης και από τις δύο πλευρές και έτσι η επιφάνεια τους είναι τελείως επίπεδη παρουσιάζοντας τέλεια διαφάνεια. Χρησιμοποιούνται για επένδυση πολυτελών κτιρίων, βιτρινών, εσωτερικών χώρων, επιπλώσεων κ.ά. Τα οπλισμένα κρύσταλλα, αποτελούν μια ειδική κατηγορία κρυστάλλων. Πρόκειται για υαλοπίνακες με ενσωματωμένο συρμάτινο πλέγμα (πυρανασταλτικό) που χρησιμοποιούνται σε τμήματα οικοδομών με απαιτήσεις πυρασφάλειας, σε φρεάτια ανελκυστήρων κ.ά. Οι αντιπυρικοί υαλοπίνακες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή διάφανων αντιπυρικών θυρών και χωρισμάτων αποτελούνται είτε από κρύσταλλο, είτε από στρωματοποιημένα κρύσταλλα ασφαλείας. Τα τζάμια ασφαλείας είναι αυτά που σε περίπτωση θραύσης τους συγκρατούν τα επικίνδυνα υαλοθραύσματα.

Κατασκευάζονται με την συγκόλληση δύο ή περισσότερων τζαμιών, με την ενδιάμεση τοποθέτηση ελαστικών τεχνικών ρητινών. Μετά την θραύση του υαλοπίνακα τα θραύσματα μένουν κολλημένα στο ενδιάμεσο στρώμα και αποφεύγεται έτσι η πρόκληση τραυματισμών. Τα κρύσταλλα διατίθενται σε διάφορα χρώματα για να ικανοποιήσουν απαιτήσεις και κυρίως

επενδύσεις εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Προσφέρουν ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, τις θερμοκρασιακές μεταβολές και την γήρανση. Για την αντιμετώπιση της απώλειας θερμότητας συνίσταται η χρήση διπλών ή τριπλών τζαμιών τα οποία είναι σφραγισμένα μεταξύ τους με στρώμα αέρος, απαλλαγμένο από υγρασία για να μην θαμπώνουν. Με την χρήση διπλών τζαμιών επιτυγχάνεται μείωση της διαφυγής θερμότητας κατά 47% και μείωση θορύβου κατά 32%.

Υπάρχουν πολλά είδη τζαμιών που υφίστανται επεξεργασία για να καλύψουν διάφορες απαιτήσεις. Μια ειδική κατηγορία είναι τα οπλισμένα τζάμια. Πρόκειται για χυτά τζάμια στη μάζα των οποίων εισάγεται συρμάτινο πλέγμα και εμποδίζει έτσι την δημιουργία επικίνδυνων θραυσμάτων.

Τα θερμοπροστατευτικά και πυροπροστατευτικά τζάμια συγκρατούν επίσης τα θραύσματα, ενώ κατά την παρασκευή τους εκτίθενται σε ατμούς μετάλλων, δημιουργώντας ένα στρώμα που αντανακλά τη θερμική ακτινοβολία. Άλλα θερμοπροστατευτικά τζάμια είναι αυτά που αντανακλούν την ακτινοβολία, παρέχοντας έτσι προστασία από υψηλές θερμοκρασίες. Αντέχουν σε θερμοκρασία μέχρι και 300°C και αντανακλούν το 85% με 90% της θερμότητας. Με την τοποθέτηση τους πρέπει να γίνεται χρήση ειδικού στόκου που να είναι ανθεκτικός σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ πρέπει να μονώνεται περιμετρικά, ώστε να μην μεταδίδεται στο γυαλί θερμότητα από το πλαίσιο.

3.9 Χρώματα

Ως χρώματα θεωρούνται οι υγρές ουσίες που στερεοποιούνται μετά την εφαρμογή τους στις επιφάνειες δομικών στοιχείων, δημιουργώντας λεπτή αναλογικά, μεμβράνη επικάλυψης. Τα χρώματα θεωρούνται η τελική εξωτερική επένδυση ορισμένων κτιρίων ή τμήματος αυτών. Κατασκευάζονται από ένα πτητικό υλικό, το διαλύτη, που διατηρεί το χρώμα στη σωστή σύσταση για χρήση και ένα μη πτητικό υλικό, τη βάση που δημιουργεί τη στέρεη επικάλυψη και λειτουργεί ως συγκολλητική ουσία. Τα χρώματα χρησιμοποιούνται ως μέσα επιχρίσεως για να προστατεύσουν το εκάστοτε υπόστρωμα του ξύλου και του μετάλλου. Προστατεύουν σε εξαιρετικό βαθμό τις κατασκευές από διαβρώσεις αλλά και δίνουν αισθητική και διακοσμητική εμφάνιση στην κατασκευή.

Τα χρώματα και τα βερνίκια, αποτελούνται κυρίως από συνθέσεις ελαίων, φυσικών ή συνθετικών ρητινών, χρωστικών υλών και διαλυτών και από βοηθητικές ουσίες, όπως ουσίες επιτάχυνσης ξήρανσης. Αποσκοπούν τόσο στην προστασία του υποστρώματος από την πρόωρη γήρανση εξαιτίας των διαβρωτικών επιδράσεων, αλλά και στην αισθητική, καθώς το μέσο επικάλυψης είναι εκείνο το στοιχείο που τελικά φαίνεται και έρχεται σε οπτική επαφή με τον χρήστη. Το χρώμα που θα επιλεγεί πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του χρήστη αλλά και να συμφωνεί με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, σύμφωνα με την επιφάνεια την οποία θα καλύψει (π.χ. εσωτερικός ή εξωτερικός τοίχος), με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν (π.χ. καυσαέρια, σκόνη κ.α.), ή με τις συνθήκες χρήσης του υποστρώματος (π.χ. συχνό πλύσιμο, αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες κ.α.).

3.9.1 Σύσταση χρωμάτων

Κατά κανόνα τα χρώματα αποτελούνται σε βασικές γραμμές από τρία βασικά συστατικά:

- Τον φορέα ή συνδετικό υλικό
- Τα πιγμέντα

- Τους διαλύτες

καθώς και από ορισμένα πρόσθετα σε μικρότερο ποσοστό.

3.9.1.1 Φορείς

Ο φορέας ή συνδετικό υλικό είναι αυτός που μετά την ξήρανση του σχηματίζει τον υμένα (φιλμ) του χρώματος. Ο φορέας μπορεί να είναι κάποια φυσική ρητίνη ή λάδι, τροποποιημένα ή μη, κάποια συνθετική ρητίνη, ή κάποιο βερνίκι που παράγεται από συνδυασμό των παραπάνω. Συνήθως ο φορέας σήμερα αποτελείται από μία ή περισσότερες συνθετικές ρητίνες.

Οι πιο διαδεδομένες από τις συνθετικές ρητίνες που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι:

- αλκυδικές (κυρίως)
- εποξεικές,
- πολυουρεθάνης,
- ακρυλικές,
- βινυλικές,
- σιλικόνης,
- χλωριωμένου καουτσούκ,
- πολυεστέρες,
- εστέρες κυτταρίνης και άλλες.

Συνήθως οι ρητίνες είναι σε μορφή διαλυόμενη σε οργανικούς διαλύτες, αλλά μπορεί να είναι και σε υδατικές διασπορές, γαλακτώματα, υδατοδιαλυτές μορφές ή άλλα. Βέβαια πολλές συνθετικές ρητίνες έχουν σαν βάση είτε λάδια, είτε φυσικές ρητίνες ή και τα δύο.

3.9.1.2 Πιγμέντα

Μέσα στον φορέα είναι διεσπαρμένα ένα ή περισσότερα πιγμέντα. Τα πιγμέντα δίνουν στο χρώμα την αδιαφάνεια, και επομένως την καλυπτικότητα, το χρώμα (απόχρωση), και σε ορισμένες περιπτώσεις κάποια άλλη λειτουργικότητα, όπως την αντιδιαβρωτική προστασία στα αντισκωριακά, την τοξικότητα στα υφαλοχρώματα και άλλα. Εκτός από τα πρωτεύοντα πιγμέντα που έχουν τους παραπάνω ρόλους, υπάρχουν και τα δευτερεύοντα, που ονομάζονται και πληρωτικά υλικά (fillers, extenders). Τα πληρωτικά υλικά βοηθούν τα πρωτεύοντα πιγμέντα να αναπτυχθούν καλύτερα και το χρώμα να αποκτήσει όλες τις απαιτούμενες ιδιότητες χωρίς υπερβολική αύξηση του κόστους.

Συνήθως τα πιγμέντα είναι ανόργανες ουσίες σε σκόνη. Μερικές χρωστικές, όπως για παράδειγμα οι περισσότερες κόκκινες χρωστικές είναι οργανικές. Τα πιο διαδεδομένα πιγμέντα είναι:

- Λευκά: Διοξείδιο τιτανίου, οξείδιο ψευδαργύρου, λιθοπόνιο.
- Μαύρα: Αιθάλη, οξείδιο σιδήρου (μαύρο - μαγνητίτης).
- Μπλε: Φθαλοκυανίνες (οργανικά), σιδηροκυανιούχος σίδηρος (milori, Prussian blue).
- Κίτρινα: Οξείδιο σιδήρου (ώχρα), χρωμικός μόλυβδος, οργανικά πιγμέντα.
- Κόκκινα: Οξείδια σιδήρου (κόκκινα - αιματίτης), οργανικές λάκκες, άλατα μολυβδαινίου, άλατα καδμίου.
- Πράσινα: Οξείδιο χρωμίου, οργανικά πιγμέντα, συνδυασμοί κίτρινων και μπλε πιγμένων.
- Μεταλλικά: Αλουμίνιο, ψευδάργυρος, μπρούντζος.

- Αντισκωριακά: Μίνιο (επιτεταρτοξείδιο μολύβδου), χρωμικός ψευδάργυρος, φωσφορικός ψευδάργυρος.
- Πληρωτικά υλικά: Θεικό βάριο, ανθρακικό ασβέστιο, τάλκης, μίκα, πυριτικά άλατα, καολίνη.

3.9.1.3 Διαλύτες

Οι διαλύτες έχουν παροδική χρήση, όσο το χρώμα βρίσκεται σε υγρή κατάσταση. Βέβαια δίνουν στο χρώμα και ορισμένες ιδιότητες, όπως την ικανότητα “απλώματος” (flow), χωρίς την δημιουργία γραμμών από το πινέλο και πολλές άλλες.

Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται στην χρωματοβιομηχανία είναι:

- Υδρογονάνθρακες: White spirit (υποκατάστατο νεφτιού), ξυλόλη, τολουόλη, νάφθες.
- Αλκοόλες: Βουτανόλες, ισοπροπανόλη.
- Εστέρες: Οξεϊκός αιθυλεστέρας και βουτυλεστέρας κ.ά.
- Κετόνες: MIBK (μεθυλοισοβουτυλοκετόνη), MEK.
- Γλυκολαιθέρες και άλλοι διαλύτες.

Στους διαλύτες μπορεί κανείς να συμπεριλάβει και το νερό των υδατοδιαλυτών χρωμάτων. Οι υδρογονάνθρακες είναι με μεγάλη διαφορά ο πλέον χρησιμοποιούμενος διαλύτης στα χρώματα, και μάλιστα το white spirit στα συνήθη χρώματα πινέλου.

3.9.1.4 Πρόσθετα

Εκτός από τα παραπάνω συστατικά, στα χρώματα περιέχονται και άλλα συστατικά – πρόσθετα - σε μικρότερα ποσοστά, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο ρόλος τους είναι εξίσου μικρός.

Ενδεικτικά μερικά πρόσθετα είναι τα στεγνωτικά (καταλύτες για την οξείδωση), αντιπετσωτικά, αντικαθιζητικά, βοηθητικά “στρωσίματος” επιφάνειας (συνήθως τασιενεργά υλικά), διαβρέκτες για την επιτυχή ανάμιξη ανόργανων πιγμέντων με οργανικούς φορείς, αντιαφριστικά και πολλά άλλα.

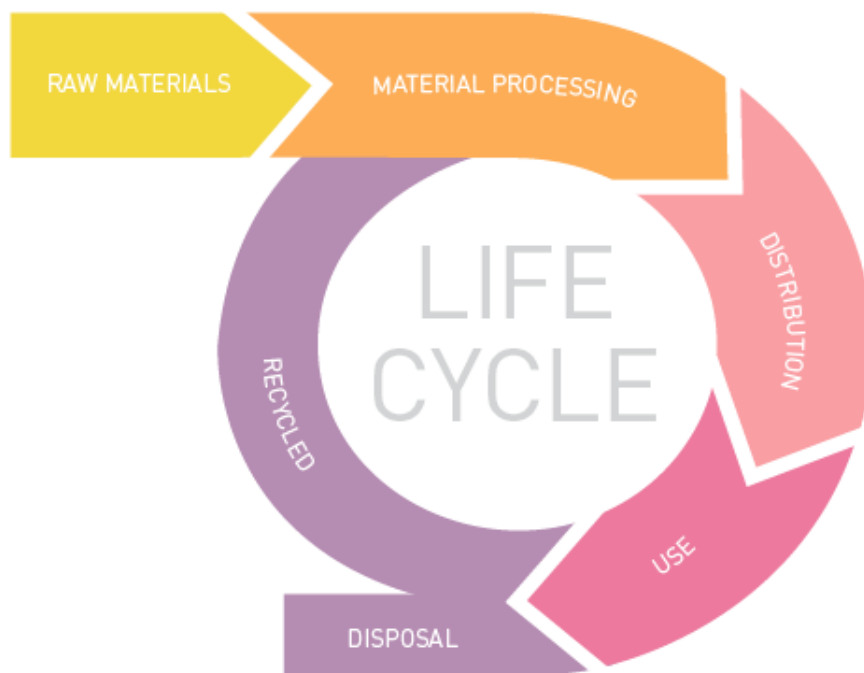
3.9.2 Κατηγορίες χρωμάτων

Υπάρχουν διαφανή, ημιδιαφανή και αδιαφανή χρώματα. Τα διαφανή χρώματα καλύπτουν ελάχιστα την υφή και το προϋπάρχον χρώμα της επιφάνειας του στοιχείου στο οποίο επιστρώνονται. Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται τα βερνίκια των ξύλων, των πέτρινων επιφανειών και των μωσαϊκών. Τα ημιδιαφανή χρώματα χρησιμοποιούνται για να σταθεροποιήσουν το χρώμα, όχι όμως την υφή της επιφάνειας. Τα αδιαφανή χρώματα καλύπτουν πλήρως την υποκείμενη επιφάνεια αλλάζοντας και την υφή της. Τα χρώματα οφείλουν να είναι ρευστά (για ευκολία εφαρμογής), να έχουν ομοιογένεια, να έχουν σταθερότητα χρώματος, να μπορούν να καθαρίζονται, με αντοχή σε γδαρσίματα και άλλες επιβαρύνσεις. Το πάχος της επίστρωσης έχει άμεση σχέση με την προστασία του υποστρώματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα χρώματα που έχουν μεγάλη αντοχή στα χημικά δεν έχουν καλή αντοχή στην πρόσφυση και αντίστροφα.

Τα χρώματα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες:

- **Ασβεστοχρώματα:** Περιέχουν ασβέστη, νερό και πηγμένα ανθεκτικά στον ασβέστη. Για την αύξηση της αντοχής τους στις καιρικές μεταβολές, προστίθεται στο μίγμα και μικρή ποσότητα βερνικιού λινελαίου ή καζεΐνη.
- **Τσιμεντοχρώματα:** Χρησιμοποιούνται συνήθως για να προσδώσουν λευκές ή παστέλ αποχρώσεις στο λευκό τσιμέντο Portland.

- **Χρώματα με υδρύαλο:** Η υδρύαλος είναι υγρό που αποτελείται από πυριτικό οξύ και σε διάφορες ουσίες, προς το σχηματισμό πυριτικών αλάτων. Οι επιχρίσεις με υδρύαλο είναι πολύ ανθεκτικές στις καιρικές μεταβολές και στις υπεριώδεις ακτινοβολίες εμποδίζοντας ταυτόχρονα την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Σε περίπτωση πυρκαγιάς εμποδίζουν την επέκταση της, αφού δεν καίγονται και δεν δημιουργούν τοξικές ουσίες.
- **Χρώματα με κόλλες:** Αποτελούνται από πηγμένα, νερό και διάλυμα κόλλας ρητίνης και είναι περιορισμένης χρονικής διάρκειας.
- **Χρώματα διασποράς:** Πρόκειται για όλα τα χρώματα που βρίσκονται σε κατάσταση αιωρημάτων, γαλακτωμάτων και αφρωδών, με τα οποία μπορούν να βαφούν όλοι σχεδόν οι εξωτερικοί τοίχοι.
- **Ελαιοχρώματα:** Παρασκευάζονται με ανάμιξη λινελαίου και λευκών ή έγχρωμων πηγμένων σε μορφή χυλού ή πάστας. Τα μειονεκτήματά τους είναι αντοχή σε χημικούς παράγοντες και καιρικές συνθήκες.
- **Χρώματα πούδρας:** Εφαρμόζονται με ειδικά μηχανήματα και έχουν περιορισμένη εφαρμογή, σε ορισμένα βιομηχανικά προϊόντα.
- **Χρώματα πυροπροστασίας - πυράντοχα:** Είναι χρώματα που αντέχουν στην φωτιά.
- **Χρώματα φιλικά προς το περιβάλλον:** Είναι χρώματα τα οποία δεν περιέχουν οργανικούς διαλύτες.



Εικόνα 3.15 Κύκλος Ζωής Χρωμάτων [18].

3.10 Μονώσεις (μονωτικά υλικά)

Τα πιο ευρέως διαδεδομένα μονωτικά υλικά βρίσκονται υπό μορφή panel ή ψεκαζόμενων αφρών που στο παρελθόν περιείχαν χλωροφθοράνθρακες (CFC's), ενώσεις εν μέρει υπεύθυνες για την καταστροφή του μανδύα του όζοντος. Τον τελευταίο καιρό οι ενώσεις αυτές έχουν αντικατασταθεί από άλλες ενώσεις όπως τα HCFC ή HFC. Ωστόσο, το μειονέκτημα των

καινούργιων αυτών ενώσεων είναι ότι ενισχύουν την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας και συνεπώς το φαινόμενο το θερμοκηπίου, εξαιτίας των αερίων που εκπέμπουν κατά τη διάρκεια της χρήσης τους. Άλλες επιλογές θα μπορούσαν να είναι οι μεταλλικές ίνες, όπως για παράδειγμα ο πετροβάμβακας ή το fibreglass, το cell glass ή άλλα ακόμα πιο οικολογικά υλικά όπως ο φελλός, υλικό από κάνναβη και η κυτταρίνη.

Προτιμώνται πάντα τα φυσικά υλικά έναντι των συνθετικών. Μεταξύ των συνθετικών υπάρχουν τρία είδη υλικών βάσει των διαστελλόμενων συστατικών τους που επιτυγχάνουν μονωτικές ιδιότητες:

- α) Αυτά που προσλαμβάνουν αέρα, όπως τα διογκωμένα πολυστυρένια (EPS),
- β) αυτά που περιέχουν CO₂, όπως για παράδειγμα μερικά εξωθούμενα πολυστυρένια ή HCFC, που είναι οι χειρότερες πιθανές επιλογές και
- γ) τα περισσότερα εξωθούμενα πολυστυρένια και πολυουρεθάνια.

Η κατασκευή μίας οικοδομής απαιτεί διαφορετικού είδους μονώσεις που κατασκευάζονται σε διαφορετικές φάσεις. Για τις περισσότερες τυπικές περιπτώσεις, οι παρακάτω τρεις τρόποι περιγράφουν τις πιο συνηθισμένες μεθόδους:

- **Μονώσεις υπογείου:** γίνονται περιμετρικά στα τοιχία και έχουν στόχο τη στεγάνωση. Δεν είναι απαραίτητη η θερμομόνωση αυτών των τοιχίων, γιατί προστατεύονται αρκετά από το χώμα που τα καλύπτει. Συνήθως τα υπόγεια είναι δροσερά το καλοκαίρι και ζεστά το χειμώνα.
- **Μονώσεις των εξωτερικών τοίχων του σπιτιού (ανωδομή):** στην περίπτωση του διπλού δρομικού τοίχου από τούβλα, η θερμομόνωση εξασφαλίζεται με πολυστερίνη (εξηλασμένη ή διογκωμένη) που τοποθετείται ανάμεσα στα δύο τοιχία. Το ίδιο υλικό χρησιμοποιείται και στα σημεία του σκελετού που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (κολώνες και δοκάρια, μόνο εξωτερικά). Η μόνωση του σκελετού τοποθετείται στη φάση κατασκευής του (δηλ. στα μπετά). Η στεγάνωση των τοίχων της ανωδομής εξασφαλίζεται από το σοβά (επιχρίσματα) και από το βάψιμό τους.
- **Μονώσεις δωματίων:** (δώμα = ταράτσα) απαιτείται θερμομόνωση και στεγάνωση. Η θερμομόνωση μπορεί να εξασφαλιστεί με χύτευση περλομπετόν ή αφρομπετόν και να ενισχυθεί με πολυστερίνη (εξηλασμένη ή διογκωμένη). Η στεγάνωση επιτυγχάνεται με επικόλληση ασφαλτόπανων. Στις σκεπές η μόνωση αποτελεί μέρος της εργασίας κατασκευής της σκεπής.

4 Μέθοδος Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

4.1 Ορισμός Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Ο Κύκλος Ζωής ενός κτιρίου, όπως και άλλων συστημάτων (διαδικασίες, υπηρεσίες, κ.ά.) ακολουθεί όπως και ζωή ενός βιολογικού οργανισμού έναν κύκλο. Με τον ίδιο τρόπο που οι βιολογικοί οργανισμοί γεννιούνται, αναπαράγονται και τελικά πεθαίνουν, έτσι και ένα κτίριο κατασκευάζεται, χρησιμοποιείται και τελικά κατεδαφίζεται [19].

"Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (AKZ, LCA - Life Cycle Assessment) είναι ένα εργαλείο εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον" [20].

Η AKZ είναι μια προσέγγιση "από την κούνια στον τάφο" (cradle-to-grave) για την αξιολόγηση βιομηχανικών συστημάτων. Η προσέγγιση αυτή αρχίζει με τη συλλογή των πρώτων υλών από τη γη που είναι απαραίτητες για να δημιουργηθεί το προϊόν και τελειώνει στο σημείο, όπου όλα τα υλικά επιστρέφονται στη γη. Η AKZ αξιολογεί όλα τα στάδια της ζωής ενός προϊόντος από τη σκοπιά ότι είναι αλληλοεξαρτώμενα, κάτι που σημαίνει ότι η μια λειτουργία οδηγεί στην επόμενη. Η AKZ επιτρέπει την εκτίμηση των αθροιστικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων όλων των σταδίων του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και συμπεριλαμβάνει επιπτώσεις που δεν λαμβάνονται υπόψη στις περισσότερες παραδοσιακές αναλύσεις (π.χ. εξαγωγή πρώτων υλών, μεταφορά υλικών, τελική διάθεση προϊόντων, κ.ά.). Συμπεριλαμβάνοντας τις επιπτώσεις ολόκληρου του κύκλου ζωής των προϊόντων, η AKZ παρέχει περιεκτική εικόνα των περιβαλλοντικών πτυχών ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας και μια ακριβέστερη εικόνα των αληθινών περιβαλλοντικών "ανταλλαγών", στην επιλογή προϊόντων [21] , [22].

Η AKZ αποτελεί, εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σκοπό έχει να αποτιμήσει τις επιδράσεις από τη χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης αποβλήτων στο περιβάλλον, και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας, κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας [23].

Συγκεκριμένα, η AKZ είναι τεχνική για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών πτυχών και πιθανών επιπτώσεων που συνδέονται με ένα προϊόν, μια διεργασία ή μια υπηρεσία, με:

- Σύνταξη ενός καταλόγου απογραφής της εισροής της σχετικής ενέργειας, των υλικών και των εκπομπών στο περιβάλλον.
- Αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τις προσδιορισμένες εισροές και εκπομπές.
- Ερμηνεία αποτελεσμάτων για διευκόλυνση λήψης ενημερωμένων αποφάσεων.

Η AKZ είναι μια τεχνική:

- αποτίμησης όλων των εισροών και εκροών ενός προϊόντος, μιας διεργασίας ή μιας υπηρεσίας (κατάλογος απογραφής κύκλου ζωής),
- αποτίμησης των σχετικών αποβλήτων, της ανθρώπινης υγείας και των οικολογικών επιβαρύνσεων (αποτίμηση επιπτώσεων),

- ερμηνείας, διάδοσης και επικοινωνίας των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης (ερμηνεία κύκλου ζωής) ολόκληρου του κύκλου ζωής των προϊόντων ή των διεργασιών που εξετάζονται.

Ο όρος "κύκλος ζωής" αναφέρεται στις σημαντικότερες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, από την κατασκευή, τη χρήση, τη συντήρηση και την τελική διάθεσή του, συμπεριλαμβάνοντας την απόκτηση των πρώτων υλών που απαιτούνται για να κατασκευαστεί το προϊόν.

Η ΑΚΖ δεν αφορά μόνο τα προϊόντα και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, αλλά αφορά ουσιαστικά ολόκληρο το κτίριο, αν και πρακτικά διαφέρει να κάνει κάποιος LCA σε ένα ολόκληρο κτίριο, από το να κάνει ξεχωριστά για καθένα από τα δομικά υλικά του. Το LCA μελετά τις επιπτώσεις που έχει ένα προϊόν, μια διεργασία ή μια υπηρεσία στο περιβάλλον, στην ανθρώπινη υγεία και στη διαχείριση των φυσικών πόρων.

Συγκεκριμένα το LCA αφορά στην διερεύνηση των παρακάτω:

- i. Την φύση των δομικών υλικών.
- ii. Την προέλευση και την παράγωγή των υλικών του κτιρίου.
- iii. Τα προβλήματα που δημιουργούνται κατά την φάση της κατασκευής, αλλά και της λειτουργίας του κτιρίου.
- iv. Την κατάληξη των αποβλήτων.

4.2 Στάδια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

4.2.1 Σκοπός και Στόχος (Goal and Scope)

Στο πρώτο στάδιο της ανάλυσης σχεδιάζεται και προσδιορίζεται ο σκοπός και ο τελικός στόχος της εργασίας, σύμφωνα με την επιδιωκόμενη εφαρμογή. Το αντικείμενο της μελέτης περιγράφεται ως μια λειτουργική μονάδα. Εκτός από τον προσδιορισμό και την περιγραφή των παραπάνω γίνεται μια διευθέτηση των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για την οριοθέτηση του συστήματος μελέτης. Τέλος, στο στάδιο αυτό περιλαμβάνεται ο προσδιορισμός των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των κατηγοριών των επιπτώσεων που περιλαμβάνονται στη μελέτη [24].

4.2.2 Απογραφή του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Inventory – LCI)

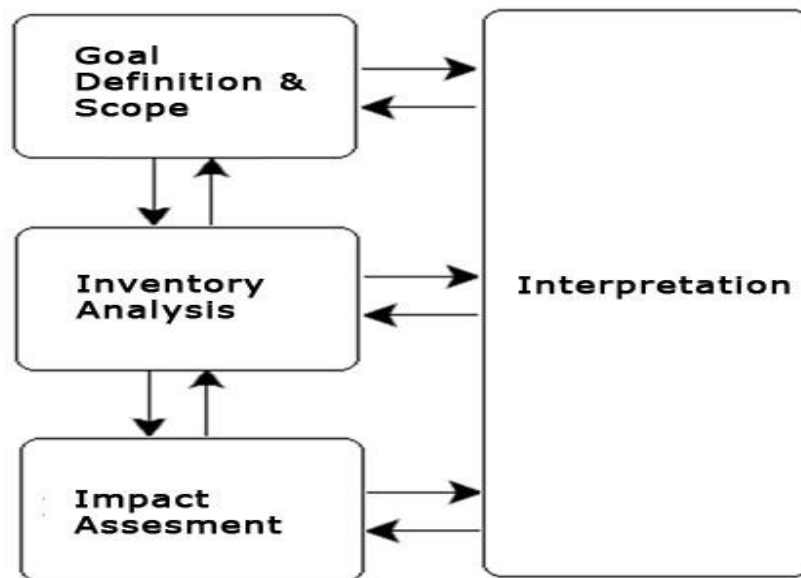
Το στάδιο της απογραφής περιέχει τη μοντελοποίηση του συστήματος παραγωγής, της συλλογής των δεδομένων, καθώς και την περιγραφή και πιστοποίηση των δεδομένων. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου όλων των σταδίων που δομούν το σύστημα παραγωγής, ειδικότερα στα δεδομένα εισόδου ανήκουν τα υλικά, η ενέργεια, τα χημικά κ.ά., ενώ στα δεδομένα εξόδου εκπομπές και απόβλητα στον αέρα, στο νερό ή στο έδαφος καθώς και άλλες μορφές ανταλλαγής με το περιβάλλον, όπως εκπομπές ακτινοβολίας και χρήση γης. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να σχετίζονται με το αντικείμενο της μελέτης, όπως αυτό περιγράφηκε στο προηγούμενο στάδιο. Η παρουσίαση των δεδομένων μπορεί να γίνει σε μορφή πινάκων, ενώ τα αποτελέσματα της απογραφής του κύκλου ζωής μπορούν να παρουσιαστούν σε διαγράμματα ροής, δίνοντας πληροφορίες για τις αλληλεπιδράσεις των διαφόρων σταδίων του αντικείμενου μελέτης με το περιβάλλον [24].

4.2.3 Ανάλυση Αντίκτυπου του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Impact Assessment - LCIA)

Στόχος του σταδίου αυτού είναι να προσδιοριστεί η συνεισφορά σε κατηγορίες ευρείας επίδρασης, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, της όξινης βροχής κ.ά. Αρχικά γίνεται ο χαρακτηρισμός, υπολογίζοντας τις δυνατότητες επίδρασης των διαφόρων σταδίων σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του κύκλου ζωής που προέκυψαν από το προηγούμενο στάδιο. Τα επόμενα βήματα είναι η κανονικοποίηση και ο προσδιορισμός σημαντικότητας, βήματα τα οποία είναι προαιρετικά και όχι υποχρεωτικά. Η κανονικοποίηση παρέχει τις βάσεις σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να γίνει η σύγκριση μεταξύ διαφορετικών τύπων των περιβαλλοντικών κατηγοριών ευρείας επίδρασης. Με το προσδιορισμό σημαντικότητας υπολογίζεται ένας συντελεστής βαρύτητας σε κάθε κατηγορία ανάλογα με το σημαντικότητα της [24].

4.2.4 Αποτίμηση – Ερμηνεία (Interpretation)

Διάφορες αναλύσεις όπως ανάλυση συνεισφορών, ανάλυση ευαισθησίας και ανάλυση αβεβαιότητας οδηγούν στο συμπέρασμα κατά πόσο οι φιλοδοξίες σύμφωνα με το πρώτο στάδιο του προσδιορισμού του σκοπού και του στόχου έχουν καλυφθεί. Στο στάδιο αυτό όλα τα συμπεράσματα καταγράφονται [24].



Εικόνα 4.1 Στάδια μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.

4.3 Εργαλεία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ο Πίνακας 4.1 περιέχει την λίστα με τα διαθέσιμα εργαλεία, υπηρεσίες και βάσεις δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεκπεραίωση μια μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.

AIST-LCA Ver.4	GaBi ts	SALCA-heavy metals 1.0
BEE (Bilan Environnemental des Emballages)	GEMIS version 4.4	SALCA-nitrate 061
BEES 3.0d	Green-E, version 1.0	SALCA-nitrate 4.0
DPL 1.0	KCL-ECO 4.0	SALCA-soil quality 061
e!Sankey	Key parameter model for energy systems	SALCA-soil quality 1.1
e-LICCO	LCA - Evaluator 2.0	SankeyEditor 3.0
Eco-Bat 2.1	LEGEP 1.2	SimaPro
Eco-Quantum	LTE OGIP; Version 5.0; Build-Number 2092; 2005/12/12	SimaPro 7
ECODESIGN X-Pro v1.0	MilCA	Spin'it
ecoinvent waste disposal inventory tools v1.0	Modular MSWI Model 1.0	STAN 1.1.3 - Software for Substance Flow Analysis
EcoScan 3.1	Prototype Demolition Waste Decision Tool 1	TEAM™ (Tool for Environmental Analysis and Management)
EIME	REGIS 2.3	TESPI
Environmental Impact Estimator V3.0.2	SALCA-animal 1.0	The Boustead Model 5.0.12
EPD Tools Suit 2007	SALCA-biodiversity 061	trainEE
eVerdEE v.1.0	SALCA-biodiversity 1.0	Umberto NXT CO2
eVerdEE v.2.0	SALCA-crop 061	Umberto NXT LCA
Food'Print	SALCA-crop 2.02	USES-LCA
GaBi Circularity Toolkit	SALCA-erosion 061	Verdee
GaBi DfX	SALCA-erosion 2.0	WAMPS, betaversion
GaBi Envision	SALCA-farm 1.31	WRATE
GaBi Packaging Calculator	SALCA-farm 2.1	
GaBi Server	SALCA-heavy metals 061	

Πίνακας 4.1 Εργαλεία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής [25].

5 Athena Impact Estimator for Buildings[©]

5.1 Περιγραφή του λογισμικού Athena Impact Estimator for Buildings[©]

Ο εκτιμητής επιπτώσεων των κτιρίων Athena είναι ένα πακέτο λογισμικού βασισμένο στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Στόχος αυτού είναι η καθοδήγηση των σχεδιαστών προς ένα σωστό σχεδιασμό κτιρίου, ενώ ακόμη βρίσκονται στα αρχικά στάδια. Το εργαλείο αυτό στην ουσία μοντελοποιεί ολόκληρο το κτίριο για να διερευνήσει το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα διαφορετικών επιλογών υλικού και επιλογών συστήματος πυρήνα και κελύφους. Επιπλέον, το λογισμικό Athena παρέχει ένα προφίλ απογραφής Κύκλου Ζωής από την θεμελίωση μέχρι και την κατεδάφιση ολόκληρου του κτιρίου. Τα αποτελέσματα απογραφής περιλαμβάνουν τις ροές από και προς τη φύση: ροές ενέργειας και πρώτων υλών, καθώς και εκπομπές στον αέρα, το νερό και τη γη [26].



Εικόνα 5.1 Athena Impact Estimator for Buildings[©].

5.2 Τρόπος χρήσης του λογισμικού

Οι χρήστες καταχωρούν γρήγορα τις συναρμολογήσεις των κτιρίων, τις διαστάσεις των τμημάτων των κτιρίων αυτών μέσω κουτιών διαλόγου που ζητούν απλές πληροφορίες όπως τις διαστάσεις των κολώνων, του πατώματος και του τοίχου και το λογισμικό υπολογίζει ένα λογαριασμό υλικών και τις σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να προσθέσουν υλικά ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου.

Το λογισμικό παρέχει δεδομένα αποτυπώματος του κτιρίου για τις πιο σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πλανήτη, σύμφωνα με την τελευταία μεθοδολογία των ΗΠΑ EPA TRACI: το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, το δυναμικό οξίνισης, το δυναμικό αναπνευστικών επιδράσεων στην ανθρώπινη υγεία, το δυναμικό καταστροφής του όζοντος, τη δημιουργία αιθαλομίχλης και το δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού. Ο Εκτιμητής Επιπτώσεων αναφέρει επιπλέον την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων.

Το λογισμικό στην συνέχεια, μπορεί να συγκρίνει και να αντιπαραβάλλει τη λειτουργία του Κύκλου Ζωής, την ενσωματωμένη ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από διάφορες επιλογές σχεδιασμού, επιτρέποντας στο χρήστη να κατανοεί καλύτερα τις εγγενείς ανταλλαγές μεταξύ παραδείγματος χάρη, προσθήκης περισσότερης μόνωσης και μείωσης της ενεργειακής χρήσης.

5.3 Παραδοχές

Ως παραδοχή θεωρήθηκε ότι το ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας εμπίπτει με το ενεργειακό μίγμα του Δήμου Halifax. Η παραδοχή αυτή λήφθηκε, διότι το λογισμικό Athena

εξήγαγε αποτελέσματα που συνδέονταν μόνο με τις Ομοσπονδιακές Πρωτεύουσες των Επαρχιών του Καναδά. Επομένως, εφόσον το σχέδιο του κτιρίου που εξετάστηκε απεικονιζόταν στον νομό Χανίων, θα έπρεπε να συσχετισθεί η κατανάλωση ενεργειακών πόρων την Ελλάδα με τις Ομοσπονδιακές Πρωτεύουσες του Καναδά. Έπειτα από συγκρίσεις, προέκυψε ότι σε σχέση με την Ελλάδα η πιο κοντινή σε κατανάλωση ενεργειακών πόρων Πολιτεία είναι το Halifax.



Εικόνα 5.2 Τοποθεσία Halifax [27].

Επίσης, το λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings[©] έχει προγραμματιστεί με βάση το αμερικάνικο πρότυπο κτιρίου, το οποίο θεωρείται ότι διαθέτει ορθογωνικές κατόψεις. Δεδομένου αυτού, το λογισμικό αποδίδει αντίστοιχα αποτελέσματα περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Επομένως λόγω αυτού, χρειάστηκε να ληφθεί η παραδοχή ότι το κτίριο χωρίζεται σε 5 (πέντε) επιμέρους τμήματα ορθογωνικών κατόψεων, στο κτίριο 2 ένα στο ισόγειο και ένα στον πρώτο όροφο και στο κτίριο 2N ένα στο ισόγειο, ένα στον πρώτο όροφο και ένα στον δεύτερο όροφο. Αυτή η επιλογή έγινε για να μπορεί να καταχωρηθεί η εκάστοτε επιφάνεια στο λογισμικό με ορθογωνική κάτοψη, ώστε στο τέλος να μπορούν να συναθροιστούν οι επιμέρους επιπτώσεις του κάθε τμήματος.

5.4 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Έπειτα από χρήση του λογισμικού Athena Impact Estimator for Buildings[©], παρατηρήθηκε ότι είναι ένα σχετικά απλό λογισμικό, εύκολο στη χρήση, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλους τους τύπους κτιρίων. Τα στοιχεία εισόδου που καταχωρεί ο χρήστης, για να προκύψουν τα αποτελέσματα Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος, είναι γενικά και κοινά σε όλα τα κτίρια. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται: οι διαστάσεις των δαπέδων, των οροφών, των τοίχων, των δοκών και των κολώνων, τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση κ.ά.

Γενικότερα, δεν εμβαθύνει ούτε στο εσωτερικό του κτιρίου, το οποίο θα δυσκόλευε πολύ την εισαγωγή στοιχείων, δεδομένου ότι όλα τα κτίρια θα διέφεραν ως προς τον εσωτερικό χώρο, ούτε εξειδικεύεται σε συγκεκριμένα υλικά κατασκευής. Απευθύνεται σε όλους τους χρήστες

λόγω της απλής και εύκολης λειτουργίας του. Επιπλέον, το λογισμικό διαθέτει το προνόμιο ότι είναι δωρεάν και μπορεί να εγκατασταθεί στον υπολογιστή οποιουδήποτε χρήστη.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που διαθέτει το λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings[®] έναντι των υπολοίπων, είναι ότι δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εναλλάσσει ταχύτατα τα υλικά του κτιρίου, με την προϋπόθεση ότι η περιοχή κατασκευής και οι διαστάσεις του κτιρίου είναι δεδομένα. Με την εναλλαγή αυτή και τους διαφορετικούς συνδυασμούς των υλικών καθίσταται δυνατή η εμφάνιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κάθε περίπτωσης, πράγμα το οποίο οδηγεί στην καλύτερη εναλλακτική λύση με τις μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Από την άλλη, όπως σε κάθε λογισμικό, έτσι και σε αυτό υπάρχουν κάποιες δυσκολίες στην χρήση του, οι οποίες κυρίως αφορούν τον σχεδιασμό του κτιρίου που εξετάζεται. Το Athena Impact Estimator for Buildings[®] σχεδιάστηκε, ώστε να αποτυπώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κτιρίων που βρίσκονται στον Καναδά. Επομένως, τα πρότυπα κτιρίου που «καταλαβαίνει» είναι μόνο αυτά με ορθογωνικές κατόψεις, που διαθέτουν δοκούς, σαν στήλες και κολώνες σε σειρές. Χρειάστηκε λοιπόν, να τροποποιηθεί το κτίριο, ώστε να χωριστεί σε μικρές ορθογωνικές κατόψεις. Έτσι, έπρεπε να χωριστεί σε 5 (πέντε) τμήματα στο λογισμικό για να εισαχθούν δεδομένα ορθογώνιων κατόψεων και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να συμβαδίζουν με τη μορφή του κτιρίου. Ίσως αυτό να φανερώνει μία αδυναμία του λογισμικού από τη σκοπιά, ότι απαιτείται περισσότερη επεξεργασία των πληροφοριών του κτιρίου και προσοχή στις λεπτομέρειες.

Παρόμοια αδυναμία συναντάται και σε διάφορα αναδυόμενα παράθυρα, όπως αυτό των τοίχων του κτιρίου που θεωρείται σαν δεδομένο ότι οι διαστάσεις των πορτών ενός κτιρίου, είτε αυτές είναι μπαλκονόπορτες, είτε αναφέρονται στην πόρτα της κύριας εισόδου του κτιρίου ότι έχουν standard size 32" × 7" (81,28 cm × 17,78 cm) που αυτό δεν ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις. Επίσης, το Extruded Polystyrene που είναι υλικό μόνωσης, οριοθετεί την ποσότητα που ο χρήστης θα προσθέσει. Πέραν τούτου, υπάρχουν και διάφορα υλικά στις καρτέλες των envelopes που συχνά οι όγκοι των υλικών αυτών δεν είναι ίδιοι με τους πραγματικούς που θα κατασκευαστεί ή έχει κατασκευαστεί το κτίριο. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται η παρέμβαση του χρήστη, ο οποίος τροποποιώντας κάποιες διαστάσεις μπορεί να ενσωματώσει τις πραγματικές ποσότητες υλικών.

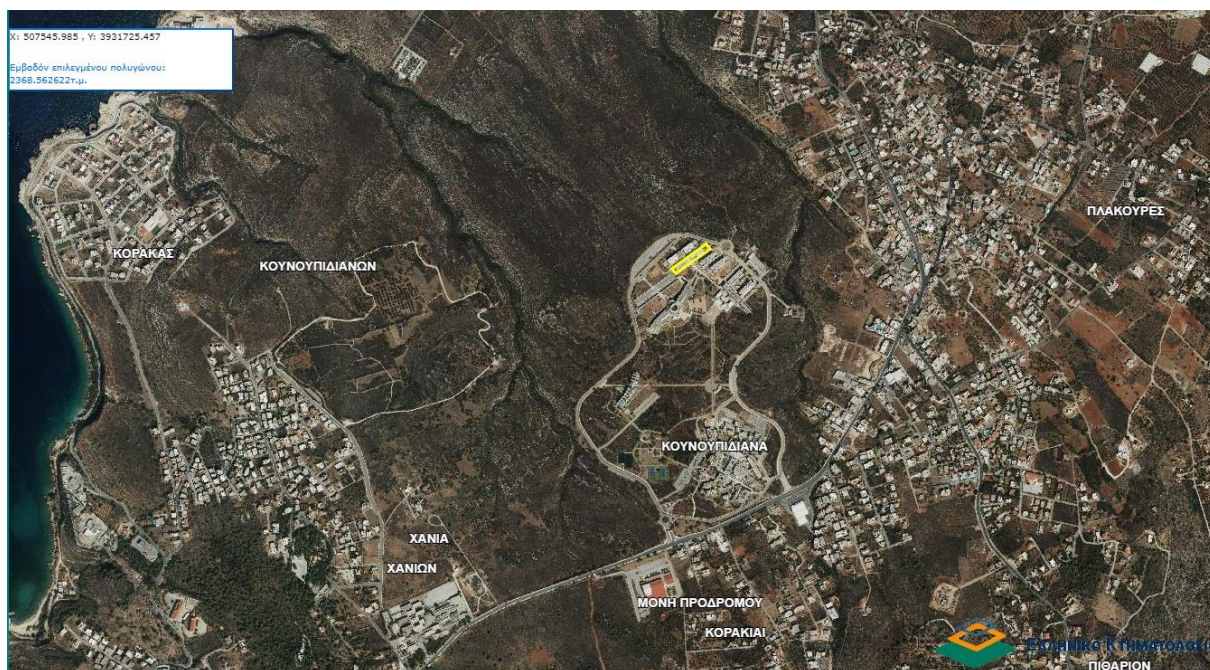
Η σημαντικότερη αδυναμία του λογισμικού, που ίσως είναι και η αιτία που το λογισμικό δεν χρησιμοποιείται σημαντικά στην Ευρώπη, είναι το γεγονός ότι οι συντεταγμένες του αφορούν μόνο τις επαρχίες του Καναδά. Αυτό είναι κάτι που συνδέεται άμεσα με τις ενεργειακές πηγές που χρησιμοποιεί η κάθε Ομοσπονδιακή Πρωτεύουσα για την παραγωγή Ηλεκτρισμού. Ωστόσο, στην Ελλάδα και κατά συνέπεια στα Χανιά, όπου έχει σχεδιαστεί το κτίριο που εξετάζεται δεν χρησιμοποιείται το ίδιο ενεργειακό μίγμα με του Καναδά, με αποτέλεσμα οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις να διαφέρουν αρκετά.

Συγκεκριμένα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κτιρίων που καταχωρούνται στο λογισμικό συνδέονται με τις διαστάσεις και τα υλικά του κτιρίου σε τεράστιο βαθμό, αλλά έχουν σημασία και οι συντεταγμένες της Χώρας που βρίσκεται το κτίριο οι οποίες συγχέονται με την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Το ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής είναι διαφορετικό από χώρα σε χώρα. Αν παραδείγματος χάρη η Αμερική, εκμεταλλευόταν κατά 90% (ενενήντα τις εκατό) τις ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού, τότε οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου θα ήταν κατά πολύ μειωμένες.

6 Κτίριο K2 Πολυτεχνείου Κρήτης

6.1 Φυσική Εγκατάσταση

Το Κτίριο K2 της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ακριβής τοποθεσία φαίνεται από αεροφωτογραφία από το Ελληνικό Κτηματολόγιο στην Εικόνα 6.1 και από δορυφορική λήψη στην Εικόνα 6.2.



Εικόνα 6.1 Κτίριο K2 Πολυτεχνείου Κρήτης [28].



Εικόνα 6.2 Κτίριο K2 Πολυτεχνείου Κρήτης [27].

Η συνολική έκταση του Κτιρίου K2 είναι 3.078,91 m². Το Κτίριο αποτελείται από δύο τμήματα, το παλιό και το νέο (έπειτα από επέκταση του κτιρίου). Το Κτίριο K2 αποτελείται από το

Ισόγειο και τον Α Όροφο. Το Κτίριο K2N αποτελείται από 3(τρεις) ορόφους (Ισόγειο – Α Όροφος – Β Όροφος).

Κτίριο K2 – Παλαιό

Ισόγειο

- Αίθουσα Εργαστηρίου Εφαρμοσμένων Μαθηματικών
- Control Room
- Δύο WC Καθηγητών
- Αίθουσα Τμήματος Φυσικής
- WC Ανδρών
- WC Γυναικών
- WC Ατόμων Μειωμένης Κινητικότητας
- Αποθήκη – Βοηθητικός Χώρος
- Δύο Αίθουσες Μηχανογραφικού Κέντρου
- Αίθουσα Εργαστηρίου Εφαρμοσμένων Μαθηματικών
- Γραφείο Τμήματος Μαθηματικών
- Αίθουσα Τμήματος Φυσικής
- Γραφείο Τμήματος Φυσικής
- Γραφείο Μηχανογραφικού Κέντρου

Α Όροφος

- Αίθουσα Μαθηματικών
- Αποθηκευτικός Χώρος
- WC Ανδρών
- WC Γυναικών
- WC Ατόμων Μειωμένης Κινητικότητας
- Αίθουσα Φυσικής
- Αίθουσα Διδασκαλίας
- Αίθουσα Servers
- Δύο Γραφεία
- Γραφείο Μηχανογραφικού Κέντρου
- Πέντε Γραφεία Φυσικής
- Τέσσερα Γραφεία Μαθηματικών

Κτίριο K2 - Νέο

Ισόγειο

- Αίθουσα Προπτυχιακών Σπουδών
- Αίθουσα Μεταπτυχιακών Σπουδών
- Είσοδος: Υποδοχή – Κυλικείο

- Ημιυπαίθριος Χώρος
- Χώρος Προσωπικού
- Αποθήκη Κυλικείου – Παρασκευαστήριο
- Δύο Γραφεία Συλλόγων
- WC Ανδρών
- WC Γυναικών
- WC Ατόμων Μειωμένης Κινητικότητας
- Κλιμακοστάσιο

Α Όροφος

- Αίθουσα Προπτυχιακών Σπουδών
- Κλιμακοστάσιο
- Δύο Αίθουσες Μελέτης Φοιτητών
- Τρία Γραφεία ΔΕΠ
- Γραμματεία Σπουδών
- Δύο WC
- Βοηθητικοί Χώροι
- Γραφείο Προέδρου
- Διάδρομος
- Μηχανοστάσιο Ανελκυστήρα
- WC Καθηγητών

Β Όροφος

- Όροφος Μηχανολογικός
- Κλιμακοστάσιο
- Ακάλυπτος Χώρος

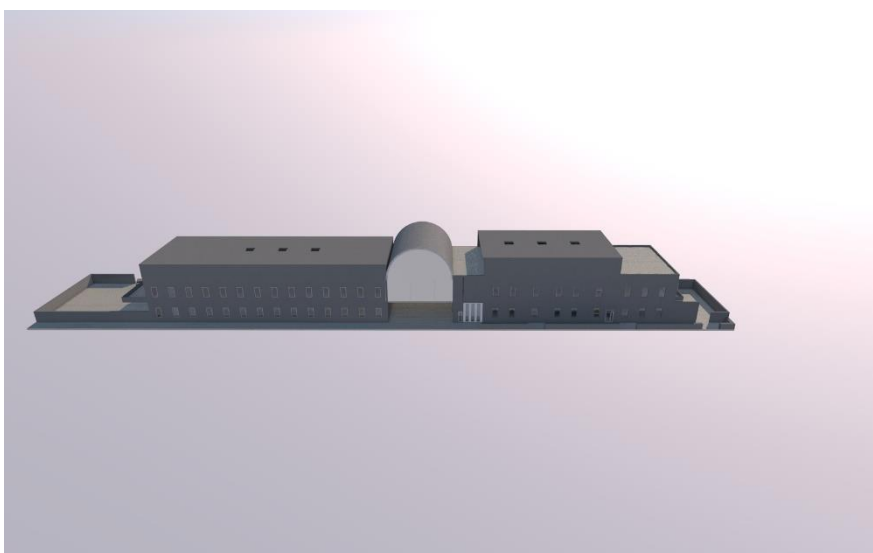
Σημείωση: Η παραπάνω διαρρύθμιση είναι σύμφωνη με τα Αρχιτεκτονικά Σχέδια κατασκευής των Κτιρίων. Σήμερα, μετά την κατάργηση του Γενικού Τμήματος, έχουν επέλθει κάποιες αλλαγές στην χρήση των αιθουσών.

6.2 Προσομοίωση σε σχεδιαστικό πρόγραμμα

Το Κτίριο προσομοιάστηκε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD® της εταιρίας GRAPHISOFT. Χρησιμοποιήθηκε η Demo έκδοση του προγράμματος που είναι δωρεάν.



Εικόνα 6.3 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD[®] (1/5).



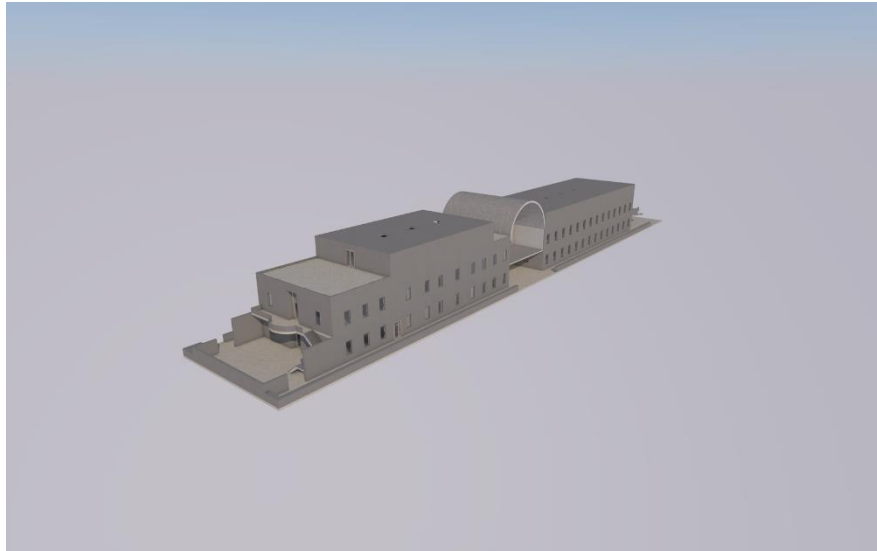
Εικόνα 6.4 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD[®] (2/5).



Εικόνα 6.5 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD[®] (3/5).



Εικόνα 6.6 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD[®] (4/5).



Εικόνα 6.7 Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ARCHICAD[®] (5/5).

6.3 Υλικά κατασκευής κτιρίου

6.3.1 Εξωτερικές τοιχοποιίες

Οι εξωτερικοί τοίχοι του κτιρίου K2 έχουν απόχρωση κίτρινη και τα υλικά, τα οποία είναι κατασκευασμένοι έχουν την εξής διαστρωμάτωση από μέσα προς τα έξω:

- Γυψοσανίδα πάχους 10cm
- Τσιμεντοσανίδα πάχους 3cm
- Μη Φέρον οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm
- Φέρον οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 30cm σε κάποια σημεία
- Τσιμεντοσανίδα τύπου AQUAPANEL® πάχους 12mm

Από την Τεχνική Οδηγία TOTEE-20701-2/2010 [29], τα παραπάνω δομικά υλικά επιλέχθηκαν να έχουν τα χαρακτηριστικά που συνοψίζονται στον Πίνακα 6.1.

Δομικό υλικό	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/(m·K))	Ειδική θερμοχωρητικότητα C_p (J/(kg·K))
Γυψοσανίδα	900	0,250	1000
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	2000	1,350	1000
Τσιμεντοσανίδα	1200	0,3	1000

Πίνακας 6.1 Χαρακτηριστικά δομικών υλικών.

6.3.2 Εξωτερικά παράθυρα και πόρτες

Τα εξωτερικά παράθυρα στο κτίριο K2 είναι 30 (τριάντα) σε αριθμό στο το ισόγειο και 36 (τριανταέξι) στον Α Όροφο. Στο κτίριο K2N είναι 23 (εικοσιτρία) στο ισόγειο, 25 (εικοσιπέντε) στον Α Όροφο και 14 (δεκατέσσερα) στον Β Όροφο.

Η δυτική και ανατολική πλευρά του κτιρίου, περιλαμβάνει από δύο εξωτερικές γυάλινες πόρτες, μία για το ισόγειο και μία για τον 1ο όροφο, ενώ δεξιά και αριστερά των πορτών και σε απόσταση 2,5 m από αυτές, υπάρχει από ένα παράθυρο.

Τα παράθυρα αποτελούνται από πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή 12 mm, πλάτους 0,10 cm και δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm, πλάτους 0,8 cm και ύψους 1,8 m. Τα ίδια χαρακτηριστικά έχουν και οι εξωτερικές πόρτες του ισογείου και του πρώτου ορόφου του κτιρίου, οι οποίες αποτελούνται από δύο φύλλα.

6.3.3 Δάπεδα και Οροφές

Τα δάπεδα έχουν κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 25 cm και η τελική τους επιφάνεια είναι μαρμάρινη, με σοβατεπί επίσης μαρμάρινο. Οι οροφές του ισογείου και του πρώτου ορόφου είναι ψευδοροφές, κατασκευασμένες από κασέτες γυψοσανίδας με επένδυση βινυλικής ταπετσαρίας. Η εξωτερική οροφή του κτιρίου είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 25 cm και είναι επενδυμένη με θερμομονωτικά πάνελ. Επίσης στην οροφή υπάρχουν έξι φωτοδιαπερατές κουπόλες από συμπαγή πολυκαρβονικά φύλλα.

6.4 Ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου

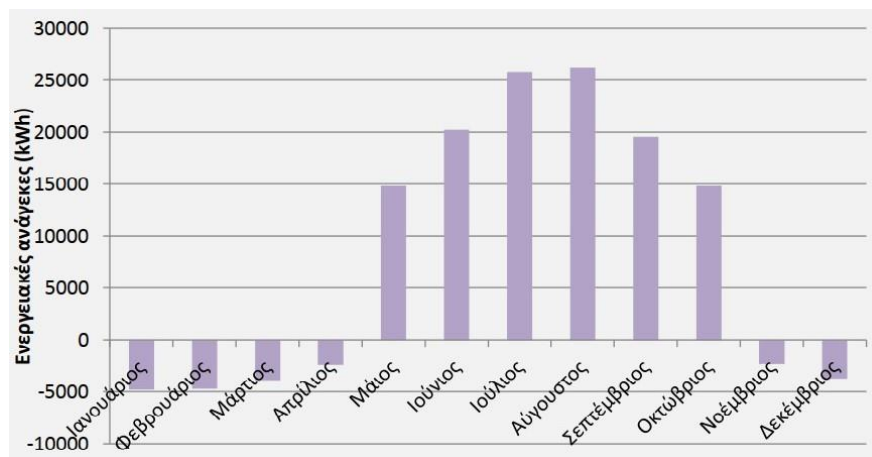
Για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου από το TRNSys, χρειάστηκε να εισαχθούν περαιτέρω δεδομένα. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν τον αριθμό των ατόμων που εργάζονται ή βρίσκονται σε κάθε ζώνη, τον αριθμό των υπολογιστών που λειτουργούν, την ισχύ του φωτισμού, καθώς και τη διείσδυση του αέρα. Η διείσδυση του αέρα, λαμβάνεται από το λογισμικό COMIS μέσω επίλυσης μη γραμμικών εξισώσεων και λαμβάνονται από το TRNSys ως δεδομένα εισόδου μέσω του Type 157, ενώ τα υπόλοιπα δεδομένα που αναφέρθηκαν εισάγονται στο περιβάλλον TRNBuild.

Για τις ενεργειακές ανάγκες, λαμβάνοντας υπόψη και τη διείσδυση του αέρα, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό TRNSys, για την χειμερινή περίοδο και την καλοκαιρινή αντίστοιχα, συνοψίζονται στον Πίνακα 6.2, ενώ παρουσιάζονται και στην Εικόνα 6.8 για κάθε μήνα. Η ενεργειακή αυτή ανάλυση λήφθηκε από την Διπλωματική Εργασία Απόφοιτης Φοιτήτριας [30].

Μήνας	Θέρμανση (kWh)	Ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	4.783,5	0
Φεβρουάριος	4.714,8	0
Μάρτιος	3.885,4	0
Απρίλιος	2.399,2	0
Μάιος	0	14.801,1
Ιούνιος	0	20.244,7
Ιούλιος	0	25.790,7

Αύγουστος	0	26.236,4
Σεπτέμβριος	0	19.562,9
Οκτώβριος	0	14.834,7
Νοέμβριος	2.309,8	0
Δεκέμβριος	3721	0
ΣΥΝΟΛΟ	21.813,7	121.470,5

Πίνακας 6.2 Ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου σε kWh (συμπεριλαμβανομένου φωτισμού και εξοπλισμού).



Εικόνα 6.8 Ενεργειακές ανάγκες κτιρίου σε kWh για κάθε μήνα του έτους [30].

Στην Εικόνα 6.8 απεικονίζονται οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου κατά τη διάρκεια ενός έτους. Οι θετικές τιμές αντιπροσωπεύουν τις ανάγκες ψύξης κατά τη θερινή περίοδο, ενώ οι αρνητικές τις ανάγκες θέρμανσης κατά τη χειμερινή περίοδο.

Τα φορτία ψύξης φαίνεται πως είναι αρκετά μεγαλύτερα από τα φορτία θέρμανσης, γεγονός που είναι λογικό, καθώς η γεωγραφική θέση που βρίσκεται το κτίριο χαρακτηρίζεται από καλοκαίρια με έντονη ηλιοφάνεια και υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, ενώ οι χειμώνες είναι ήπιοι με μέσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

7 Στάδια Κύκλου Ζωής Υλικών Κτιρίου

7.1 Στάδια Κύκλου Ζωής Οπλισμένου Σκυροδέματος

Η ορυκτολογική σύσταση του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή κτιρίων στην περιοχή των Χανίων είναι η εξής:

Για 1.000 kg σκυροδέματος χρειάζονται:

- 168 kg τσιμέντο κοινό τύπου Portland
- 467 kg λεπτόκοκκα αδρανή (άμμος)
- 249 kg χονδρόκοκκα αδρανή (χαλίκι)
- 91 kg νερό
- 0,6 kg επιβραδυντή
- 25 kg ρευστοποιητή

Το κτίριο K2 του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι 5.200 m², επομένως για την κατασκευή του απαιτήθηκαν 6.500 m³ σκυροδέματος. Δεδομένου ότι η πυκνότητα του νωπού σκυροδέματος είναι 2.400 kg/m³, απαιτήθηκαν 15.600.000 kg σκυροδέματος.

7.1.1 Τσιμέντο

Η ορυκτολογική σύσταση του τσιμέντου που χρησιμοποιείται για την δημιουργία του σκυροδέματος είναι:

Για 1.000 kg τσιμέντο (σε μορφή σκόνης) τύπου Portland απαιτούνται:

- 25 kg ασβεστόλιθος
- 975 kg Clinker

Το Clinker είναι υλικό, το οποίο δημιουργείται από το ψήσιμο διαφόρων πετρωμάτων σε υψηλά και αποτελείται από γκριζοπράσινους κόκκους 5 έως 20 mm. Αναλυτικά η διαδικασία παραγωγής είναι η ακόλουθη:

- Οι πρώτες ύλες αφότου εξορυχθούν φορτώνονται με τη βοήθεια φορτωτή σε φορτηγά αυτοκίνητα και μεταφέρονται στο χώρο θραύσης τους.
- Τα υλικά θραύονται σε μεγάλους θραυστήρες σε τεμάχια, συνήθως < 30 mm.
- Οι θραυσμένες πρώτες ύλες αποθηκεύονται χωριστά ανά κατηγορία με ταυτόχρονη ανάμιξη διαφορετικών ποιοτήτων σε ειδικές αποθήκες προομοιογενοποίησης.
- Μετά την προομοιογενοποίηση, οι πρώτες ύλες αποθηκεύονται σε ξεχωριστά για κάθε τύπο υλικού σιλό και από εκεί τροφοδοτούν στους μύλους άλεσης σε αυστηρά καθορισμένη και συνεχώς ελεγχόμενη δΟΣΟΛΟΓΙΑ.
- Η ξήρανση και η άλεση γίνονται σε οριζόντιους ή κατακόρυφους μύλους. Οι οριζόντιοι μύλοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι, με ισχυρή εσωτερική μεταλλική θωράκιση και περιέχουν πολλούς τόνους από χαλύβδινες σφαίρες (αλεστικά σώματα). Κατά την περιστροφική κίνηση των μύλων οι σφαίρες συνθλίβουν τις πρώτες ύλες σε κόκκους κατάλληλης διαμέτρου. Οι κατακόρυφοι μύλοι κονιορτοποιούν το υλικό συμπιέζοντας το με κωνικούς ρόλους πάνω σε μία χαλύβδινη περιστρεφόμενη τράπεζα. Η ξήρανση

επιτυγχάνεται αξιοποιώντας τα θερμά αέρια που εκλύονται από τους κλίβανους. Το προϊόν των μύλων ονομάζεται φαρίνα.

- Η φαρίνα οδηγείται σε ειδικά σιλό, όπου συντελείται η ομογενοποίηση.
- Μετά την ομογενοποίηση η φαρίνα οδηγείται στον περιστροφικό κλίβανο, όπου μετατρέπεται σε Clinker. Οι περιστροφικοί κλίβανοι είναι περιστρεφόμενοι οριζόντιοι μεταλλικοί κύλινδροι διαμέτρου 3-5 μέτρων και μεγάλου μήκους με μία μικρή κλίση προς την έξοδο του υλικού και λόγω των υψηλών θερμοκρασιών έχουν εσωτερική επένδυση από ειδικά πυρίμαχα τούβλα. Η φαρίνα πριν την είσοδο της στον κλίβανο υφίσταται μια προοδευτική θέρμανση έως τους 900 °C στον προθερμαντήρα καθώς έρχεται, κατ' αντιρροή, σε επαφή με τα θερμά αέρια που εξέρχονται από τον κλίβανο. Ο προθερμαντήρας αποτελείται από συστοιχία κυκλώνων τοποθετημένων κατακόρυφα και είναι σε σειρά με τον κλίβανο. Στον περιστροφικό κλίβανο ολοκληρώνονται οι χημικές αντιδράσεις δημιουργίας του κλίνκερ, καθώς εκεί επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες έως 2.000 °C.
- Το τσιμέντο ως τελικό προϊόν είναι μία πολύ λεπτή σκόνη. Για την δημιουργία του απαιτείται συνάλεση κλίνκερ, γύψου και ορισμένων φυσικών ή τεχνητών υλικών σε μύλους ανάλογους με αυτούς της φαρίνας. Η δοσολογία των πρώτων υλών είναι αυστηρά καθορισμένη και συνεχώς ελεγχόμενη. Οι διάφοροι τύποι τσιμεντών και το επίπεδο αντοχών τους, που αποτελεί και το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους, διαμορφώνονται από τη χημική σύσταση του κλίνκερ, το βαθμό άλεσης του τσιμέντου και την παρουσία ή όχι διαφόρων πρόσθετων.
- Το τσιμέντο διατίθεται στην κατανάλωση χύμα ή σε σακί. Οι μεγαλύτερες ποσότητες διατίθενται χύμα με ειδικά σιλοφόρα αυτοκίνητα ή πλοία.

Εργοστάσια παραγωγής σκόνης τσιμέντου στην περιοχή της Κρήτης δεν υπάρχουν, οπότε η έτοιμη σκόνη τσιμέντου φθάνει εδώ από την Αθήνα. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι προμηθευτής ήταν το εργοστάσιο της TITAN A.E σαν προμηθευτής σκόνης τσιμέντου και σαν παραλήπτης αυτής η εταιρία ΦΙΝΟΜΠΙΕΤΟΝ Α.Ε, η οποία έχει έδρα στα Χανιά και δραστηριοποιείται στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Κρήτης. Το εργοστάσιο παραγωγής σκόνης τσιμέντου της TITAN βρίσκεται στην περιοχή της Ελευσίνας. Από εκεί μεταφέρεται η σκόνη τσιμέντου σε σακιά με φορτηγά οχήματα στον Πειραιά. Στη συνέχεια καταφθάνει με πλοίο στο λιμάνι της Σούδας και από εκεί τα φορτηγά οχήματα πηγαίνουν στο εργοστάσιο της ΦΙΝΟΜΠΙΕΤΟΝ στο Χορδάκι Χανίων για να πραγματοποιηθεί η παραγωγή του σκυροδέματος. Συνεπώς, η συνολική απόσταση που διανύεται είναι 349 km. Αναλυτικά η διαδρομή Ελευσίνα – Πειραιάς – Σούδα – Χορδάκι είναι ως εξής:

- Ελευσίνα - Πειραιάς 22 km
- Πειραιάς - Σούδα 309 km
- Σούδα - Χορδάκι 18 km

7.1.2 Αδρανή (χονδρόκοκκα, λεπτόκοκκα)

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του σκυροδέματος είναι η άμμος και το χαλίκι, αφότου και αυτά υποστούν συγκεκριμένη επεξεργασία. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

- Εξόρυξη από το νταμάρι
- Μεταφορά στο εργοστάσιο
- Σπάσιμο
- Κοσκίνισμα
- Πλύσιμο

Υπολογίζεται ότι για την δημιουργία 1 τόνου καθαρής άμμου και καθαρού χαλικιού αντίστοιχα, ώστε αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία του σκυροδέματος, πρέπει να πλυθούν 1.100 kg «νταμαρίσιας» άμμου και 1.100 kg «νταμαρίσιου» χαλικιού αντίστοιχα. Η ακριβής αναλογία είναι η εξής: 1.100 kg άμμου πλένονται με 2.100 kg νερό και δίνουν 1 τόνο καθαρής άμμο. Ομοίως ισχύει και για το χαλίκι.

Η εξόρυξη της άμμου και του χαλικιού στην περίπτωση που εξετάζεται, λαμβάνει χώρα στην περιοχή «Ταυρωνίτης» του νομού Χανίων. Η απόσταση Ταυρωνίτης – Μουρνιές, όπου βρίσκεται το εργοστάσιο της ΦΙΝΟΜΠΕΤΟΝ Α.Ε είναι 20 km και η μεταφορά τους γίνεται με φορτηγά οχήματα.

7.1.3 Χάλυβας

Αυτό που χαρακτηρίζει το σκυρόδεμα ως «οπλισμένο», είναι η αρμονική ένωση του με το χάλυβα, με συνέπεια το υλικό που δημιουργείται (οπλισμένο σκυρόδεμα) να αποτελεί το βασικό υλικό στον τομέα των κτιρίων και των κατασκευών. Η τυπική ορυκτολογική σύσταση του χάλυβα είναι:

Για 1000 kg χάλυβα:

- 950 kg σίδηρο
- 10 kg μαγγάνιο
- 6 kg σιλικόνη
- 6 kg χαλκός
- 0,5 kg φώσφορος
- 0,5 kg οξείδια του φωσφόρου
- 27 kg άνθρακας

Για την κατασκευή του κτίριου Κ2 του Πολυτεχνείου Κρήτης απαιτήθηκαν 6.500 m³ σκυροδέματος, επομένως για την κατασκευή του απαιτήθηκαν 780.000 kg χάλυβα, δεδομένου ότι η αναλογία οπλισμού ανά μονάδα όγκου είναι 120 kg/m³.

Ο χάλυβας επεξεργάζεται στο εργοστάσιο μέχρι να πάρει την μορφή ράβδου. Έπειτα, δεματοποιείται σε στήλες ράβδων και η διαδρομή που ακολουθεί μέχρι να φτάσει στο εργοστάσιο της Κρέτα Μετάλ Α.Ε. είναι παρόμοια με αυτή της σκόνης τσιμέντου μιας και οι τοποθεσίες των εργοστασίων συμπίπτουν.

Συνεπώς ξεκινάει από το εργοστάσιο της ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗΣ Α.Ε στην Ελευσίνα με προορισμό αρχικά τον Πειραιά. Από εκεί φορτώνεται σε πλοία και καταφθάνει στο λιμάνι της Σούδας. Τελικός προορισμός είναι το Βαμβακόπουλο του νομού Χανίων, όπου εδρεύει το εργοστάσιο της Κρέτα Μετάλ Α.Ε. Αναλυτικά η διαδρομή είναι ως εξής:

- Ελευσίνα - Πειραιάς 22 km
- Πειραιάς - Σούδα 309 km
- Σούδα - Βαμβακόπουλο 11 km

7.1.4 Οπλισμένο σκυρόδεμα

Η σύσταση που προκύπτει ύστερα από τις επεξεργασίες όλων των παραπάνω υλικών για το οπλισμένο σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του κτιρίου είναι:

Για 1.000 kg οπλισμένου σκυροδέματος χρειάζονται:

- 950 kg σκυροδέματος
- 50 kg χάλυβας

Η μεταφορά του σκυροδέματος γίνεται με ειδικά φορτηγά οχήματα τα οποία φέρουν επάνω τους περιστρεφόμενο αναδευτήρα στον οποίο μέσα βρίσκεται το μίγμα του σκυροδέματος σε υγρή μορφή. Η διαδρομή είναι Χορδάκι-Κουνουπιδιανά και η απόσταση είναι 10 km. Οι ράβδοι από χάλυβα μεταφέρονται στο σημείο κατασκευής με φορτηγά οχήματα. Η διαδρομή είναι Βαμβακόπουλο-Κουνουπιδιανά και η απόσταση είναι 11 km.

7.2 Στάδια Κύκλου Ζωής Τεχνητών Λίθων (Τούβλα)

Ο πιο κοινός τύπος τεχνητών λίθων (τούβλου) που χρησιμοποιείται στις ημέρες μας στις κατασκευές είναι τα δωδεκάποα τούβλα. Αυτός ο τύπος τούβλου επιλέχθηκε για την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής του. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ενός τέτοιου τύπου τούβλου είναι οι εξής (για 1000 kg):

- 23,9 kg ασβεστόλιθος
- 27,2 kg νερό
- 1.350 kg πυλός
- 14,7 kg άμμος

Για την κατασκευή τους ακολουθείται η εξής διαδικασία: Η πρώτη ύλη καθαρίζεται, ζυμώνεται με το νερό από ειδικούς κυλίνδρους, μπαίνει σε καλούπια ή πρέσες και παίρνει διάφορα σχήματα, ψήνεται στον ήλιο ή σε καμίνια ή σε θαλάμους ηλεκτρικούς. Στη συνέχεια δεματοποιούνται σε παλέτες των τετρακοσίων σαράντα (440) τεμαχίων συνήθως και μεταφέρονται στον τόπο κατασκευής. Όσον αφορά το εξεταζόμενο κτίριο, ο αριθμός των τούβλων που χρειάστηκαν συνολικά εκτιμάται ότι είναι 780 παλέτες, δηλαδή 343.200 τούβλα.

Οι πρώτες μεταφορές που λαμβάνουν χώρα στο κύκλο ζωής του τούβλου είναι αυτές που πραγματοποιούνται από και προς το εργοστάσιο με φορτηγά οχήματα για την μεταφορά των πρώτων υλών. Εργοστάσια παραγωγής τούβλου στην περιοχή της Κρήτης υπάρχουν μόνο στις πόλεις του Ηρακλείου και του Ρεθύμνου, συνεπώς για το χτίσιμο του εξεταζόμενου κτιρίου

στα Χανιά, μεταφέρθηκαν από εκεί. Επιλέχθηκε ότι οι τεχνητοί λίθοι (τούβλα) θα κατέφθασαν στο κτίριο από το Ηράκλειο. Η απόσταση Ηράκλειο – Κουνουπιδιανά είναι 143 km.

7.3 Στάδια Κύκλου Ζωής Τεχνητών Λίθων (Κεραμικά Πλακίδια)

Οι τύποι πλακιδίων που κυκλοφορούν στην αγορά είναι πάρα πολλοί που μπορούν να ικανοποιήσουν κάθε απαίτηση των αγοραστών. Εν προκειμένω, αναλύθηκε ο κύκλο ζωής του πιο κοινού τύπου πλακιδίου, ώστε να προσεγγίζεται η κατανάλωση ενέργειας στις συμβατικές κατασκευές.

Ο τύπος πλακιδίου που μελετήθηκε αποτελείται από τα εξής:

Για 1000 kg πλακάκι απαιτούνται:

- 0,389 kg οξείδιο του αργιλίου
- 0,556 kg βαρίτης
- 489 kg πυλός
- 386 kg άστριος
- 6,65 kg μόλυβδος
- 77,3 kg ασβεστόλιθος
- 170 kg άμμος σιλικόνης
- 6,11 kg νάτριο
- 62,3 kg γυψομάρμαρο (στόκος)
- 0,049 kg κασσίτερος
- 18,4 kg οξείδιο του τιτανίου
- 3,39 kg ψευδάργυρος
- 667 kg νερό

Κατά την κατασκευή τους αρχικά χύνονται τα υλικά σε υγρή μορφή σε καλούπια και αποξηραίνονται, έπειτα γίνεται η επικάλυψη τους και μπαίνουν σε κλιβάνους, όπου ψήνονται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 2.000 °C.

Ο τύπος πλακιδίου που επιλέχθηκε να μελετηθεί παράγεται και κατασκευάζεται στη περιοχή του Μπάρι (Bari) της Ιταλίας. Συνεπώς, το σύνολο των μεταφορών που λαμβάνουν χώρα γίνονται από οχήματα φορτωτές που μεταφέρουν τις πρώτες ύλες στο εργοστάσιο, από φορτηγά οχήματα που μμεταφέρουν τα έτοιμα τεμάχια των πλακιδίων και από φορτηγά πλοία που μεταφέρουν τα έτοιμα πλακίδια από την Ιταλία (Μπάρι) στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην Κρήτη (Χανιά - Κουνουπιδιανά). Η απόσταση Μπάρι (Bari) – Χανιά με το πλοίο είναι περίπου 1.150 km.

7.4 Στάδια Κύκλου Ζωής Αλουμινίου – Γυαλιού (Κουφώματα)

Τα κουφώματα αλουμινίου κυκλοφορούν στην αγορά με διάφορες εμπορικές ονομασίες σε μεγάλη ποικιλία σχεδίων και χρωμάτων. Η επιλογή του συστήματος πρέπει να γίνει, αφού εξετασθούν από τον χρήστη και τον Μηχανικό παράγοντες όπως:

- Ιδιαιτερότητα της κατασκευής.
- Διαστάσεις ανοιγμάτων.
- Τύπος ανοιγμάτων (συρόμενο, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο, σταθερό κ.ά.).

- Λειτουργικότητα, ασφάλεια, αντοχή κ.ά.

Στο εξεταζόμενο κτίριο επιλέχθηκε ένας σχετικά κοινός τύπος κουφωμάτων αλουμινίου για εκπαιδευτικούς χώρους, έτσι ώστε να αντικατοπτρίζεται ο κύκλος ζωής του αλουμινίου που προορίζεται για αυτό τον σκοπό.

Συγκεκριμένα τα κουφώματα αλουμινίου που επιλέχθηκαν έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

Για 1m² κουφώματος:

- Συνθετικό καουτσούκ 4,87 kg
- Ενισχυμένος χάλυβας 0,973 kg
- Φύλλο αλουμινίου 9,8 m²
- Μπάρα αλουμινίου 38 kg
- Μπάρα σιδήρου 0,975 kg
- Πλαστικό κάλυμμα 0,246 kg
- Πολυαιθυλένιο 0,2668 kg
- Ενισχυμένο φύλλο γυαλιού 5,27 kg
- Νάilon 0,0146 kg
- Αλουμίνιο 39,7 kg
- Συγκολλητής μετάλλου 0,29 kg

Επιλέχθηκε ως προμηθευτής κουφωμάτων αλουμινίου η εταιρία ALUWORLD Αφοί Σουέντ Ο.Ε., η οποία διαθέτει εργοστάσιο παραγωγής κουφωμάτων αλουμινίου στην Κρήτη και συγκεκριμένα στην περιοχή του Ηρακλείου. Συνεπώς, το σύνολο των μεταφορών που λαμβάνουν χώρα, γίνονται αποκλειστικά από φορτηγά οχήματα τα οποία μεταφέρουν τις πρώτες ύλες στο εργοστάσιο για την κατασκευή των κουφωμάτων και στη συνέχεια μεταφέρουν τα έτοιμα κουφώματα από το Ηράκλειο στα Χανιά. Η απόσταση Ηράκλειο-Χανιά είναι 143km.

7.5 Στάδια Κύκλου Ζωής Χρωμάτων (βαφής)

Με τον όρο βαφή νοείται ένα σύνολο εργασιών που εκτελούνται με συγκεκριμένη σειρά, με τα κατάλληλα υλικά και εργαλεία. Η βαφή των επιφανειών και γενικότερα η εφαρμογή των χρωμάτων έχουν σαν στόχο την προστασία και διακόσμηση των δομικών στοιχείων. Από καθαρά τεχνική άποψη η βαφή προστατεύει και μονώνει από τις καιρικές συνθήκες, τις εναλλαγές θερμοτήτας, το όξινο περιβάλλον, τις μηχανικές και χημικές καταπονήσεις, τα καυσαέρια και γενικότερα αιτίες που μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς και να μειώσουν τον χρόνο ζωής των επιφανειών που εφαρμόζεται. Παράλληλα έχει την ικανότητα να μεταμορφώνει τον χώρο, να διακοσμεί και να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την διάθεση και την ψυχολογία των ανθρώπων.

Μία ολοκληρωμένη βαφή συνοψίζεται σε τρία στάδια:

- Προετοιμασία επιφάνειας εφαρμογής.
- Εφαρμογή ασταριού ή υποστρώματος.
- Εφαρμογή της τελικής στρώσης.

Για να αξιολογηθεί σωστά ένα υλικό βαφής θα πρέπει να συνεκτιμάται, εκτός από την τελική του τιμή και παράγοντες όπως:

- Καλυπτικότητα σε m^2/L ή m^2/kg .
- Ευκολία και κόστος εφαρμογής.
- Ανταπόκριση στις επιθυμητές ιδιότητες.
- Αντοχή στον χρόνο και τις καιρικές συνθήκες.
- Τοξικότητα και μόλυνση του περιβάλλοντος.

Η βαφή (χρώμα) στο υπό μελέτη κτίριο έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Για 1 kg χρώμα:

- 0,0202 kg οργανικά χημικά (ρητίνες)
- 0,0835 kg πεντα-ερυθρόλη
- 0,0795 kg φθαλικός ανυδρίτης
- 0,137 kg λάδι σόγιας
- 0,303 kg διοξείδιο του τιτανίου
- 0,377 kg νερό
- 0,0262 kg λοιπές ουσίες

Εργοστάσια παραγωγής χρωμάτων δεν υπάρχουν στην περιοχή της Κρήτης, οπότε η πιο εφικτή διαδικασία είναι η μεταφορά τους από την Αθήνα. Συνεπώς, το σύνολο των μεταφορών γίνεται από φορτηγά οχήματα τα οποία μεταφέρουν τις πρώτες ύλες στο εργοστάσιο και εν συνεχεία τις έτοιμες συσκευασίες χρωμάτων από το εργοστάσιο στο πλοίο και αυτό με την σειρά του τις μεταφέρει στο λιμάνι της Σούδας και από εκεί με φορτηγά οχήματα ξανά στην περιοχή του κτιρίου.

Συγκεκριμένα θεωρείται ότι επιλέχθηκαν προϊόντα της VITEX (όμιλος Γιαννίδη), το εργοστάσιο της οποίας βρίσκεται στην περιοχή του Ασπρόπυργου, 20 km από την Αθήνα. Οπότε, η συνολική απόσταση σε km που καλύφθηκε είναι:

- Ασπρόπυργος - Πειραιάς 18 km
- Πειραιάς - Σούδα 309 km
- Σούδα - Κουνουπιδιανά 11 km

Σύνολο: 338 km

7.6 Στάδια Κύκλου Ζωής Μόνωσης (Θερμομόνωσης)

Υπάρχει τεράστια ποικιλία από τρόπους και υλικά μονώσεων. Η σημασία της ορθής μόνωσης μιας κατασκευής είναι τόση που θα μπορούσε να πει κανείς ότι δεν είναι δυνατό να ξοδέψει κανείς πολλά για μόνωση

Η ορθή επιλογή εξαρτάται από τις ανάγκες του συγκεκριμένου τμήματος της οικοδομής που πρόκειται να προστατευθεί. Η κατασκευή μιας οικοδομής απαιτεί διαφορετικού είδους μονώσεις που κατασκευάζονται σε διαφορετικές φάσεις.

Επιλέχθηκαν να μελετηθούν τα στάδια του κύκλου ζωής ενός τυπικού τύπου θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται για κατασκευές στην Κρήτη. Συγκεκριμένα η μμόνωση που επιλέχθηκε αποτελείται από τα εξής υλικά:

Για 1 kg μόνωσης:

- 1 kg αφρός
- 1,04 kg εξηλασμένη πολυστερίνη

Οι διαστάσεις των «φύλλων» μονώσεως εξηλασμένης πολυστερίνης που χρησιμοποιήθηκαν είναι $2,5\text{m} \times 0,6\text{m} \times 0,06\text{m}$ και η κάθε συσκευασία περιέχει επτά τεμάχια. Μια ικανοποιητική αναλογία μάζας μόνωσης ανά μονάδα όγκου είναι 15 kg/m^3 . Τηρώντας αυτή την αναλογία, υπολογίστηκε ότι για το κτίριο 5.200 m^2 , όπου χρησιμοποιήθηκαν 6.500 m^3 σκυροδέματος, χρειάστηκαν 97.500 kg μόνωσης συνολικά.

Ο τύπος θερμομόνωσης που επιλέχθηκε κατασκευάζεται στην Ιταλία. Συνεπώς, οι μεταφορές που λαμβάνουν χώρα στα στάδια του κύκλου ζωής του γίνονται αρχικά από φορτηγά οχήματα, για μεταφορές υλικών στο χώρο του εργοστασίου, στη συνέχεια μεταφέρεται με πλοίο από το Μπάρι της Ιταλίας στην Πάτρα και από εκεί πάλι με φορτηγά οχήματα μεταφέρεται στον Ασπρόπυργο, όπου εδρεύει η εταιρεία όπου τον εμπορεύεται. Από εκεί πάει στον Πειραιά και φτάνει στην Σούδα με πλοίο. Τέλος, από την Σούδα μεταφέρεται πάλι με φορτηγά οχήματα μέχρι τα Χανιά. Αποστάσεις σε km:

- Μπάρι - Πάτρα 654 km
- Πάτρα - Ασπρόπυργος 195 km
- Ασπρόπυργος - Πειραιάς 18 km
- Πειραιάς - Σούδα 309 km
- Σούδα - Χανιά 7 km

Σύνολο : 1.183 km

8 Το Κτίριο μέσα από το λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings[©]

8.1 Ταυτότητα Κτιρίου

Για την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings[©] για το κτίριο χρειάστηκε να ληφθεί η παραδοχή ότι χωρίζεται σε 5 (πέντε) επιμέρους τμήματα ορθογωνικών κατόψεων, στο κτίριο 2 ένα στο ισόγειο και ένα στον πρώτο όροφο και στο κτίριο 2N ένα στο ισόγειο, ένα στον πρώτο όροφο και ένα στον δεύτερο όροφο. Αυτή η επιλογή έγινε για να μπορεί να καταχωρηθεί η εκάστοτε επιφάνεια στο λογισμικό με ορθογωνική κάτοψη, ώστε στο τέλος να μπορούν να συναθροιστούν οι επιμέρους επιπτώσεις του κάθε τμήματος. Η πρώτη εισαγωγή δεδομένων αφορούσε την περιγραφή του κτιρίου στο σύνολο του και κάποια γενικά χαρακτηριστικά του (Πίνακας 8.1).

Στοιχεία Εισόδου	
Όνομα Project	BaseModelK2
Τύπος Κτιρίου	Ακαδημαϊκό Ίδρυμα
Προσδόκιμο ζωής κτιρίου	60 έτη
Ύψος Κτιρίου	12 m
Επιφάνεια Κτιρίου	3449,31 m ²
Τοποθεσία Κτιρίου	Halifax

Πίνακας 8.1 Στοιχεία εισόδου του Project

Το project που καταχωρήθηκε ονομάστηκε «BaseModelK2». Ο τύπος του κτιρίου που επιλέχθηκε είναι το «Institutional», καθώς σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται τα Ακαδημαϊκά Ιδρύματα. Το λογισμικό περιλαμβάνει διάφορες επιλογές για τον τύπο κτιρίου όπως, το εμπορικό κτίριο, την μονοκατοικία, το βιομηχανικό κτίριο, το γραφείο κ.ά. Το προσδόκιμο ζωής του κτιρίου που καταχωρήθηκε είναι τα 60 έτη. Ο αριθμός αυτός αποτελεί τυπική τιμή και εμπεριέχει συντελεστή ασφάλειας για τον χρόνο αντοχής των υλικών ενός τυπικού κτιρίου στον Καναδά. Το ύψος του κτιρίου, όπως και η συνολική του επιφάνεια μετρήθηκαν από το μοντέλο του κτιρίου στο λογισμικό AutoCAD. Ως θέση του υπό μελέτη κτιρίου επιλέχθηκε ο περιφερειακός Δήμος Halifax. Εφόσον, το ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας εμπίπτει περισσότερο με το ενεργειακό μίγμα του Δήμου Halifax σε σχέση με τις υπόλοιπες Πρωτεύουσες του Καναδά.

Εικόνα 8.1 Athena Impact Estimator for Buildings[©] - Add Project.

8.2 Ενεργειακές Απαιτήσεις

Η ενεργειακή κατανάλωση είναι η τελική ενέργεια που θα χρειαστεί ένα κτίριο για τις ανάγκες του, η οποία μεταφράζεται και με το κόστος από τη σκοπιά πως, ό,τι ενέργεια καταναλωθεί, θα πληρωθεί το αντίστοιχο ποσό. Σε διαφορετική περίπτωση, θα μπορούσε να διατυπωθεί ως η επιπρόσθετη ενέργεια που θα χρειαστεί να δοθεί για την κάλυψη του ενεργειακού φορτίου, διότι το φορτίο περιλαμβάνει την απαιτούμενη ενέργεια που θα χρειαστεί ένα κτίριο αλλά δεν συμπληρώνει τις απώλειες που θα προκύψουν.

Γενικότερα, τα ενεργειακά φορτία ενός κτιρίου εξαρτώνται από τη μέση ένταση των ποσών ηλιακής ακτινοβολίας, το μέσο εσωτερικό προφίλ (κάτοικοι, φωτισμός, εξοπλισμός) και τις τιμές των θερμοκρασιακών διαφορών. Η ανάπτυξη του κάθε παράγοντα ως γραμμική συνάρτηση της εξωτερικής θερμοκρασίας, δίνει τη δυνατότητα του συνδυασμού όλων των παραγόντων και τη δημιουργία ενός συνολικού ενιαίου προφίλ φορτίων το οποίο αντιπροσωπεύει όλες τις συνθήκες του έτους (ανεξάρτητα εποχής). Στις περισσότερες περιπτώσεις η λειτουργικότητα των κτιρίων έχει τουλάχιστον δύο θερμοκρασιακά διαστήματα μεταβολής, τα οποία αντιπροσωπεύουν τις ώρες κατοίκησης, δηλαδή τις ώρες που παρευρίσκονται οι κάτοικοι στο κτίριο και παράγεται θερμότητα από διάφορα μέσα και τις ώρες που το κτίριο δεν κατοικείται.

Για τον υπολογισμό των θερμικών και των ψυκτικών φορτίων του κτιρίου καθορίστηκαν αρχικά οι θερμοκρασίες θερμοστάτη. Ο θερμοστάτης ενεργοποιεί ή αντίθετα διακόπτει τη λειτουργία στο μηχανισμό θέρμανσης ή ψύξης τον οποίο ελέγχει ανάλογα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου. Τα σημεία ρύθμισης για την περίοδο θέρμανσης και ψύξης σε ένα τυπικό σύστημα HVAC (στην Ελλάδα) είναι 20 °C και 26 °C αντίστοιχα, όπως συνιστώνται από για εκπαιδευτήρια [29].

Θέρμανση (kWh)	21813,7
Ψύξη (kWh)	121470,5
Σύνολο (kWh)	143284,2

Πίνακας 8.2 Ενεργειακά Φορτία (συμπεριλαμβάνεται φωτισμός και εξοπλισμός).

Η απαιτούμενη αυτή ενέργεια καλύπτεται εξολοκλήρου από ηλεκτρισμό (Εικόνα 8.2).

Value	Unit	Of	Fuel Type	Frequency	Action
143284,2	kWh	Of	Electricity	Per Year	
0,0	m³	Of	Natural Gas	Per Year	Compute Fuel
0,0	Litre	Of	LPG	Per Year	Compute Fuel
0,0	Litre	Of	Heavy Fuel	Per Year	Compute Fuel
0,0	Litre	Of	Diesel	Per Year	Compute Fuel
0,0	Litre	Of	Gasoline	Per Year	Compute Fuel

Εικόνα 8.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.

8.3 Διαστάσεις και υλικά κατασκευής

8.3.1 Κολόνες και δοκοί

Για την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings[®] για το κτίριο χρειάστηκε να ληφθεί η παραδοχή ότι το κτίριο χωρίζεται σε 5 (πέντε) επιμέρους τμήματα ορθογωνικών κατόψεων, στο κτίριο 2 ένα στο ισόγειο (part 1) και ένα στον πρώτο όροφο (part 2) και στο κτίριο 2N ένα στο ισόγειο (part 3), ένα στον πρώτο όροφο (part 4) και ένα στον δεύτερο όροφο (part 5). Αυτή η επιλογή έγινε για να μπορεί να καταχωρηθεί η εκάστοτε επιφάνεια στο λογισμικό με ορθογωνική κάτοψη, ώστε στο τέλος να μπορούν να συναθροιστούν οι επιμέρους επιπτώσεις του κάθε τμήματος. Στον Πίνακα 8.3 παρουσιάζονται τα στοιχεία εισόδου στο λογισμικό.

Part	1	2	3	4	5
Αριθμός παραθύρων κτιρίου	30	36	23	25	14

Αριθμός πορτών κτιρίου	2	2	3	2	2
Ύψος κτιρίου (m)	4	4	4	4	4
Περίμετρος κτιρίου	115	127,36	108,40	131,28	75,44
Επιφάνεια (m ²)	642,96	744,03	592,87	771,60	327,45
Αριθμός κολόνων	59	63	51	49	41
Αριθμών δοκών	53	57	45	43	35
Ύψος κολόνων (m)	4	4	4	4	4
Bay Size (m)	5,14	6,38	4,78	4,78	5,79
Supported Span (m)	4,16	3,38	4,25	4,25	4,22
Floor Width (m)	154,56	220,13	139,50	181,55	77,05
Roof Width (m)	154,56	220,13	139,50	181,55	77,05
Υλικό κατασκευής	Σκυρόδεμα	Σκυρόδεμα	Σκυρόδεμα	Σκυρόδεμα	Σκυρόδεμα

Πίνακας 8.3 Στοιχεία εισόδου στο λογισμικό – Κύρια χαρακτηριστικά κτιρίου.

Για την εύρεση του Bay Size χρειάστηκε να υπολογιστεί ο μέσος όρος όλων των δοκών του κάθε τμήματος ξεχωριστά. Γενικότερα το Bay Size είναι η απόσταση μεταξύ 2 (δύο) κολόνων, από την μία άκρη της κολόνας που στηρίζεται μέχρι την αρχή της επόμενης που βρίσκονται στην ίδια κατεύθυνση κατά μήκος μίας δοκού.

Το Supported Span είναι η απόσταση των μεγαλύτερων σε μήκος παράλληλων δοκών σε σχέση με τις υπόλοιπες δοκούς της ίδιας κατεύθυνσης, αυτές προσδιορίζουν κατά πόσο μεγάλες πρέπει να είναι οι κολόνες και οι δοκοί ανάλογα με το σύστημα, το Supported Span καθορίζει πόσα υλικά θα περιέχει το Floor, το πάχος του κ.ά., έτσι ώστε να μπορέσει να ανταποκριθεί/υποστηριχθεί η κατασκευή στο προσδόκιμο ζωής που έχει οριστεί (Εικόνα 8.3 έως Εικόνα 8.7).

The screenshot shows the 'BaseModelK2-Modify' dialog box. The 'Name' field is 'Columns&Beams ground floor K2 - part 1'. The 'Number of Columns' is 59, 'Column Height (m)' is 4, 'Number of Beams' is 53, 'Bay Size (m)' is 5.14, 'Supported Span (m)' is 4.16, and 'Supported Area (m²)' is 642.96. The 'Units' are set to SI. The 'Supported Element' is 'Floor'. The 'Live Load' is 3.6 kPa. The 'Column Type' is 'Concrete'. The 'Beam Type' is 'Concrete'. The 'OK' button is highlighted.

Assembly

Name:
Columns&Beams ground floor K2 - part 1

Number of Columns: 59
Column Height (m): 4
Number of Beams: 53
Bay Size (m): 5.14
Supported Span (m): 4.16
Supported Area (m²): 642.96

Units:
☒ SI
☐ Imperial

Supported Element:
☒ Floor
☐ Roof

Live Load:
☐ 2.4 kPa
☒ 3.6 kPa
☐ 4.8 kPa

Column Type:
☐ Softwood Lumber
☐ Hollow Structural Steel
☐ Glulam
☐ LVL / PSL
☐ WF
☒ Concrete
☐ Precast Concrete Perimeter
☐ Precast Concrete Interior
☐ User Defined Concrete

Beam Type:
☐ Glulam
☐ LVL / PSL
☐ WF
☒ Concrete
☐ Precast Concrete Perimeter
☐ Precast Concrete Interior
☐ User Defined Concrete

Duplicate Delete Help OK Cancel

Εικόνα 8.3 Κολόνες και Δοκοί – part 1.

The screenshot shows the 'BaseModelK2-Modify' dialog box. The 'Name' field is 'Columns&Beams first floor K2 - part2'. The 'Number of Columns' is 63, 'Column Height (m)' is 4, 'Number of Beams' is 57, 'Bay Size (m)' is 6.38, 'Supported Span (m)' is 3.38, and 'Supported Area (m²)' is 744.03. The 'Units' are set to SI. The 'Supported Element' is 'Floor'. The 'Live Load' is 3.6 kPa. The 'Column Type' is 'Concrete'. The 'Beam Type' is 'Concrete'. The 'OK' button is highlighted.

Assembly

Name:
Columns&Beams first floor K2 - part2

Number of Columns: 63
Column Height (m): 4
Number of Beams: 57
Bay Size (m): 6.38
Supported Span (m): 3.38
Supported Area (m²): 744.03

Units:
☒ SI
☐ Imperial

Supported Element:
☒ Floor
☐ Roof

Live Load:
☐ 2.4 kPa
☒ 3.6 kPa
☐ 4.8 kPa

Column Type:
☐ Softwood Lumber
☐ Hollow Structural Steel
☐ Glulam
☐ LVL / PSL
☐ WF
☒ Concrete
☐ Precast Concrete Perimeter
☐ Precast Concrete Interior
☐ User Defined Concrete

Beam Type:
☐ Glulam
☐ LVL / PSL
☐ WF
☒ Concrete
☐ Precast Concrete Perimeter
☐ Precast Concrete Interior
☐ User Defined Concrete

Duplicate Delete Help OK Cancel

Εικόνα 8.4 Κολόνες και Δοκοί – part 2.

BaseModelK2-Modify

Assembly

Name: Columns&Beams ground floor K2N - part3

Number of Columns: 51

Column Height (m): 4

Number of Beams: 45

Bay Size (m): 4.78

Supported Span (m): 4.25

Supported Area (m²): 592.87

Units: ☒ SI ☐ Imperial

Supported Element: ☒ Floor ☐ Roof

Live Load: ☐ 2.4 kPa ☒ 3.6 kPa ☐ 4.8 kPa

Column Type: ☐ Softwood Lumber ☐ Hollow Structural Steel ☐ Glulam ☐ LVL / PSL ☐ WF ☒ Concrete ☐ Precast Concrete Perimeter ☐ Precast Concrete Interior ☐ User Defined Concrete

Beam Type: ☐ Glulam ☐ LVL / PSL ☐ WF ☒ Concrete ☐ Precast Concrete Perimeter ☐ Precast Concrete Interior ☐ User Defined Concrete

Duplicate Delete Help OK Cancel

Εικόνα 8.5 Κολόνες και Δοκοί – part 3.

BaseModelK2-Modify

Assembly

Name: Columns&Beams first floor K2N - part4

Number of Columns: 49

Column Height (m): 4

Number of Beams: 43

Bay Size (m): 4.78

Supported Span (m): 4.25

Supported Area (m²): 771.60

Units: ☒ SI ☐ Imperial

Supported Element: ☒ Floor ☐ Roof

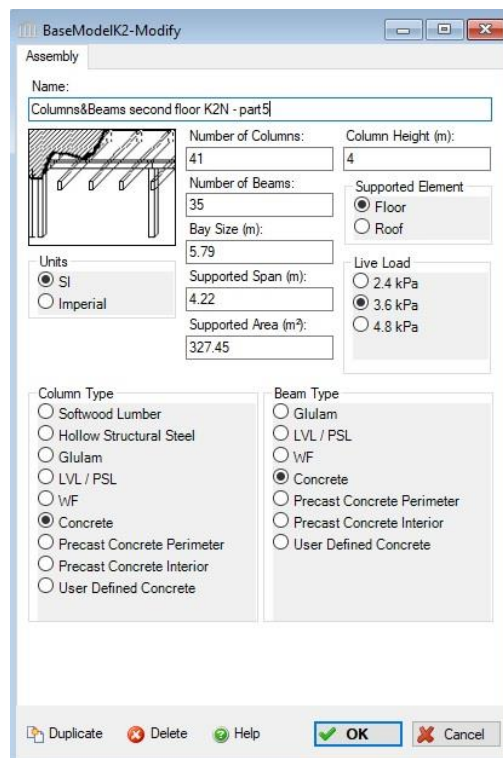
Live Load: ☐ 2.4 kPa ☒ 3.6 kPa ☐ 4.8 kPa

Column Type: ☐ Softwood Lumber ☐ Hollow Structural Steel ☐ Glulam ☐ LVL / PSL ☐ WF ☒ Concrete ☐ Precast Concrete Perimeter ☐ Precast Concrete Interior ☐ User Defined Concrete

Beam Type: ☐ Glulam ☐ LVL / PSL ☐ WF ☒ Concrete ☐ Precast Concrete Perimeter ☐ Precast Concrete Interior ☐ User Defined Concrete

Duplicate Delete Help OK Cancel

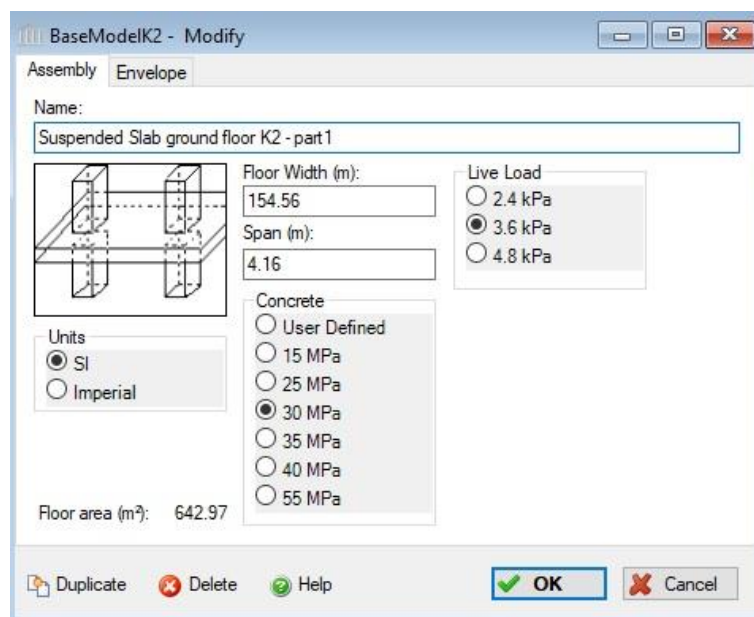
Εικόνα 8.6 Κολόνες και Δοκοί – part 4.



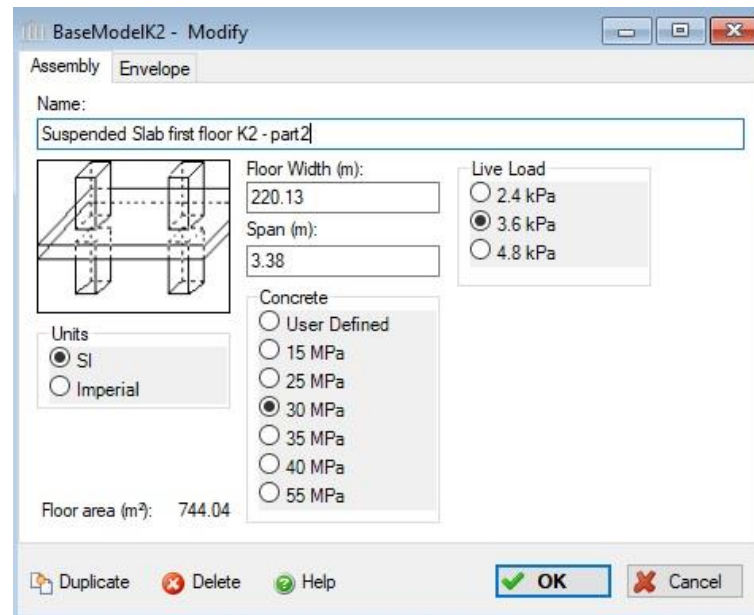
Εικόνα 8.7 Κολόνες και Δοκοί – part 5.

8.3.2 Δάπεδα

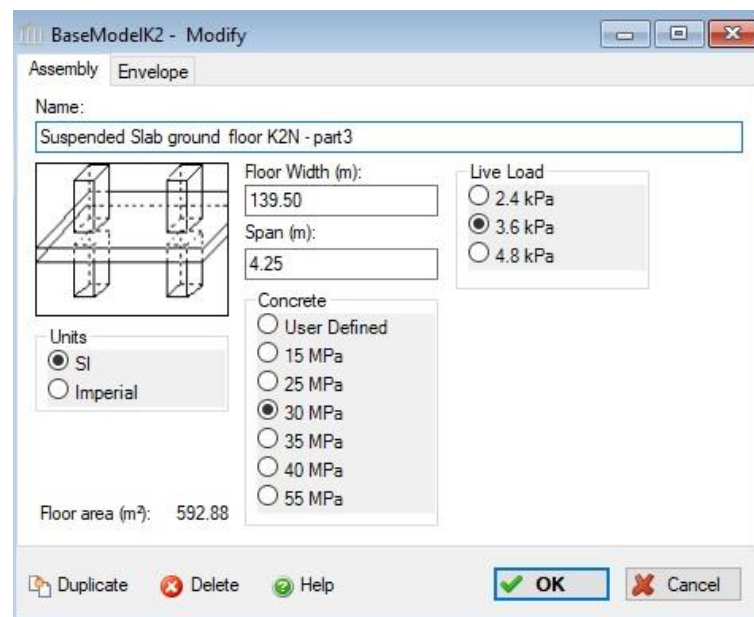
Για την εύρεση του πλάτους του δαπέδου (Floor Width (m)), διαιρέθηκε η Επιφάνεια (m^2) με το Supported Span (m), για μεγαλύτερη ακρίβεια αποτελεσμάτων (Εικόνα 8.8 έως Εικόνα 8.12).



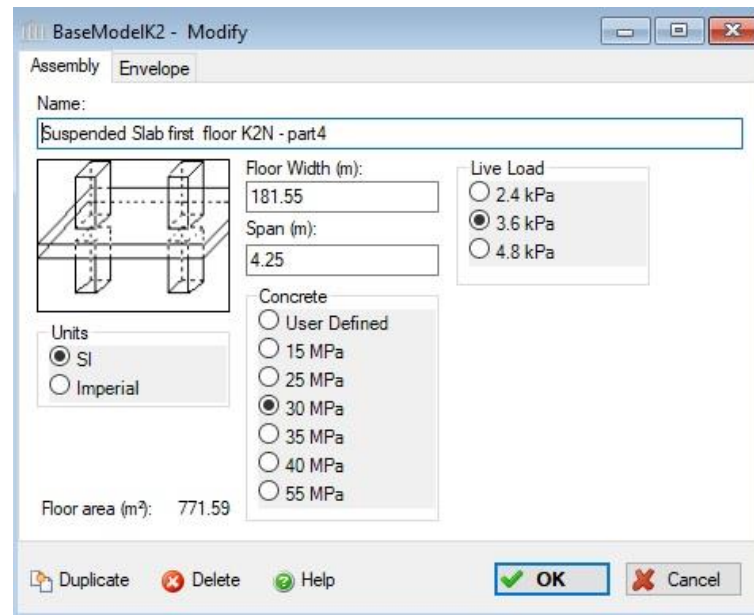
Εικόνα 8.8 Ορισμός δαπέδου – part 1.



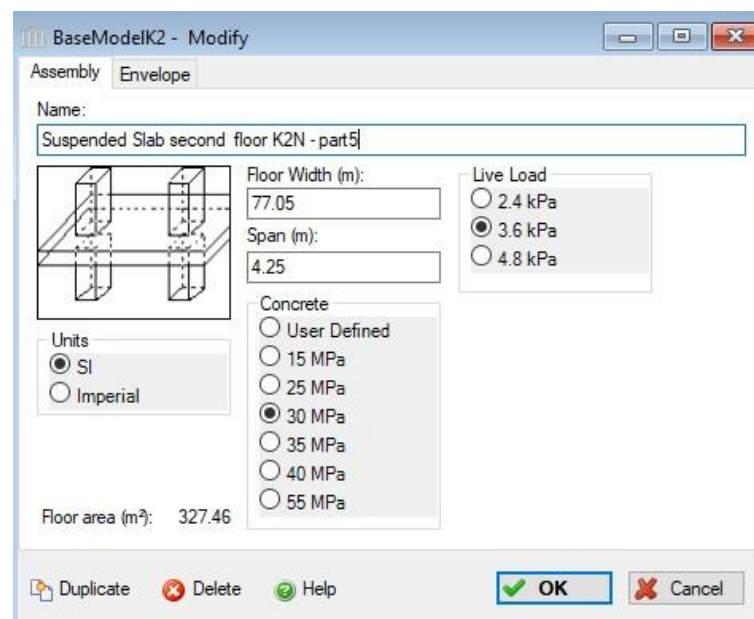
Εικόνα 8.9 Ορισμός δαπέδου – part 2.



Εικόνα 8.10 Ορισμός δαπέδου – part 3.

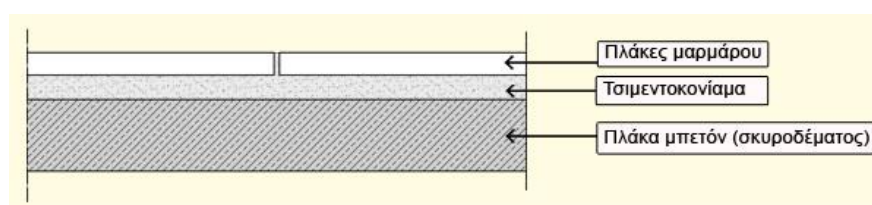


Εικόνα 8.11 Ορισμός δαπέδου – part 4.



Εικόνα 8.12 Ορισμός δαπέδου – part 5.

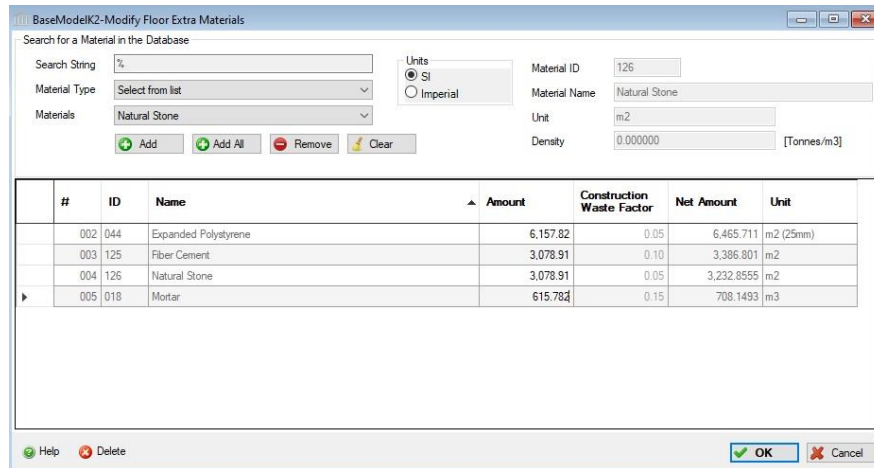
Όσον αφορά στα υλικά κατασκευής ενός δαπέδου από μάρμαρο, μία τυπική μορφή φαίνεται στην Εικόνα 8.13.



Εικόνα 8.13 Υλικά κατασκευής μαρμαρίνου δαπέδου.

Το λογισμικό δεν διαθέτει ως υλικό το μάρμαρο, επομένως επιλέχθηκε το Natural Stone που έχει αρκετά όμοια χαρακτηριστικά με το μάρμαρο. Για το τσιμεντοκονίαμα επιλέχθηκε το υλικό Mortar και για την πλάκα μπετόν τα υλικά Fiber Cement. Τέλος, θεωρήθηκε ότι υπάρχει και κάποιου είδους μόνωση τοποθετώντας το υλικό Expanded Polystyrene.

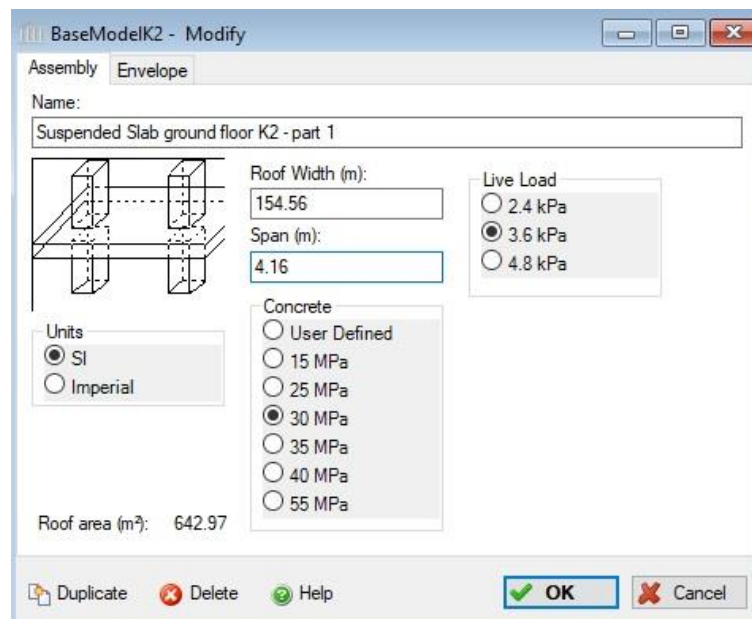
Τα υλικά αυτά δεν υπήρχαν στον φάκελο «Envelope», επομένως για να εισαχθούν δημιουργήθηκε ένας νέος βρόγχος με όνομα «Floor Extra Materials» και εισήχθησαν τα απαιτούμενα υλικά (Εικόνα 8.14).



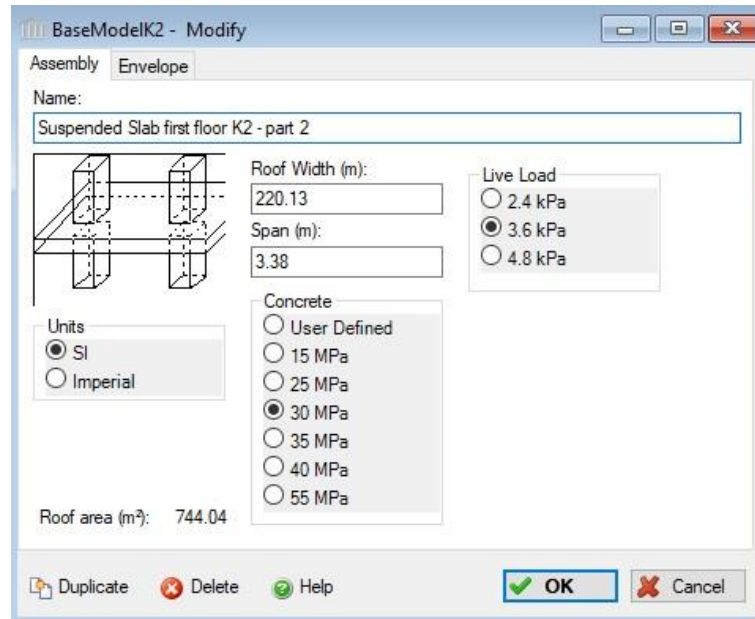
Εικόνα 8.14 Βρόγχος «Floor Extra Materials» για τα υλικά των δαπέδων.

8.3.3 Οροφές

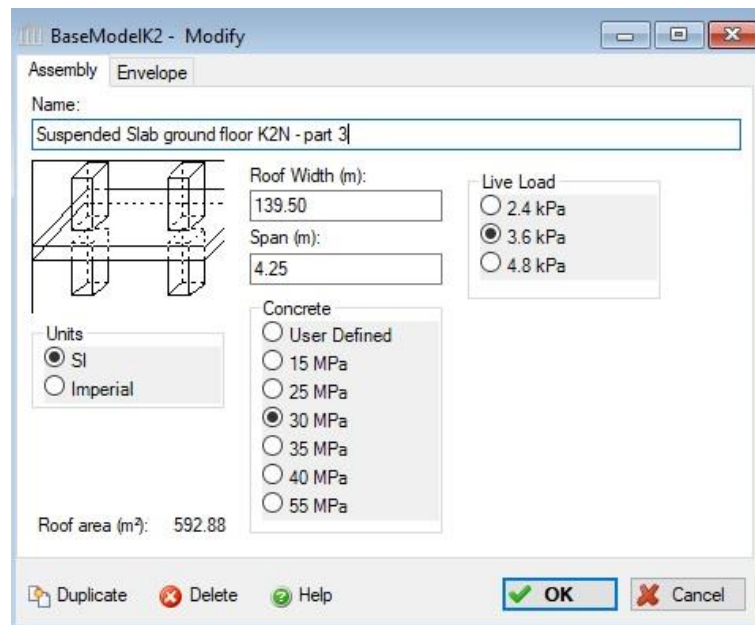
Για την εύρεση του πλάτους της οροφής (Roof Width (m)), διαιρέθηκε η Επιφάνεια (m²) με το Supported Span (m), για μεγαλύτερη ακρίβεια αποτελεσμάτων. Τα μεγέθη αυτά εισήχθησαν στην καρτέλα «Assembly» για κάθε τμήμα ξεχωριστά (Εικόνα 8.15 έως Εικόνα 8.19).



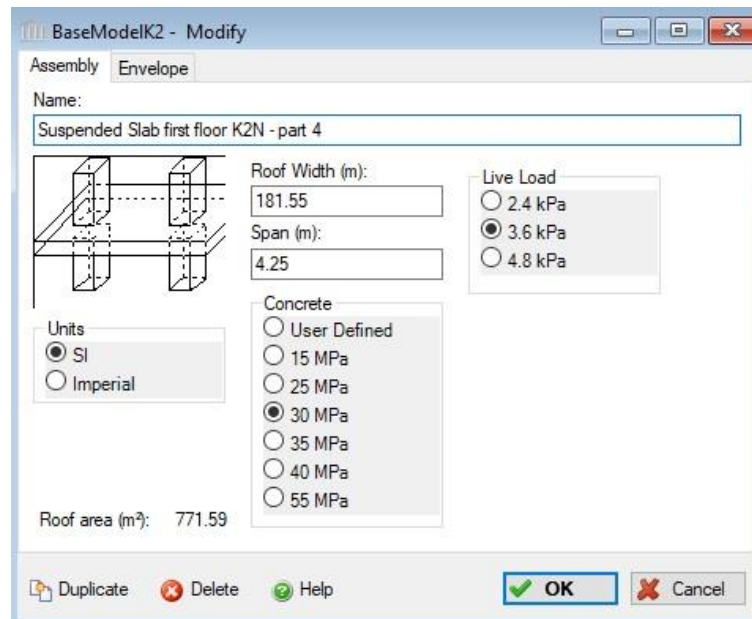
Εικόνα 8.15 Ορισμός οροφής – part 1.



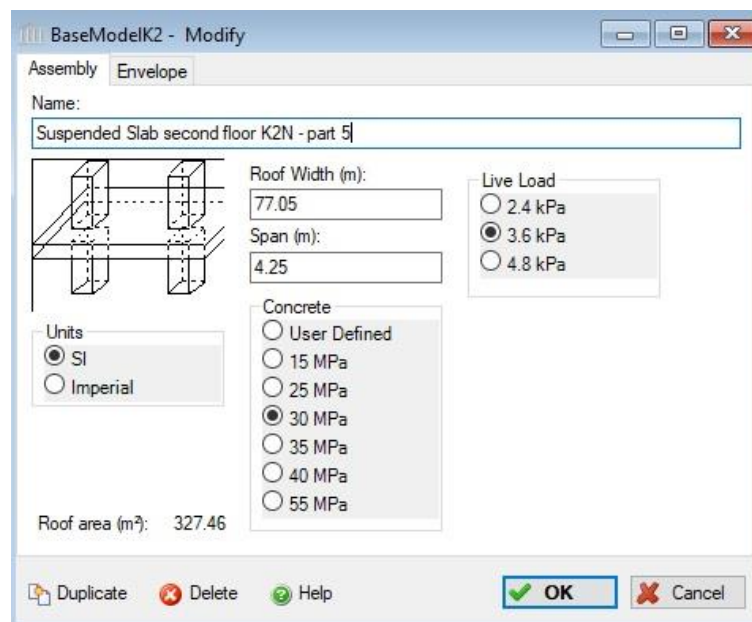
Εικόνα 8.16 Ορισμός οροφής – part 2.



Εικόνα 8.17 Ορισμός οροφής – part 3.

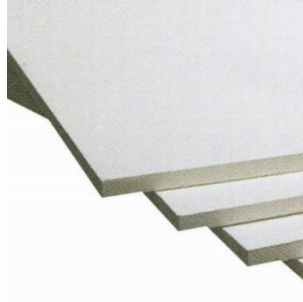


Εικόνα 8.18 Ορισμός οροφής – part 4.



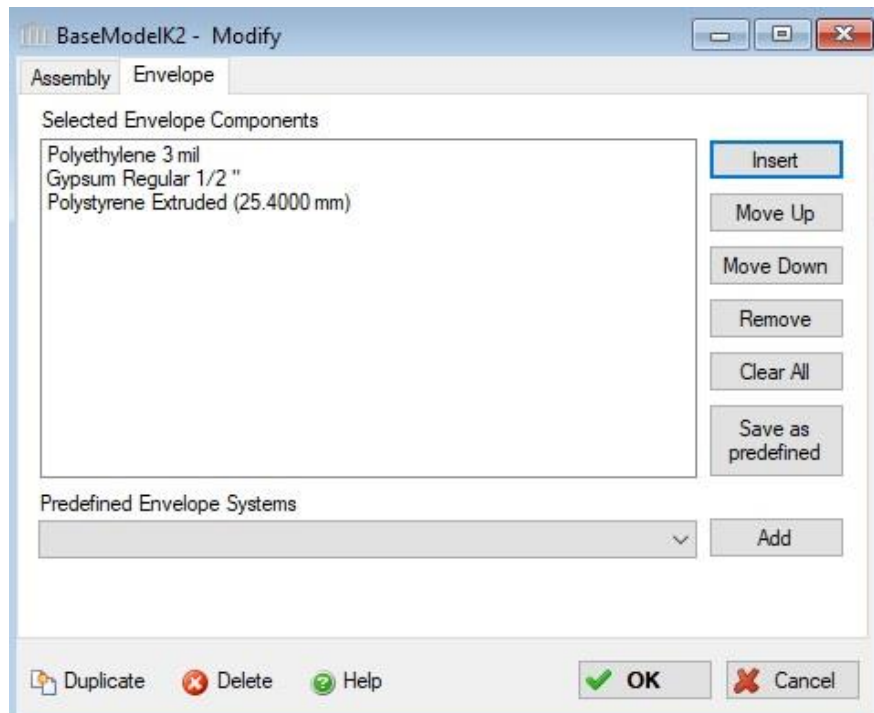
Εικόνα 8.19 Ορισμός οροφής – part 5.

Όσον αφορά στα υλικά κατασκευής των οροφών που για την ακρίβεια είναι ψευδοροφές με κασέτες γυψοσανίδας και επένδυση βινυλικής ταπετσαρίας, μία τυπική μορφή φαίνεται στην Εικόνα 8.20.



Εικόνα 8.20 Πλάκες ψευδοροφών με επένδυση βινυλίου και φύλλο αλουμινίου στην πίσω πλευρά.

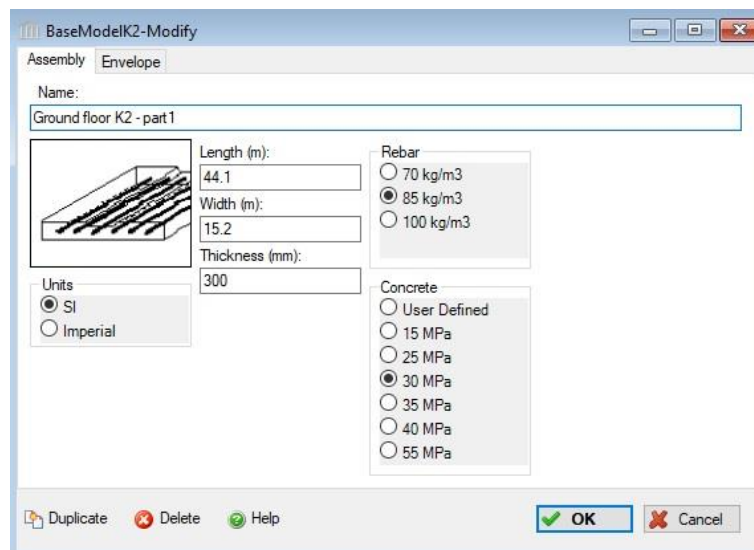
Τα υλικά αυτά υπήρχαν στον φάκελο «Envelope» και εισήχθησαν από εκεί, χωρίς να απαιτείται η δημιουργία νέου βρόγχου. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε για τις γυψοσανίδες το υλικό «Gypsum Regular 1/2"», αντί της επένδυσης βινυλικής ταπετσαρίας το υλικό «Polystyrene Extruded» που παρουσιάζει παρεμφερή χαρακτηριστικά και σαν συνδετικό υλικό το «Polyethylene 3 mil» (Εικόνα 8.21).



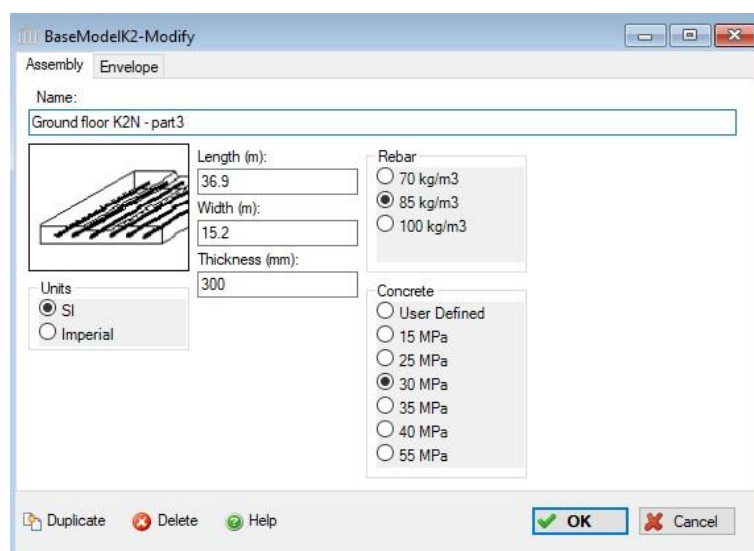
Εικόνα 8.21 Υλικά κατασκευής οροφής.

8.3.4 Θεμέλια

Το αναδυνόμενο παράθυρο για την εισαγωγή των δεδομένων που αφορούν στα θεμέλια αποτελείται από δύο καρτέλες. Στην πρώτη καρτέλα, με ονομασία «Assembly», καταχωρούνται οι πληροφορίες του μήκους των θεμελίων (Length), του πλάτους (Width) και του πάχους (Thickness). Ενώ, εισάγονται η πυκνότητα των ράβδων σκυροδέματος (Rebar), δηλαδή του οπλισμού και η αντοχή τους στις καταπονήσεις (Εικόνα 8.22 και Εικόνα 8.23).

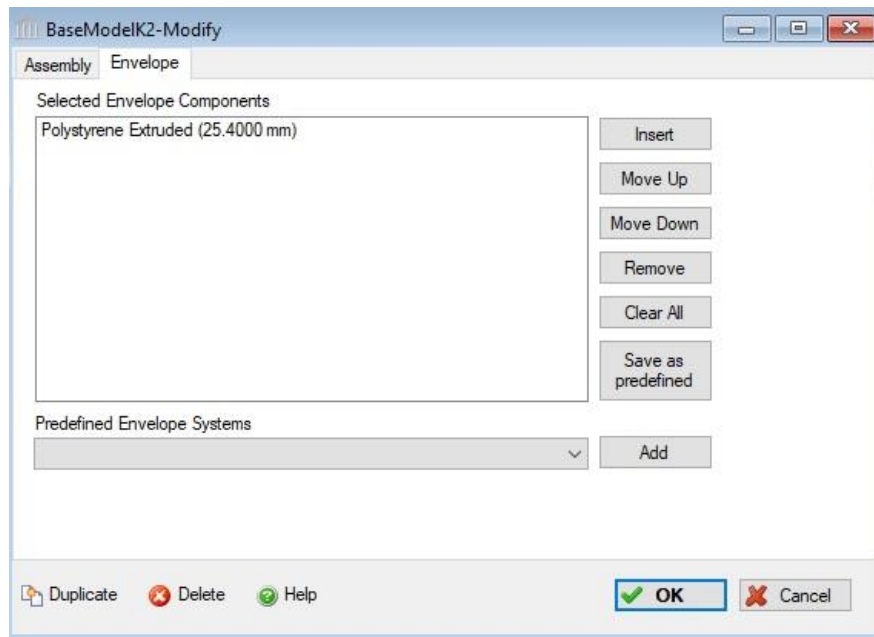


Εικόνα 8.22 Ορισμός θεμελίων – Part 1.



Εικόνα 8.23 Ορισμός θεμελίων – Part 3.

Στην δεύτερη καρτέλα του αναδυόμενου παραθύρου με τίτλο «Envelope», καταχωρούνται οι πληροφορίες των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή θεμελίων. Όμως, δεν υπήρχαν υλικά που να προσεγγίζουν τα χρησιμοποιούμενα και έτσι χρησιμοποιήθηκε υλικό με παρεμφερείς ιδιότητες (Εικόνα 8.24).



Εικόνα 8.24 Υλικά κατασκευής θεμελίων.

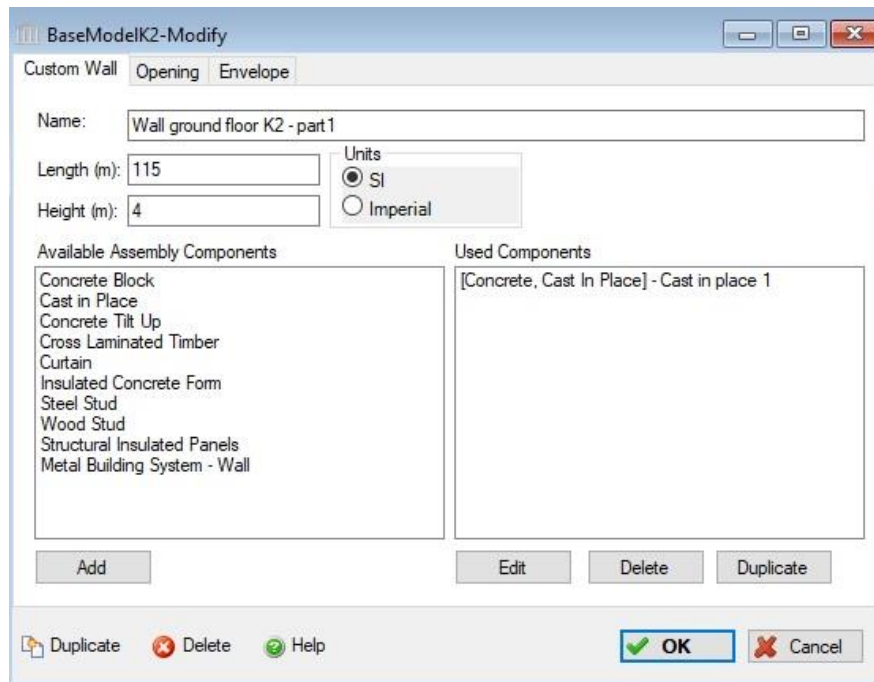
8.3.5 Τοίχοι

Για την εισαγωγή των δεδομένων που αφορούν τους τοίχους συμπληρώθηκαν οι πληροφορίες για το κάθε κτίριο και για τον κάθε όροφο ξεχωριστά. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν τα επιλεγμένα υλικά και την ποσότητα αυτών των υλικών που χρειάστηκε για να κατασκευαστούν οι τοίχοι. Επίσης, αφορούν το σύστημα των μονάδων μέτρησης των ποσοτήτων των υλικών και την αντοχή των τοίχων σε βάθος χρόνου. Η εισαγωγή δεδομένων, πραγματοποιήθηκε μέσω ενός αναδυόμενου παραθύρου που περιείχε τρεις καρτέλες.

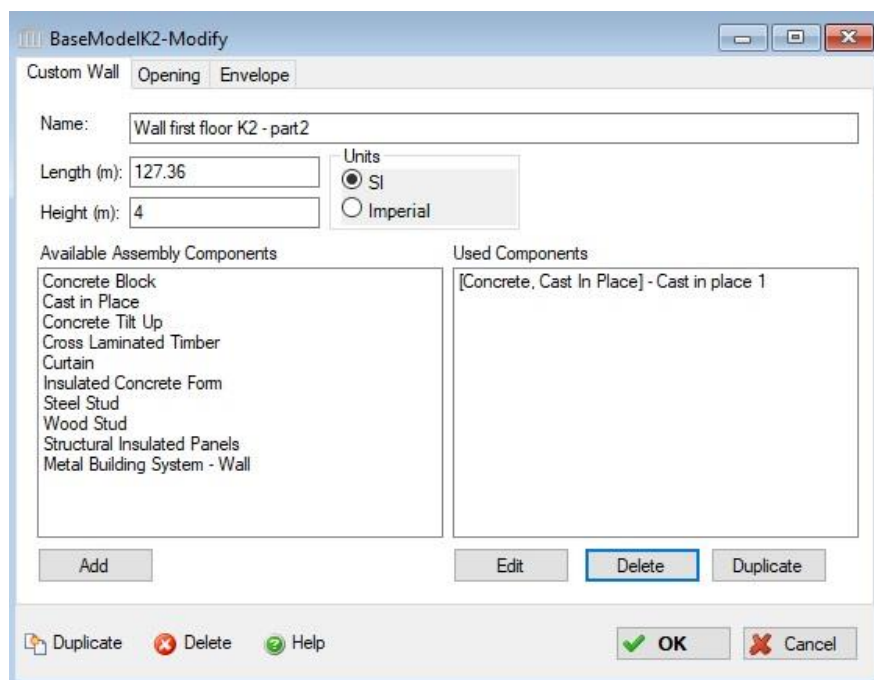
Η διαστρωμάτωση των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου K2 από μέσα προς τα έξω είναι από γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, μη φέρον ή φέρον οπλισμένο σκυρόδεμα και τσιμεντοσανίδα.

Στην πρώτη καρτέλα, με ονομασία «Custom Wall», ζητήθηκε για κάθε όροφο το όνομα του βρόγχου (Name), το μήκος του εξωτερικού τοίχου (Length), το ύψος του ορόφου (Height), τα υλικά κατασκευής του τοίχου (Assembly Components) και οι μονάδες μέτρησης (Units) όλων των παραπάνω μεγεθών, όπως φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες.

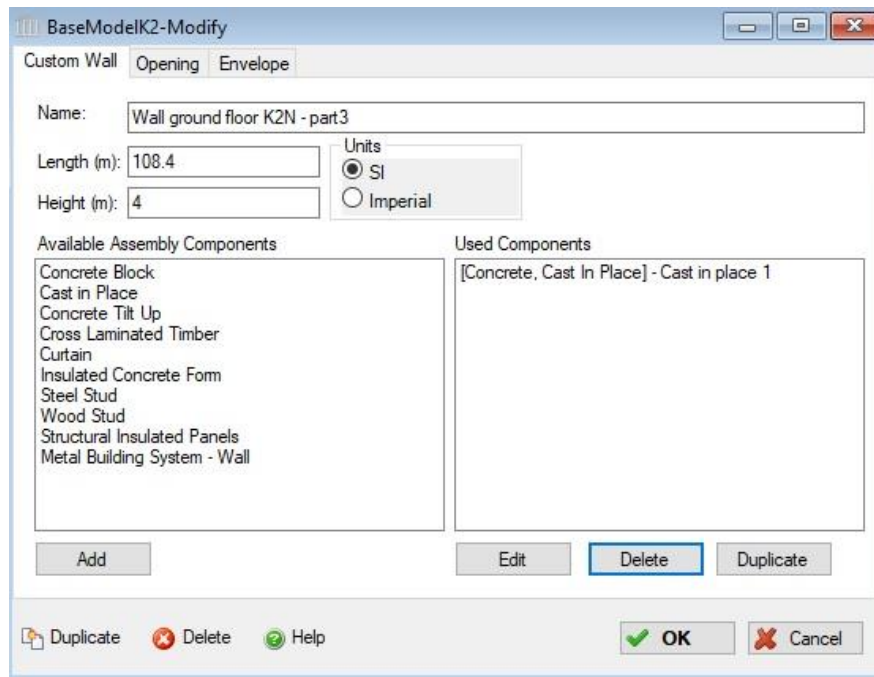
Αξίζει να αναφερθεί ότι το ύψος και το μήκος μετρήθηκαν από το μοντέλο του κτιρίου στο λογισμικό AutoCAD. Επιπλέον, από τα διαθέσιμα υλικά για μπετόν και για την συναρμολόγηση των τοίχων επιλέχθηκε το «Cast In Place», το οποίο είναι οπλισμένο σκυρόδεμα, δηλαδή περιέχει μπετόν και ράβδους οριζόντιους και κάθετους κατάλληλους για την αντοχή των τοίχων (Εικόνα 8.25 έως Εικόνα 8.29).



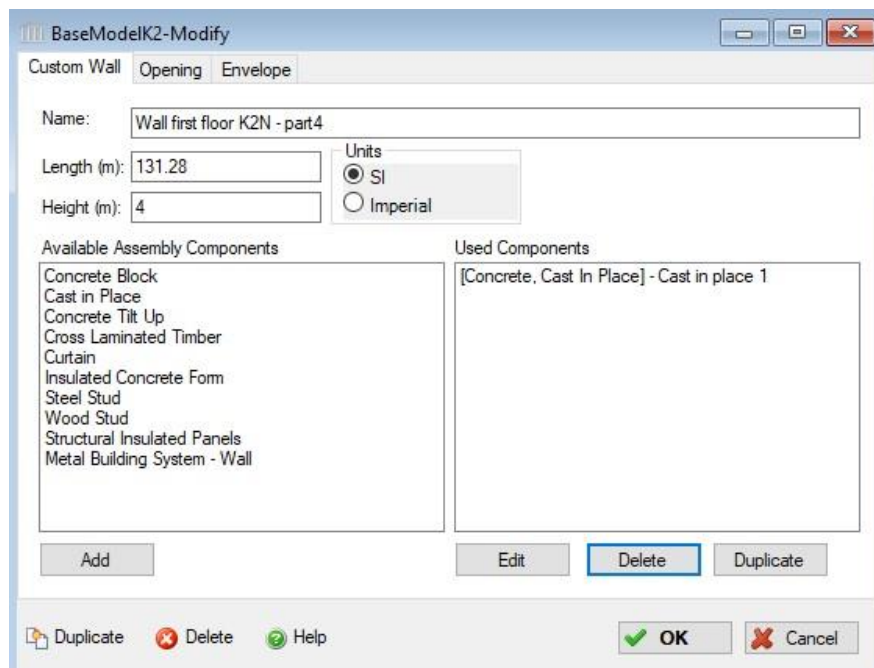
Εικόνα 8.25 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 1.



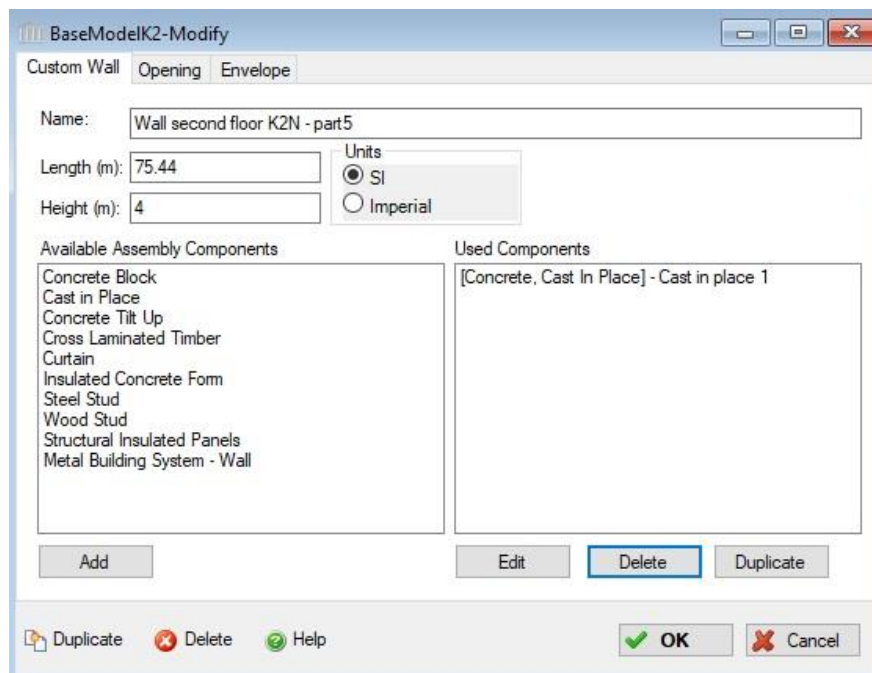
Εικόνα 8.26 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 2.



Εικόνα 8.27 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 3.

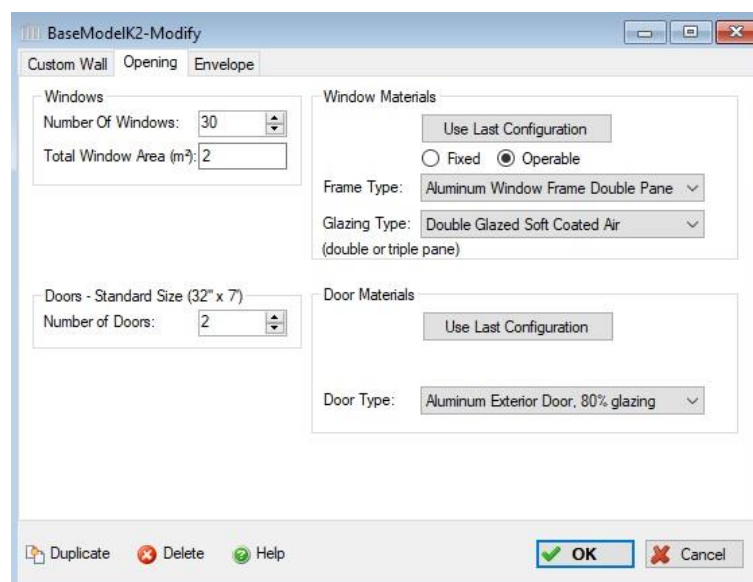


Εικόνα 8.28 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 4.

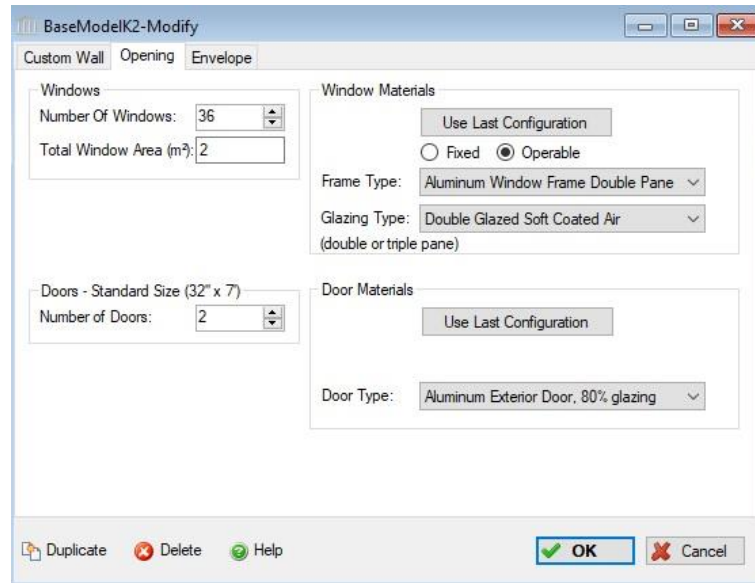


Εικόνα 8.29 «Custom Wall» εισαγωγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών τοίχων – part 5.

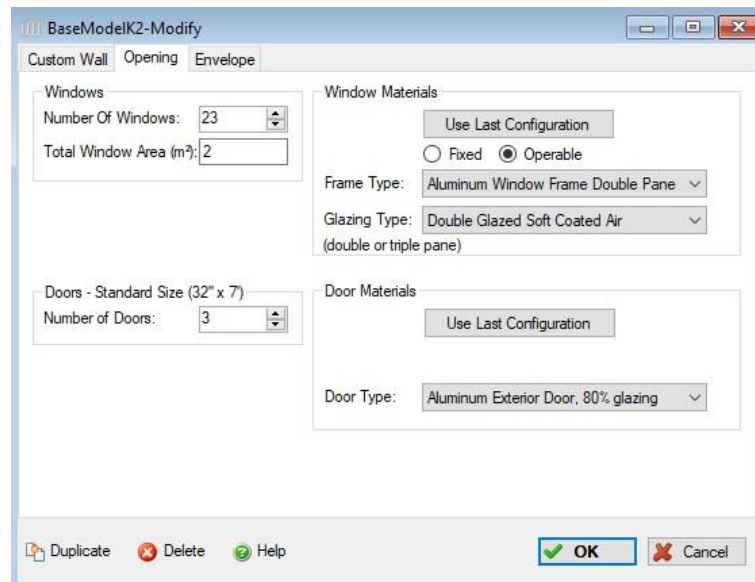
Στην δεύτερη καρτέλα, με τίτλο «Opening», ζητήθηκε για κάθε όροφο ξεχωριστά, ο αριθμός των παραθύρων και των πορτών, το υλικό κατασκευής των πλαισίων αυτών (που είναι το αλουμίνιο), η συνολική επιφάνεια κάλυψης παραθύρων αλλά και ο τύπος του γυαλιού που διαθέτουν. Ακόμη, ζητήθηκε το αέριο που περιέχεται μέσα σε κάθε διπλό ή τριπλό πάνελ παραθύρου (Εικόνα 8.30 έως Εικόνα 8.34).



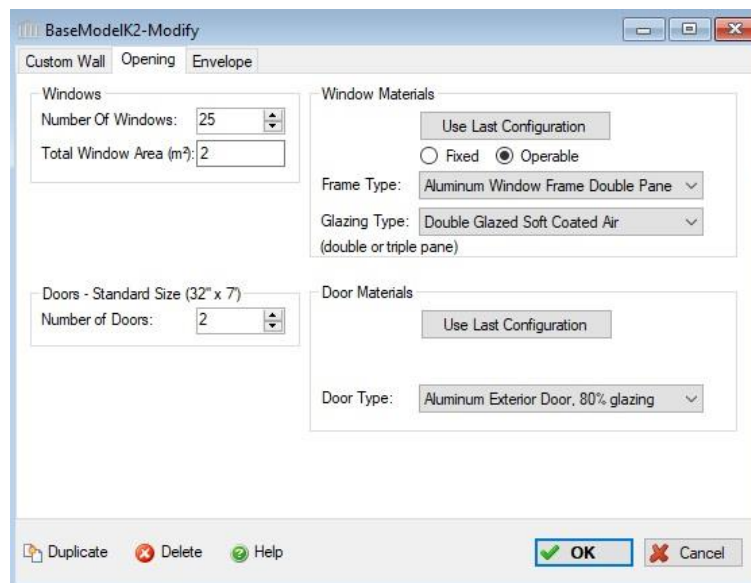
Εικόνα 8.30 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 1.



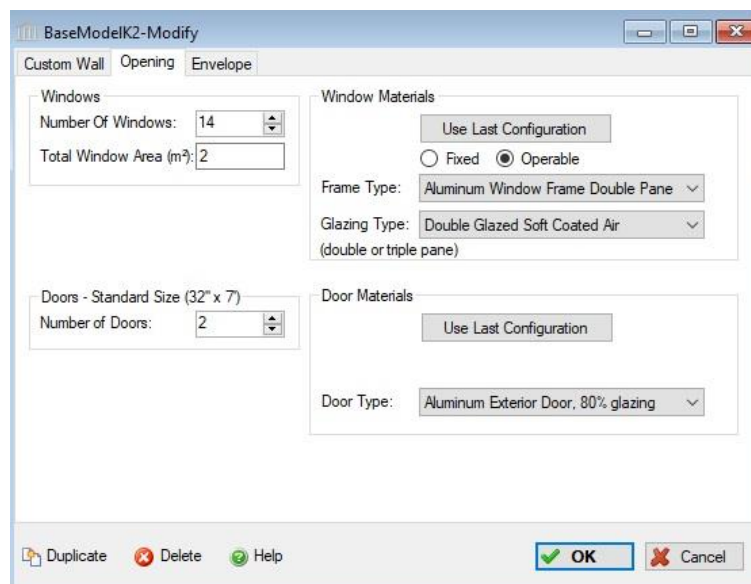
Εικόνα 8.31 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 2.



Εικόνα 8.32 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 3.



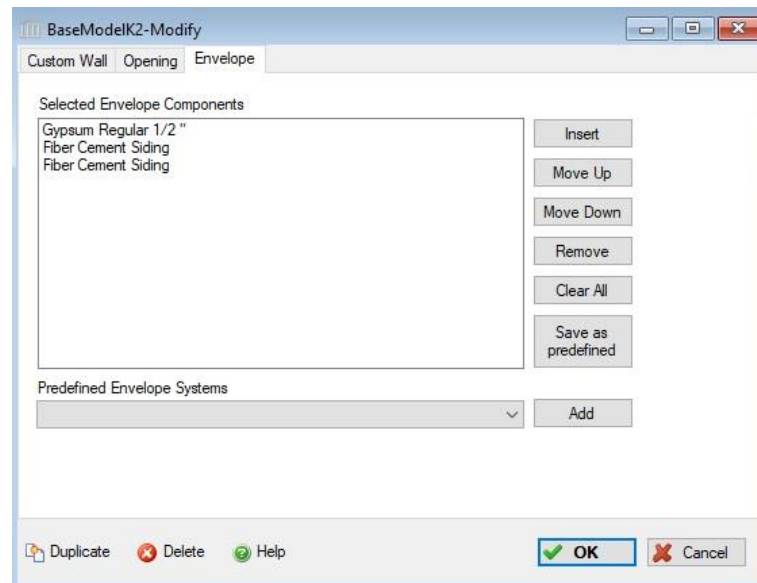
Εικόνα 8.33 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 4.



Εικόνα 8.34 «Opening» εισαγωγή ανοιγμάτων τοίχων – part 5.

Στην τρίτη καρτέλα του αναδυόμενου παραθύρου με τίτλο «Envelope», καταχωρήθηκαν τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τους περιμετρικούς τοίχους του κτιρίου. Στα υλικά αυτά, όπου η ποσότητά τους προσδιορίζεται αυτόματα από το λογισμικό ανήκει το Brick Ontario (standard) το οποίο αφαιρέθηκε, καθώς στην εξεταζόμενη περίπτωση δεν χρησιμοποιείται.

Για τα υλικά κατασκευής επιλέχθηκαν το υλικό «Fiber Cement Siding» για τις τσιμεντοσανίδες και το υλικό «Gypsum Regular 1/2"» για τις γυψοσανίδες (Εικόνα 8.35). Το σκυρόδεμα υπολογίζεται αυτόματα από το λογισμικό.



Εικόνα 8.35 «Envelope» εισαγωγή υλικών κατασκευής τοίχων – part 1,2,3,4,5.

8.4 Υλικά κατασκευής Κτιρίου

Συνολικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε τμήμα του κτιρίου, παρουσιάζονται στον Πίνακας 8.4.

Material	Unit	Total Quantity	Columns & Beams	Floors	Foundations	Roofs	Walls	Project Extra Materials	Mass Value	Mass Unit
#15 Organic Felt	m2	15,054.2655	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15,054.2655	0.0000	10.9865	Tonnes
1/2" Regular Gypsum Board	m2	9,194.5831	0.0000	3,386.8274	0.0000	3,386.8274	2,420.9283	0.0000	74.1083	Tonnes
3 mil Polyethylene	m2	3,266.1332	0.0000	0.0000	0.0000	3,266.1332	0.0000	0.0000	0.2450	Tonnes
Air Barrier	m2	3,140.4882	0.0000	3,140.4882	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1917	Tonnes
Aluminum Extrusion	Tonnes	1.0707	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0707	0.0000	1.0707	Tonnes
Aluminum Window Frame	kg	236.1075	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	236.1075	0.0000	0.2361	Tonnes
Concrete Benchmark CAN 25 MPa	m3	821.9762	0.0000	456.5232	0.0000	0.0000	365.4529	0.0000	1,914.7278	Tonnes
Concrete Benchmark CAN 30 MPa	m3	1,402.5428	467.2701	0.0000	383.6291	456.5232	95.1204	0.0000	3,269.4252	Tonnes
Double Glazed Soft Coated Air	m2	0.1803	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1803	0.0000	0.0029	Tonnes
Extruded Polystyrene	m2 (25mm)	4,485.8898	0.0000	0.0000	1,281.4051	3,204.4848	0.0000	0.0000	5.5176	Tonnes
Fiber Cement	m2	7,441.7479	0.0000	1,631.5200	0.0000	0.0000	5,810.2279	0.0000	104.1324	Tonnes
Glazing Panel	Tonnes	2.0914	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0914	0.0000	2.0914	Tonnes
Joint Compound	Tonnes	9.1764	0.0000	3.3801	0.0000	3.3801	2.4161	0.0000	9.1764	Tonnes
Mortar	m3	514.0270	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	512.8770	1.1500	970.4830	Tonnes
Nails	Tonnes	0.5465	0.0000	0.0317	0.0761	0.2220	0.2167	0.0000	0.5465	Tonnes
Natural Stone	m2	3,232.8555	0.0000	3,232.8555	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	243.7832	Tonnes
Paper Tape	Tonnes	0.1053	0.0000	0.0388	0.0000	0.0388	0.0277	0.0000	0.1053	Tonnes
Rebar, Rod, Light Sections	Tonnes	201.0905	96.3819	30.4434	31.7096	30.4434	12.1123	0.0000	201.0905	Tonnes
Water Based Latex Paint	L	6,249.6924	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6,249.6924	0.0000	4.6873	Tonnes

Πίνακας 8.4 Υλικά κατασκευής κτιρίου.

9 Αποτελέσματα

Οι Δείκτες Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, εκείνους των περιβαλλοντικών διαστάσεων και εκείνους των κοινωνικών διαστάσεων.

Δείκτες Περιβαλλοντικών Διαστάσεων

- Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια - Total Primary Energy
- Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια - Non-Renewable Energy
- Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων - Fossil Fuel Consumption
- Δυναμικό Οξίνισης - Acidification Potential
- Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη - Global Warming Potential
- Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος - Ozone Depletion Potential
- Δυναμικό Ευτροφισμού - Eutrophication Potential

Δείκτες Κοινωνικών Διαστάσεων

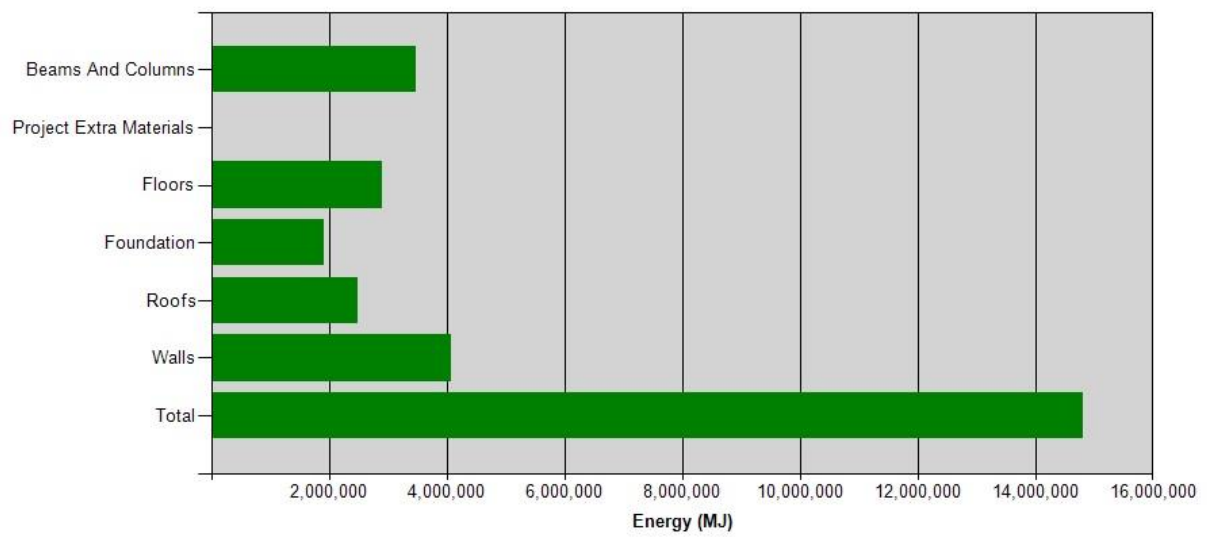
- Αιωρούμενα Σωματίδια - HH Particulate
- Δυναμικό Αιθαλομίχλης - Smog Potential

9.1 Δείκτες Περιβαλλοντικών Διαστάσεων

9.1.1 Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια - Total Primary Energy

Ως Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια ορίζεται όλη η άμεση και έμμεση ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή ή τη μεταφορά ακατέργαστων πρώτων υλών σε προϊόντα, συμπεριλαμβανομένης της εγγενούς ενέργειας που περιέχεται στις πρώτες ύλες ή στα ανακυκλωμένα υλικά που χρησιμοποιούνται επίσης ως κοινές πηγές ενέργειας.

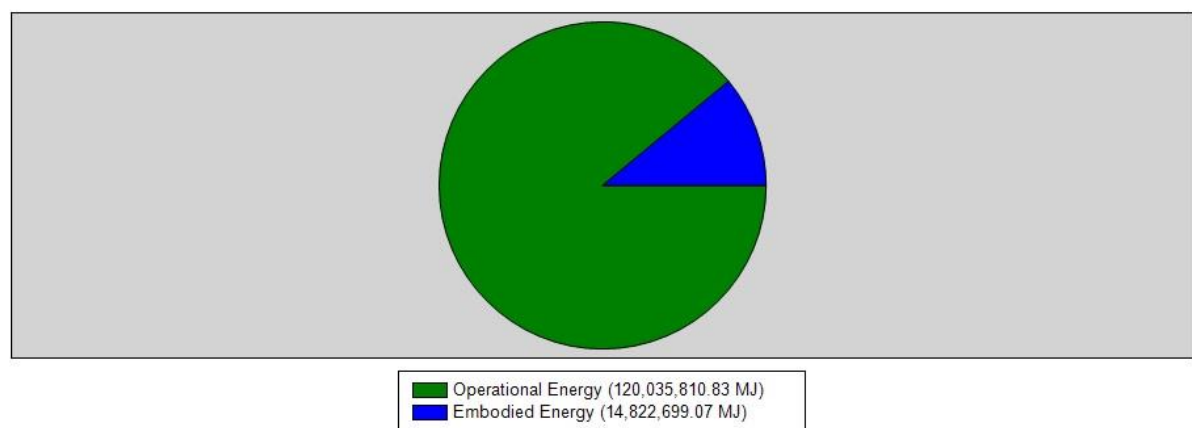
Επιπλέον, η Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια περιλαμβάνει και την έμμεση χρήση της ενέργειας που συνδέεται με την επεξεργασία, τη μεταφορά, τη μετατροπή και την παροχή καυσίμων και ενέργειας, καθώς και τη λειτουργική ενέργεια. Σε ότι αφορά τα αποτελέσματα της Συνολικής Πρωτογενούς Ενέργειας που χρειάστηκε για το υπό μελέτη κτίριο, την επεξεργασία, την συντήρηση και την ανακύκλωση των υλικών των τμημάτων του κτιρίου, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 9.1 για το κάθε τμήμα συναρμολόγησης ξεχωριστά.



Διάγραμμα 9.1 Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια - Διάγραμμα επιπτώσεων.

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	MJ	3.48E+06
Floors	MJ	2.90E+06
Foundation	MJ	1.90E+06
Project Extra Materials	MJ	3.71E+03
Roofs	MJ	2.48E+06
Walls	MJ	4.06E+06
Total	MJ	1.48E+07

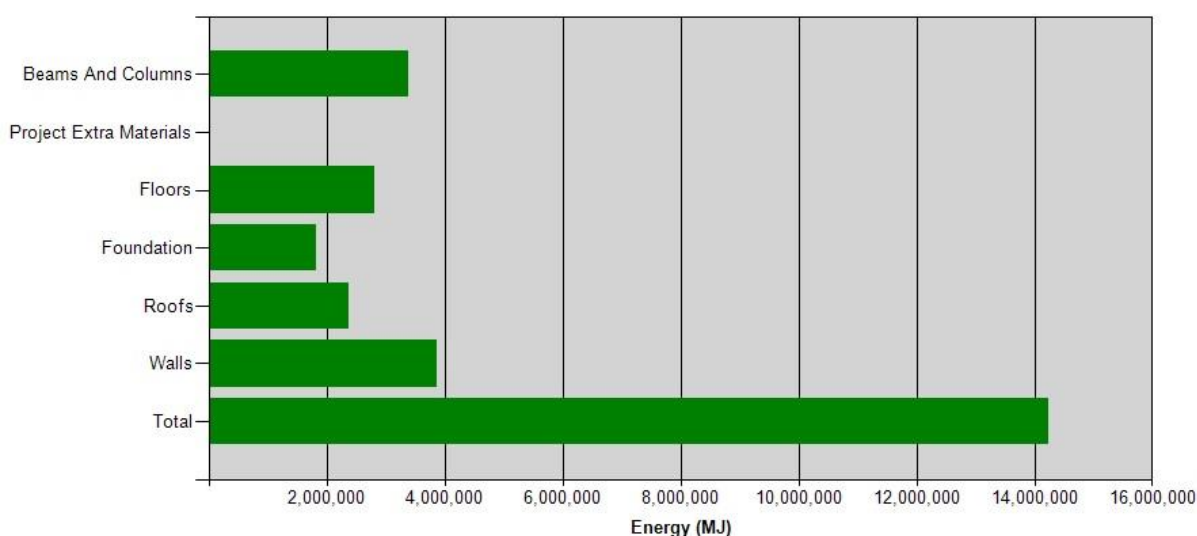
Πίνακας 9.1 Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια (σε MJ).



Εικόνα 9.1 Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια Operational vs Embodied.

9.1.2 Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια - Non-Renewable Primary Energy

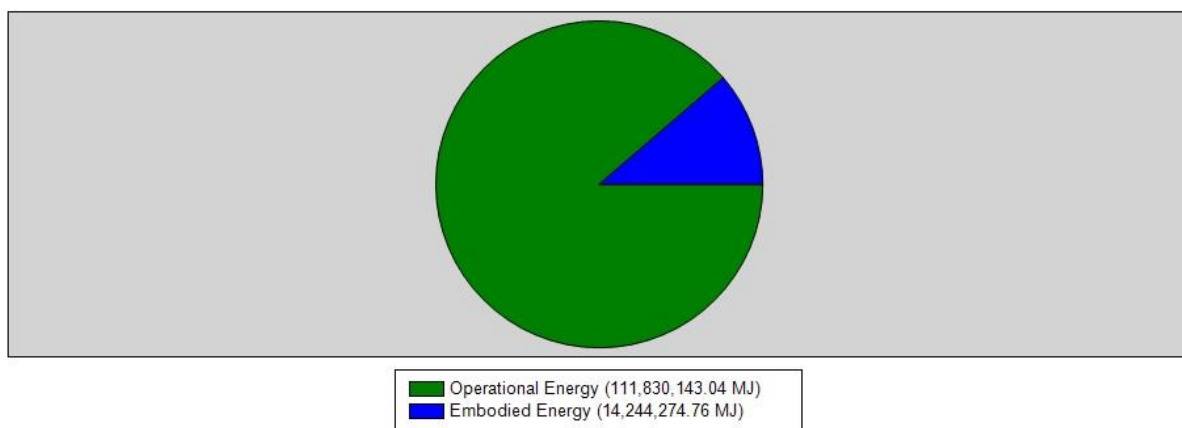
Η Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια είναι ένα τμήμα της Συνολικής Πρωτογενούς Ενέργειας, που περιλαμβάνει όλες τις ενεργειακές πηγές των ορυκτών καυσίμων και την πυρηνική ενέργεια. Τα αποτελέσματα της Μη-Ανανεώσιμης Πρωτογενούς Ενέργειας σχετίζονται είτε με τη μεταφορά, είτε με την επεξεργασία των υλικών, είτε με την συντήρηση του κτιρίου, αλλά και με την κατεδάφιση του μετά το πέρας του κύκλου ζωής (Διάγραμμα 9.2).



Διάγραμμα 9.2 Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια - Διάγραμμα επιπτώσεων.

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	MJ	3.37E+06
Floors	MJ	2.81E+06
Foundation	MJ	1.82E+06
Project Extra Materials	MJ	3.47E+03
Roofs	MJ	2.38E+06
Walls	MJ	3.87E+06
Total	MJ	1.42E+07

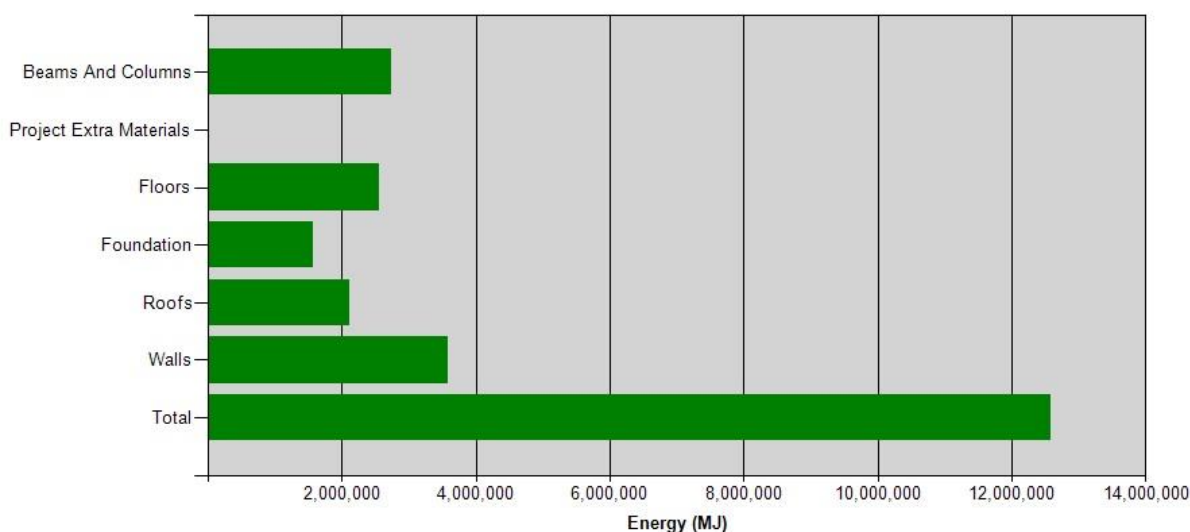
Πίνακας 9.2 Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια (σε MJ).



Εικόνα 9.2 Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια Operational vs Embodied.

9.1.3 Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων - Fossil Fuel Consumption

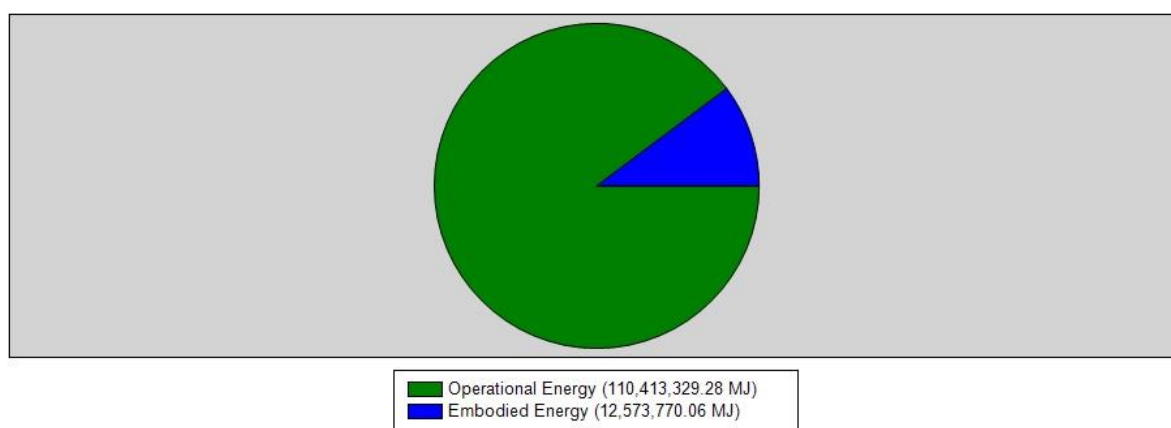
Ως Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων νοείται η κατανάλωση καυσίμων όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο, οι πρώτες ύλες, η βενζίνη, το υγραέριο και το φυσικό αέριο. Το περιβαλλοντικό αυτό πρόβλημα αναφέρεται στη χρήση πολλών πηγών ορυκτών καυσίμων τα οποία εξακολουθούν να είναι απαραίτητα για να βοηθήσουν στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων πολλών χώρων [31]. Όμως η υπερκατανάλωση ορυκτών καυσίμων, πέρα από τον κίνδυνο εξαφάνισής τους, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση. Η Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων είναι ένα υποσύνολο της Συνολικής Πρωτογενούς Ενέργειας, ανά τύπο ενέργειας, που περιλαμβάνει όλες τις μορφές ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (Διάγραμμα 9.3).



Διάγραμμα 9.3 Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων – Διάγραμμα Επιπτώσεων.

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	MJ	2.74E+06
Floors	MJ	2.56E+06
Foundation	MJ	1.57E+06
Project Extra Materials	MJ	3.17E+03
Roofs	MJ	2.12E+06
Walls	MJ	3.58E+06
Total	MJ	1.26E+07

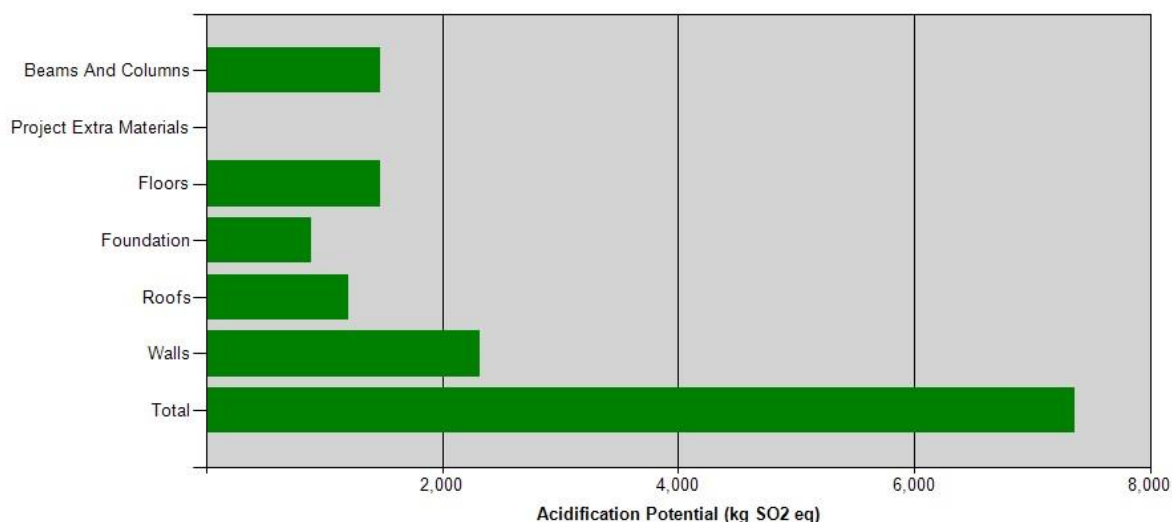
Πίνακας 9.3 Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων (σε MJ).



Εικόνα 9.3 Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων Operational vs Embodied.

9.1.4 Δυναμικό Οξίνισης - Acidification Potential

Ο όρος Δυναμικό Οξίνισης αναφέρεται στην Οξείδωση Αερίων Εκπομπών και κατά συνέπεια στην Οξίνιση της γης και του νερού, η Οξίνιση προκαλείται από απελευθερώσεις ιόντων υδρογόνου (H^+) στο περιβάλλον, στα χερσαία ή υδάτινα οικοσυστήματα [32]. Για να περιγραφεί η δράση Οξίνισης των ουσιών, το δυναμικό του σχηματισμού οξέος εκφράζεται ισοδύναμα με μία ουσία αναφοράς, την SO_2 - Sulfur Dioxide (Διάγραμμα 9.4).



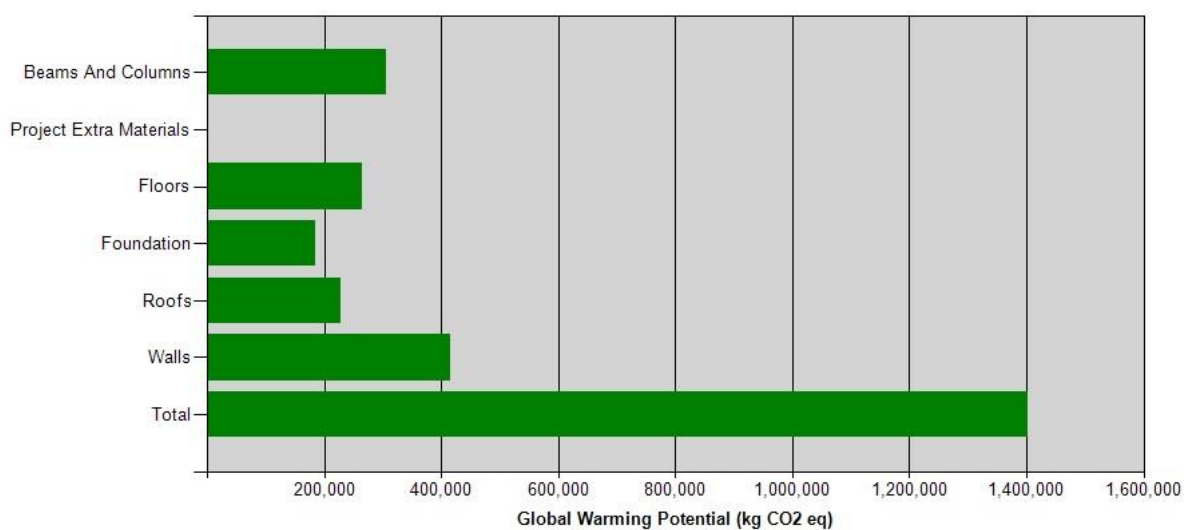
Διάγραμμα 9.4 Δυναμικό Οξίνισης – Διάγραμμα Επιπτώσεων.

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg SO ₂ eq	1.48E+03
Floors	kg SO ₂ eq	1.47E+03
Foundation	kg SO ₂ eq	8.90E+02
Project Extra Materials	kg SO ₂ eq	2.16E+00
Roofs	kg SO ₂ eq	1.20E+03
Walls	kg SO ₂ eq	2.32E+03
Total	kg SO₂ eq	7.37E+03

Πίνακας 9.4 Δυναμικό Οξίνισης (μάζα ισοδύναμου SO₂).

9.1.5 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη - Global Warming Potential

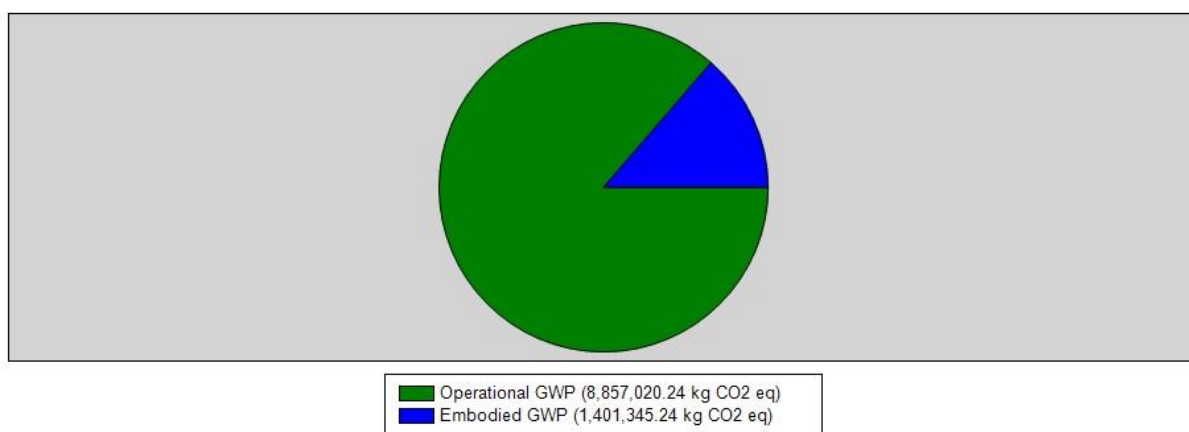
Ως Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη ορίζεται η αύξηση των παγκόσμιων μέσων θερμοκρασιών στη διεπαφή μεταξύ του γειτονικού αέρα της Γης και του νερού. Οφείλεται είτε στην απορρόφηση υπέρυθρης (ή θερμικής) ακτινοβολίας από τα αέρια του θερμοκηπίου και από άλλα ατμοσφαιρικά συστατικά, είτε από την υψηλή διείσδυση βραχέων κυμάτων, όπως η υπεριώδης ακτινοβολίας (UV), λόγω της εξάντλησης της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος που προκαλείται από ουσίες που καταστρέφουν το όζον [33] (Διάγραμμα 9.5).



Διάγραμμα 9.5 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη – Διάγραμμα Επιπτώσεων.

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg CO2 eq	3.07E+05
Floors	kg CO2 eq	2.65E+05
Foundation	kg CO2 eq	1.84E+05
Project Extra Materials	kg CO2 eq	4.08E+02
Roofs	kg CO2 eq	2.30E+05
Walls	kg CO2 eq	4.15E+05
Total	kg CO2 eq	1.40E+06

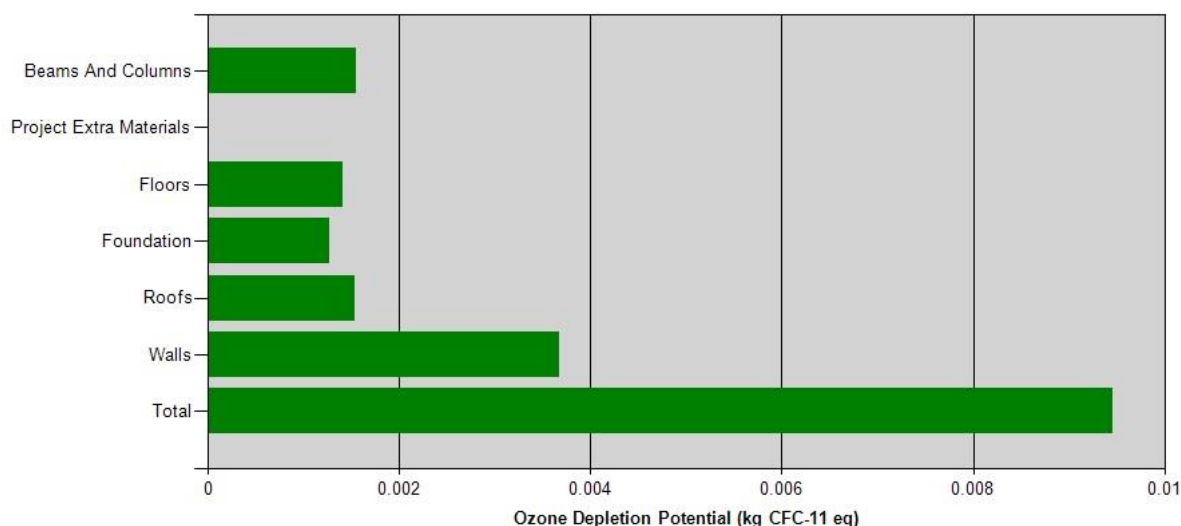
Πίνακας 9.5 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη – Διάγραμμα Επιπτώσεων (μάζα ισοδύναμου CO₂).



Εικόνα 9.4 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη Operational vs Embodied.

9.1.6 Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος - Ozone Depletion Potential

Το Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος (ODP) μιας χημικής ένωσης είναι η σχετική ποσότητα αποικοδόμησης στη στιβάδα του όζοντος που μπορεί να προκληθεί. Η καταστροφή του όζοντος προκαλείται από χημικές ουσίες που περιέχουν τα στοιχεία χλωρίου και βρωμίου, τα οποία είναι αλογόνα. Είναι συστατικά μιας κατηγορίας ψυκτικών μέσων που ονομάζονται χλωροφθοράνθρακες (CFC), που χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό στα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Οι CFC είναι αδρανείς και μπορούν να μεταναστεύσουν στην ανώτερη ατμόσφαιρα σε ρεύματα αιολικής ενέργειας, όπου η υπεριώδης ενέργεια του ήλιου τα διαχωρίζει. Η εξασθένηση του όζοντος επιφέρει επιπτώσεις που σχετίζονται με τη μείωση του προστατευτικού στρώματος όζοντος εντός της στρατόσφαιρας που προκαλείται από εκπομπές CFC, HFC και Halons [34]. Οι ουσίες που συνεισφέρουν στο δυναμικό καταστροφής του όζοντος ουσίες, χαρακτηρίζονται σε σχέση με το CFC-11, με τον τελικό δείκτη κρούσης να δείχνει μάζα (π.χ. kg) ισοδύναμου CFC-11 (Διάγραμμα 9.6).



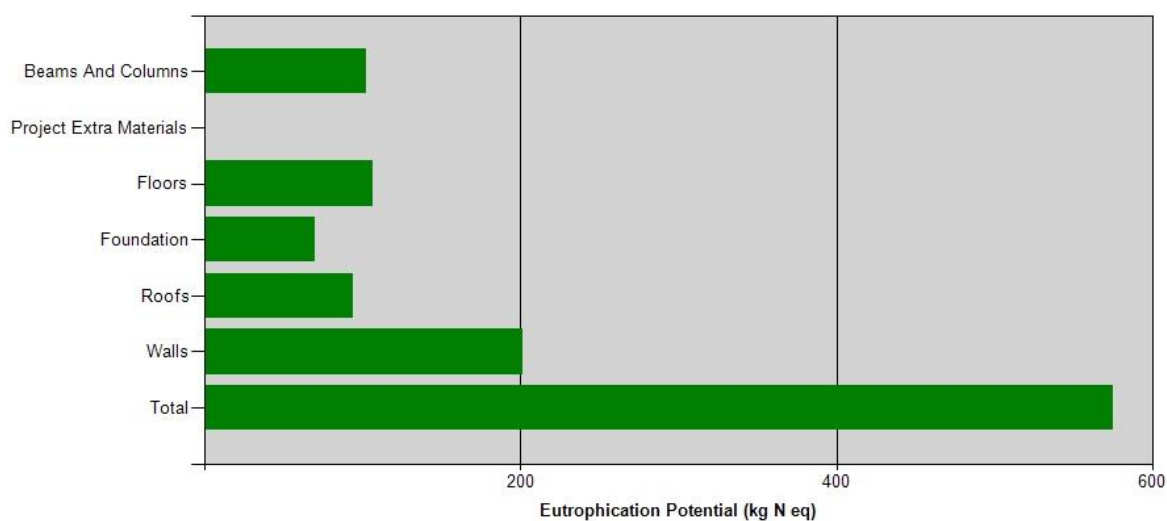
Διάγραμμα 9.6 Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος – Διάγραμμα Επιπτώσεων.

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg CFC-11 eq	1.56E-03
Floors	kg CFC-11 eq	1.42E-03
Foundation	kg CFC-11 eq	1.27E-03
Project Extra Materials	kg CFC-11 eq	4.33E-06
Roofs	kg CFC-11 eq	1.53E-03
Walls	kg CFC-11 eq	3.68E-03
Total	kg CFC-11 eq	9.46E-03

Πίνακας 9.6 Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος (μάζα ισοδύναμου CFC-11).

9.1.7 Δυναμικό Ευτροφισμού - Eutrophication Potential

Τα νιτρικά άλατα είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φύκων και του φυτοπλαγκτόν. Η απόρριψη νιτρικών αλάτων στα επιφανειακά υδάτινα οικοσυστήματα επιταχύνει τη φυσική διαδικασία του ευτροφισμού, προκαλώντας ανθοφορία των φύκων, η οποία τελικά οδηγεί σε μειωμένα επίπεδα οξυγόνου και γενικά σε χαμηλή ποιότητα νερού. Ο ευτροφισμός συμβάλλει στην εξόντωση των ψαριών, στην απώλεια παρακτίων οικοτόπων, στον θάνατο ωφέλιμων υδρόβιων εντόμων και σε προβλήματα γεύσης και οσμής. Ο ευτροφισμός αυξάνει επίσης το κόστος επεξεργασίας των επιφανειακών υδάτων για κατανάλωση από τον δήμο [35]. Στην Ευρώπη, όπου τα νιτρικά άλατα υπήρξαν ιστορικά σημαντικό πρόβλημα, η υπερφόρτωση με νιτρικά άλατα οδήγησε σε μειωμένη ποικιλία χλωρίδας και πανίδας (Διάγραμμα 9.7).



Διάγραμμα 9.7 Δυναμικό Ευτροφισμού – Διάγραμμα Επιπτώσεων.

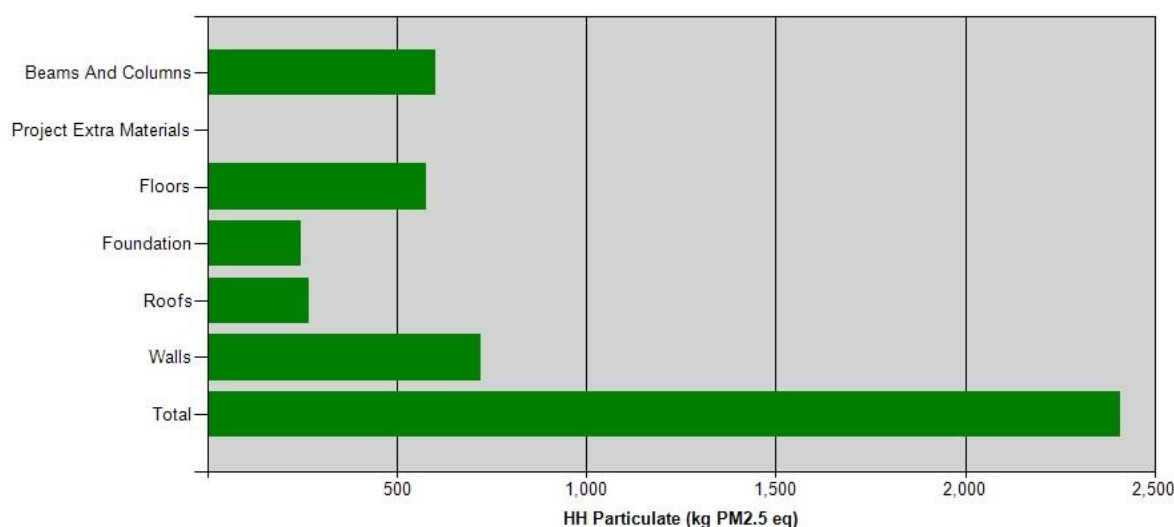
Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg N eq	1.02E+02
Floors	kg N eq	1.07E+02
Foundation	kg N eq	7.03E+01
Project Extra Materials	kg N eq	2.34E-01
Roofs	kg N eq	9.38E+01
Walls	kg N eq	2.02E+02
Total	kg N eq	5.75E+02

Πίνακας 9.7 Δυναμικό Ευτροφισμού (μάζα ισοδύναμου N).

9.2 Δείκτες Κοινωνικών Διαστάσεων

9.2.1 Αιωρούμενα Σωματίδια - HH Particulate

Το PM (Particulate Matter) σημαίνει σωματιδιακή ύλη (ή αιωρούμενα σωματίδια): ο όρος αναφέρεται σε ένα μείγμα στερεών σωματιδίων και υγρών σταγονιδίων που βρίσκονται στον αέρα. Μερικά σωματίδια, όπως η σκόνη, η αιθάλη ή ο καπνός, είναι αρκετά μεγάλα ή σκοτεινά για να τα δει κανείς με γυμνό οφθαλμό. Άλλα σωματίδια είναι τόσο μικρά που μπορούν να ανιχνευθούν μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Σωματίδια διαφόρων μεγεθών (PM₁₀ και PM_{2.5}) έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η EPA έχει εντοπίσει «σωματίδια» (από καύση ντίζελ) ως την πρώτη αιτία της επιδείνωσης της ανθρώπινης υγείας, λόγω της επίπτωσής τους στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου [36]. Το λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings© χρησιμοποιεί τα «κριτήρια HH του TRACI» ως παράγοντα χαρακτηρισμού, σε ισοδύναμη βάση PM_{2.5}, σαν σύνολο δεικτών των επιπτώσεων (Διάγραμμα 9.8).



Διάγραμμα 9.8 Αιωρούμενα Σωματίδια – Διάγραμμα Επιπτώσεων.

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg PM2.5 eq	6.01E+02
Floors	kg PM2.5 eq	5.75E+02
Foundation	kg PM2.5 eq	2.45E+02
Project Extra Materials	kg PM2.5 eq	5.24E-01
Roofs	kg PM2.5 eq	2.67E+02
Walls	kg PM2.5 eq	7.20E+02
Total	kg PM2.5 eq	2.41E+03

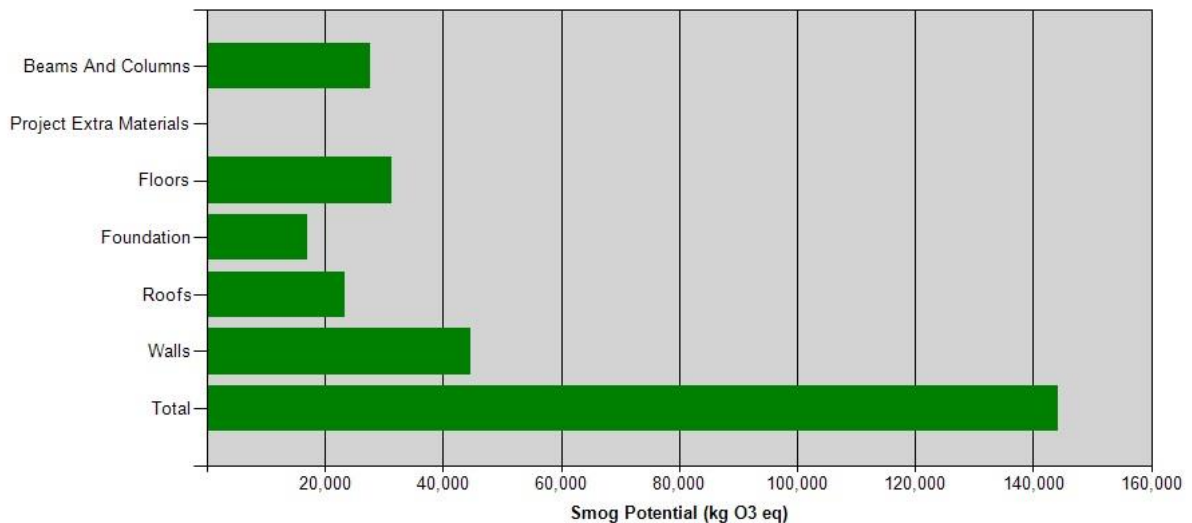
Πίνακας 9.8 Αιωρούμενα Σωματίδια (μάζα ισοδύναμου PM_{2.5}).

9.2.2 Δυναμικό Αιθαλομίχλης - Smog Potential

Η Αιθαλομίχλη είναι μία μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης η οποία είναι αποτέλεσμα παρουσίας υψηλής συγκέντρωσης ρύπων, όπως αιωρούμενων σωματιδίων (κυρίως αιθάλης), διοξειδίου του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα και άλλων στοιχείων σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία [37]. Οι εκπεμπόμενοι αυτοί ρύποι προκύπτουν, λόγω της καύσης στερεών καυσίμων. Στα Αγγλικά ο όρος είναι SMOG είναι σύνθετη λέξη που προέρχεται από τις λέξεις SMOke (καπνός) και foG (ομίχλη). Ο δείκτης «smog» εκφράζεται σε μάζα ισοδύναμου όζοντος (O₃) (Διάγραμμα 9.9).

Όταν σε μια περιοχή υπάρχουν αυξημένες εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων σε συνδυασμό με μετεωρολογικές και τοπογραφικές συνθήκες που εμποδίζουν τη φυσική διάχυση της ρύπανσης, τότε οι ρύποι εγκλωβίζονται στην περιοχή με αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων ρύπων και τη δημιουργία αιθαλομίχλης. Ως αιωρούμενα σωματίδια, χαρακτηρίζονται τα σωματίδια που βρίσκονται σε στερεή ή υγρή φάση, που η διάμετρός τους είναι μικρότερη από 500 μm και μεγαλύτερη από 0,0002 μm. Είναι τα σώματα που μπορούν να αιωρούνται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η σκόνη, η αιθάλη (καπνός), διάφορα μέταλλα κ.ά. Σαν αιθάλη (καπνός) ορίζονται τα μικρά σωματίδια τα οποία προέρχονται από ατελείς καύσεις, είναι μαύρου χρώματος και αποτελούνται κυρίως από άνθρακα.



Διάγραμμα 9.9 Δυναμικό Αιθαλομίχλης – Διάγραμμα Επιπτώσεων.

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg O3 eq	2.76E+04
Floors	kg O3 eq	3.14E+04
Foundation	kg O3 eq	1.69E+04
Project Extra Materials	kg O3 eq	4.65E+01
Roofs	kg O3 eq	2.34E+04
Walls	kg O3 eq	4.47E+04
Total	kg O3 eq	1.44E+05

Πίνακας 9.9 Δυναμικό Αιθαλομίχλης (μάζα ισοδύναμου O3).

9.3 Συνολικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 9.10.

LCA Measures	Unit	Foundations	Walls	Columns and Beams	Roofs	Floors	Project Extra Materials	Total
Global Warming Potential	kg CO2 eq	1.84E+05	4.15E+05	3.07E+05	2.30E+05	2.65E+05	4.08E+02	1.40E+06
Acidification Potential	kg SO2 eq	8.90E+02	2.32E+03	1.48E+03	1.20E+03	1.47E+03	2.16E+00	7.37E+03
HH Particulate	kg PM2.5 eq	2.45E+02	7.20E+02	6.01E+02	2.67E+02	5.75E+02	5.24E-01	2.41E+03
Eutrophication Potential	kg N eq	7.03E+01	2.02E+02	1.02E+02	9.38E+01	1.07E+02	2.34E-01	5.75E+02
Ozone Depletion Potential	kg CFC-11 eq	1.27E-03	3.68E-03	1.56E-03	1.53E-03	1.42E-03	4.33E-06	9.46E-03
Smog Potential	kg O3 eq	1.69E+04	4.47E+04	2.76E+04	2.34E+04	3.14E+04	4.65E+01	1.44E+05
Total Primary Energy	MJ	1.90E+06	4.06E+06	3.48E+06	2.48E+06	2.90E+06	3.71E+03	1.48E+07
Non-Renewable Energy	MJ	1.82E+06	3.87E+06	3.37E+06	2.38E+06	2.81E+06	3.47E+03	1.42E+07
Fossil Fuel Consumption	MJ	1.57E+06	3.58E+06	2.74E+06	2.12E+06	2.56E+06	3.17E+03	1.26E+07

Πίνακας 9.10 Συνολικά αποτελέσματα προσομοίωσης Βασικού Σεναρίου.

10 Εναλλακτικά Σενάρια

Έπειτα από την ανάλυση που έγινε για το εξεταζόμενο κτίριο και με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν συστάθηκαν 3 εναλλακτικά σενάρια για τα υλικά κατασκευής του κτιρίου, με στόχο να μειωθούν οι ενεργειακές απώλειες του κτιρίου και το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα.

Στα Διαγράμματα που παρουσιάζονται τα στάδια A1 – A3 αφορούν στην παραγωγή των χρησιμοποιούμενων υλικών, τα στάδια A4 – A5 στη διαδικασία κατασκευής του κτιρίου, τα στάδια B2 & B4 στη χρήση του κτιρίου, το στάδιο B6 στην καταναλισκόμενη ενέργεια κατά τη λειτουργία του κτιρίου, τα στάδια C1 – C4 στην κατεδάφιση του κτιρίου και το στάδιο D στις επιδράσεις εκτός από τη ζωή του κτιρίου.

10.1 Βασικό Σενάριο - Σενάριο 1

Στο σενάριο αυτό εξετάστηκαν πιθανοί τρόποι διαφορετικής κατασκευής των τοίχων, καθώς από την ανάλυση προέκυψε πως αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Συγκεκριμένα, επειδή δεν μπορούν να γίνουν αλλαγές στις διαστάσεις των τοίχων, αρχικά επιλέχθηκε να γίνουν αλλαγές στη σύσταση των υλικών που αυτοί αποτελούνται.

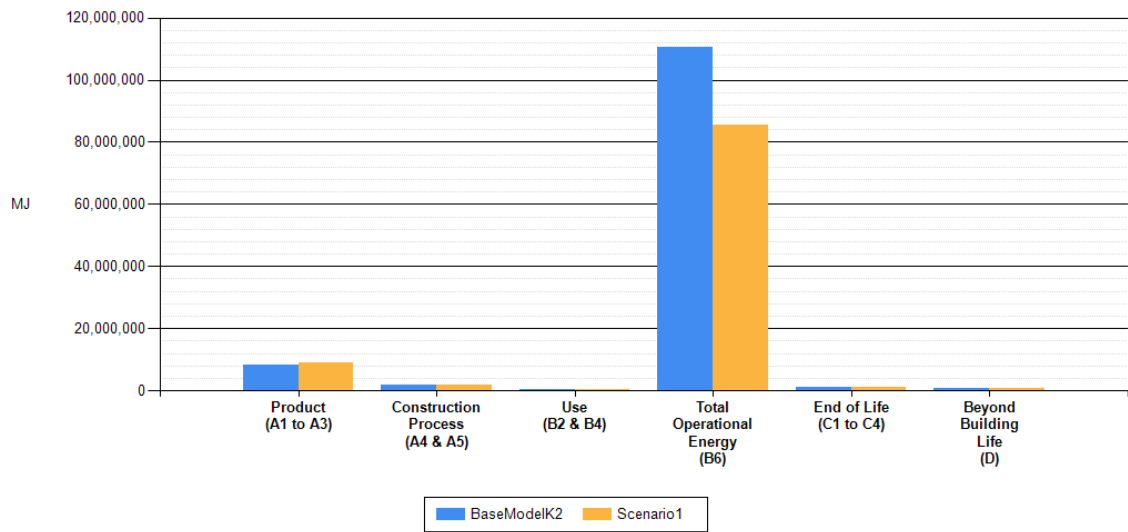
Ως πρώτο βήμα, επιλέχθηκε να αντικατασταθούν τα κουφώματα αλουμινίου με συνθετικά κουφώματα. Βασικό πλεονέκτημα των νέων κουφωμάτων που επιλέχθηκαν είναι η θερμική αγωγιμότητα. Το αλουμίνιο είναι καλός αγωγός της θερμότητας και έτσι μπορεί να μεταδώσει θερμότητα τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι (με αντίστροφη ροή). Ακόμα και στα πιο σύγχρονα από αυτά, τα θερμοδιακοπόμενα κουφώματα αλουμινίου, το πρόβλημα αυτό έχει μειωθεί, αλλά δεν έχει εξαλειφθεί. Επίσης, τα συνθετικά κουφώματα περιορίζουν σημαντικά τον θόρυβο, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για χώρους εκπαίδευσης.

Ως δεύτερο βήμα, επιλέχθηκε η τοποθέτηση μονωτικού υλικού στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου. Το υλικό αυτό είναι το «Extruded Polystyrene – Εξηλασμένη Πολυστερίνη», δηλαδή μόνωση τύπου XPS. Το πάχος αυτής επιλέχθηκε να είναι 100 mm, με στόχο τη μείωση των ενεργειακών απωλειών.

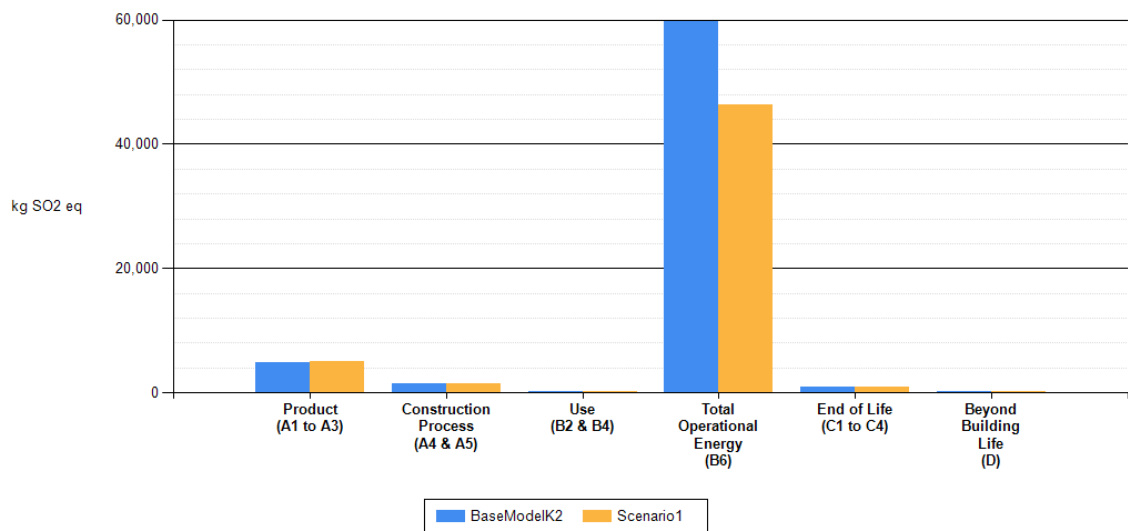
Συγκεκριμένα:

- Το αλουμίνιο διπλού υαλοπίνακα αντικαταστάθηκε από PVC διπλού υαλοπίνακα για τα παράθυρα του κτιρίου.
- Στην καρτέλα «Envelope» για τα υλικά κατασκευής των τοίχων στα τμήματα Part 1-5 προστέθηκε το υλικό «Polystyrene Extruded» πάχους 100 mm.

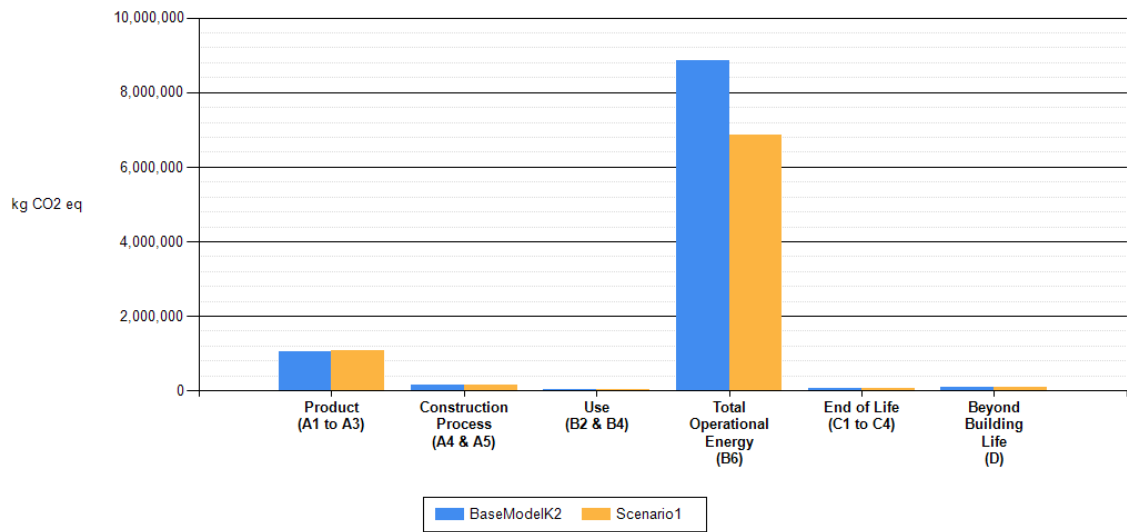
Στα Διάγραμμα 10.1 έως Διάγραμμα 10.7, γίνεται η σύγκριση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Βασικού Σεναρίου (BaseModelK2) με το Σενάριο 1 (Scenario1).



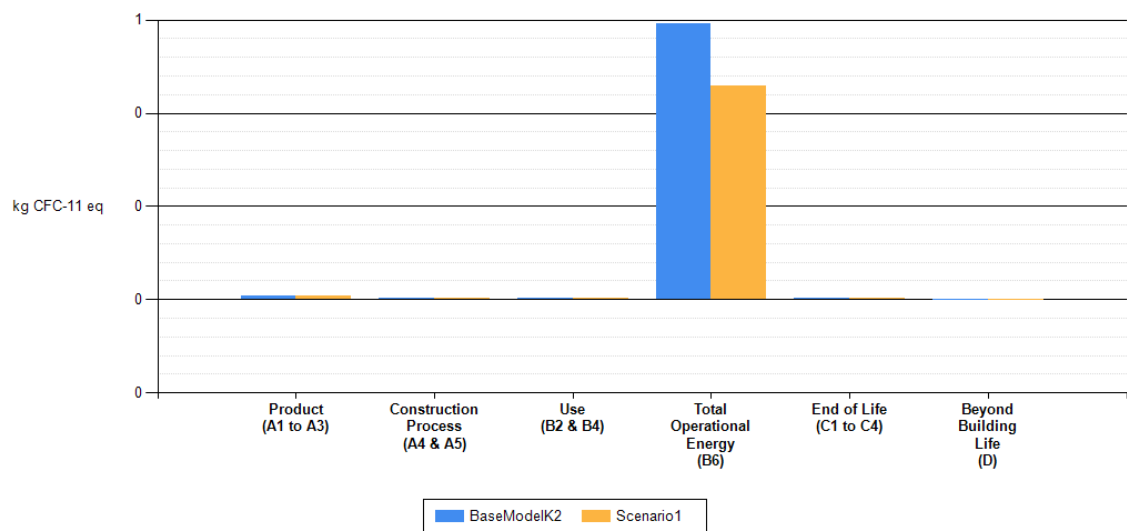
Διάγραμμα 10.1 Σύγκριση της Κατανάλωσης Ορυκτών Καυσίμων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



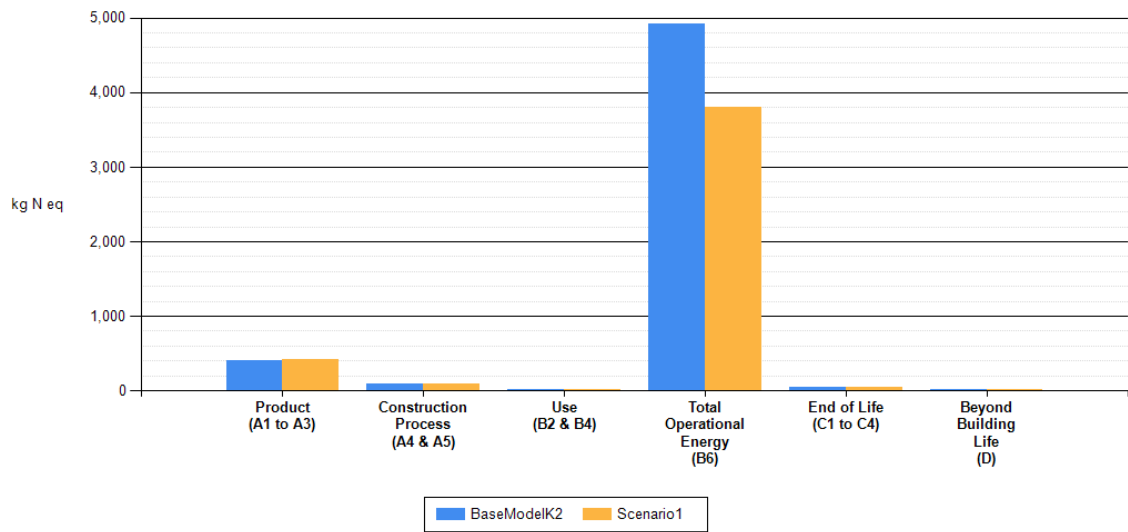
Διάγραμμα 10.2 Σύγκριση του Δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



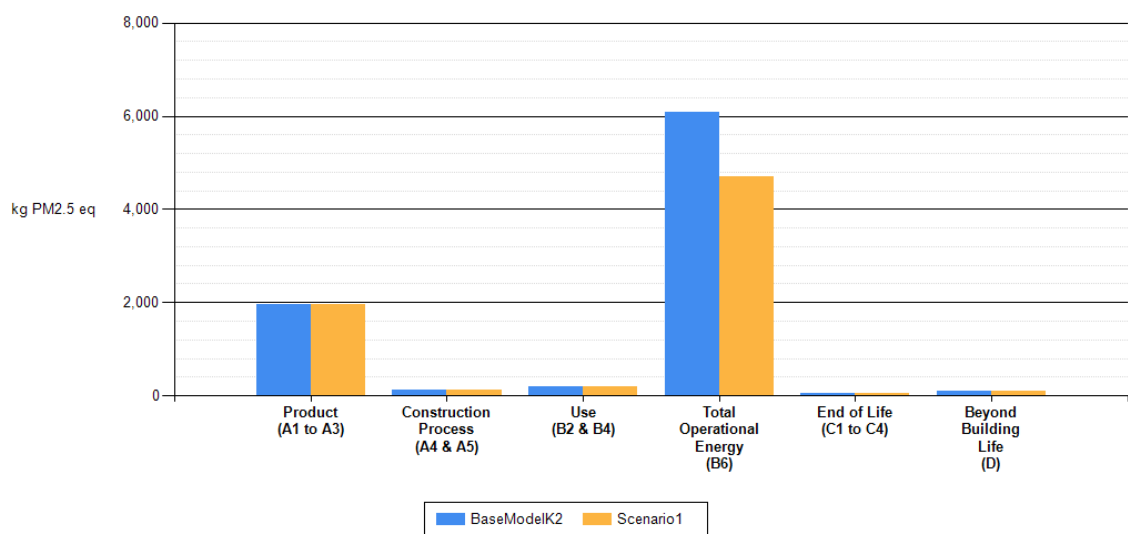
Διάγραμμα 10.3 Σύγκριση του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



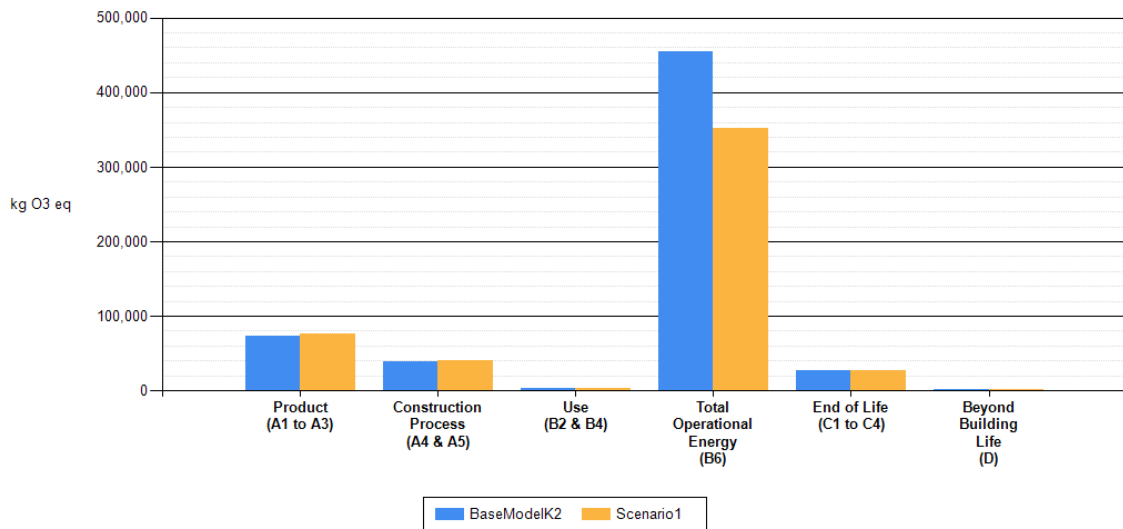
Διάγραμμα 10.4 Σύγκριση του Δυναμικού Καταστροφής του Όζοντος κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



Διάγραμμα 10.5 Σύγκριση του Δυναμικού Ευτροφισμού κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



Διάγραμμα 10.6 Σύγκριση των Αιωρούμενων Σωματιδίων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



Διάγραμμα 10.7 Σύγκριση του Δυναμικού Αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.

Από τα Διαγράμματα που παρουσιάστηκαν παρατηρεί κανείς ότι η παραγωγή ρύπων SO_2 , CO_2 , CFC – 11, N, $\text{PM}_{2.5}$ και O_3 γίνεται στα στάδια παραγωγής των υλικών και κατασκευής του κτιρίου (A1 – A3). Κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου γίνεται κυρίως η κατανάλωση ηλεκτρισμού και ορυκτών καυσίμων.

Συγκρίνοντας το Βασικό Σενάριο με το Σενάριο 1 παρατηρείται ότι στο Σενάριο 1 η Συνολική Ενέργεια κατά τη λειτουργία του Κτιρίου συμβάλει ελάχιστα στη δημιουργία ρυπογόνων για το περιβάλλον ουσιών σε σχέση με το Βασικό Σενάριο, άρα βελτιώθηκε η συμπεριφορά του εξεταζόμενου κτιρίου.

Στα στάδια παραγωγής των υλικών και κατασκευής του κτιρίου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο Σενάριο 1 είναι περισσότερες από ότι στο Βασικό Σενάριο, καθώς έχει προστεθεί ένα επιπλέον υλικό. Η επιλογή αυτή είχε ως στόχο να μειωθεί η συνολική απαιτούμενη ενέργεια κατά τη λειτουργία του κτιρίου, στόχος που επετεύχθη.

10.2 Βασικό Σενάριο – Σενάριο 2

Το σενάριο αυτό αποτελεί συνέχεια του προηγούμενου με κάποια διαφοροποίηση.

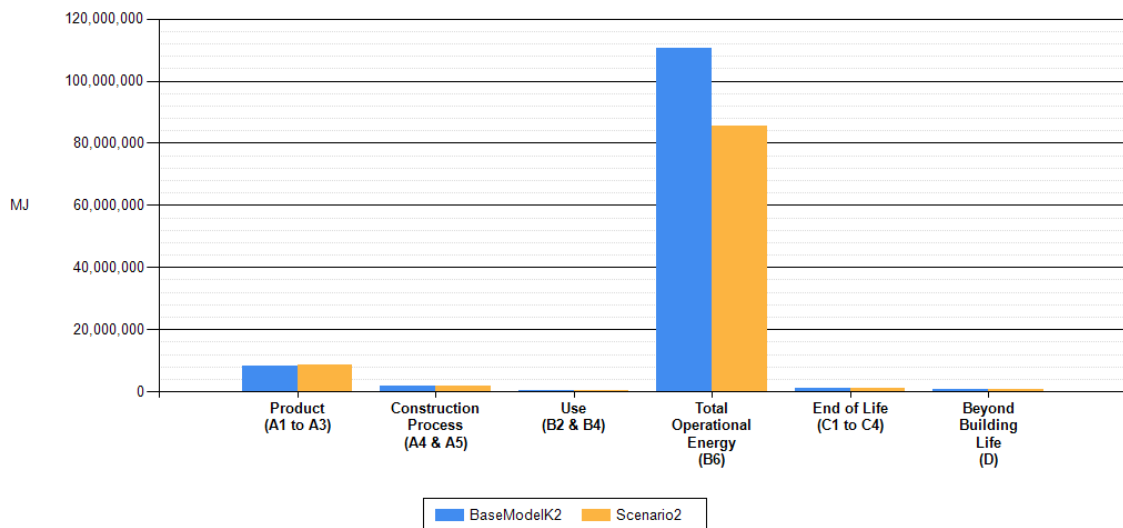
Ως πρώτο βήμα, επιλέχθηκε να αντικατασταθούν τα κουφώματα αλουμινίου με συνθετικά κουφώματα. Βασικό πλεονέκτημα των νέων κουφωμάτων που επιλέχθηκαν είναι η θερμική αγωγιμότητα. Το αλουμίνιο είναι καλός αγωγός της θερμότητας και έτσι μπορεί να μεταδώσει θερμότητα τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι (με αντίστροφη ροή). Ακόμα και στα πιο σύγχρονα από αυτά, τα θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου, το πρόβλημα αυτό έχει μειωθεί, αλλά δεν έχει εξαλειφθεί. Επίσης, τα συνθετικά κουφώματα περιορίζουν σημαντικά τον θόρυβο, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για χώρους εκπαίδευσης.

Ως δεύτερο βήμα, επιλέχθηκε η τοποθέτηση μονωτικού υλικού φιλικότερου προς το περιβάλλον, με δυνατότητα πλήρους ανακύκλωσης, στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου. Το υλικό αυτό είναι το «Mineral Wool Batt – Ορυκτοβάμβακας». Το πάχος αυτού επιλέχθηκε να είναι 100 mm, με στόχο τη μείωση των ενεργειακών απωλειών.

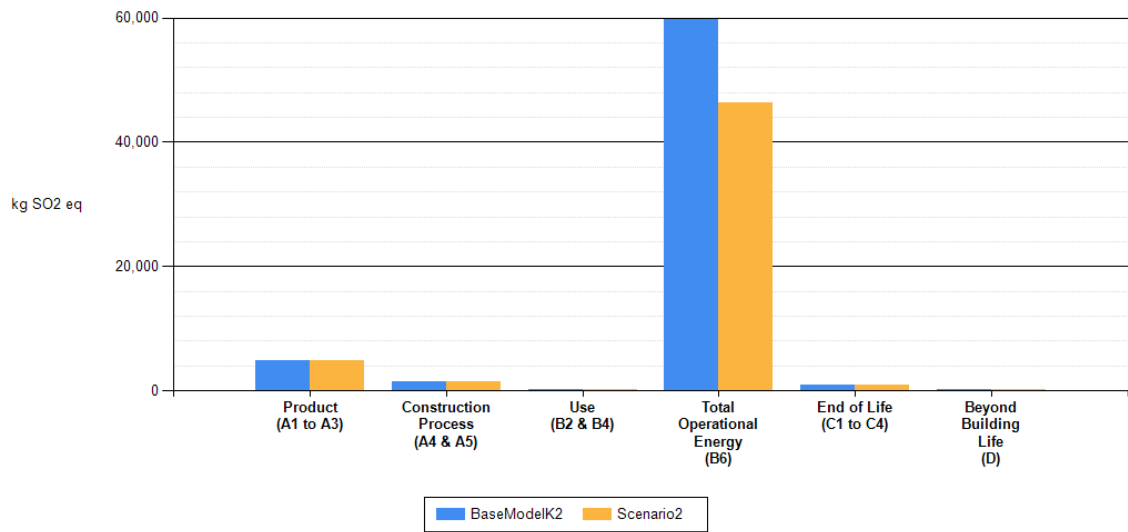
Συγκεκριμένα:

- Το αλουμίνιο διπλού υαλοπίνακα αντικαταστάθηκε από PVC διπλού υαλοπίνακα για τα παράθυρα του κτιρίου.
- Στην καρτέλα «Envelope» για τα υλικά κατασκευής των τοίχων στα τμήματα Part 1-5 προστέθηκε το υλικό «Mineral Wool Batt» πάχους 100 mm.

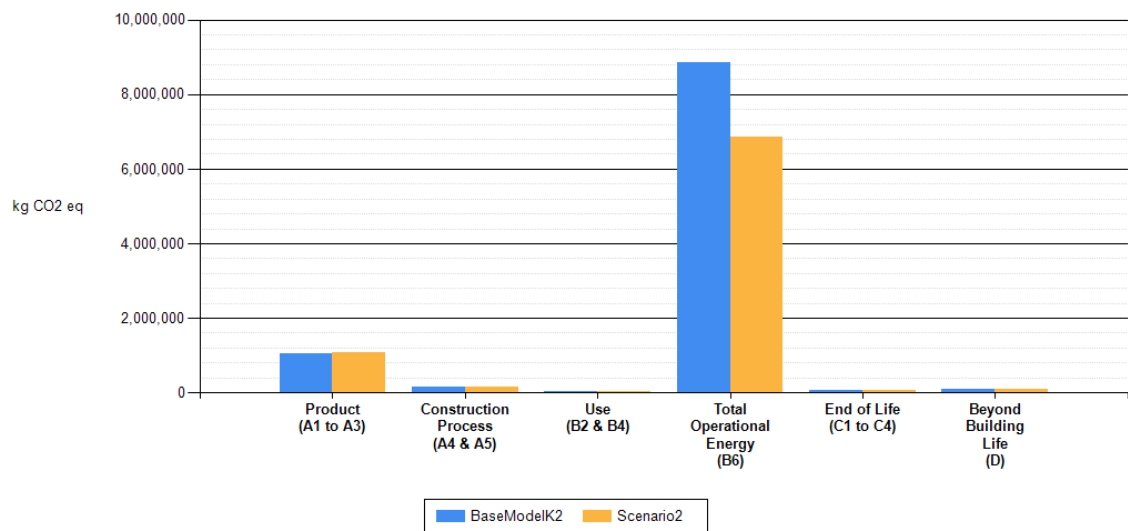
Στα Διάγραμμα 10.8 έως Διάγραμμα 10.14, γίνεται η σύγκριση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Βασικού Σεναρίου (BaseModelK2) με το Σενάριο 2 (Scenario2).



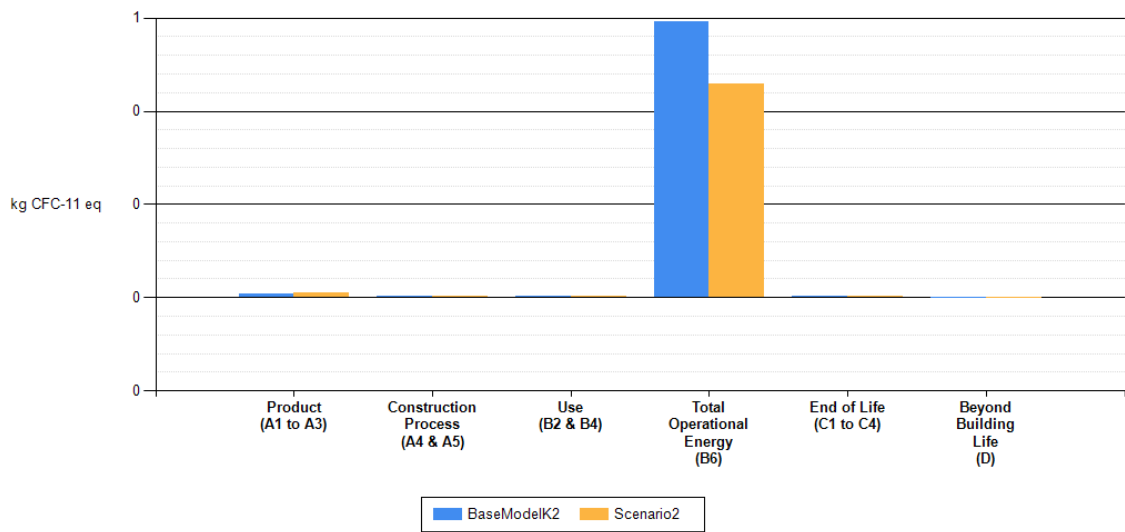
Διάγραμμα 10.8 Σύγκριση της Κατανάλωσης Ορυκτών Καυσίμων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



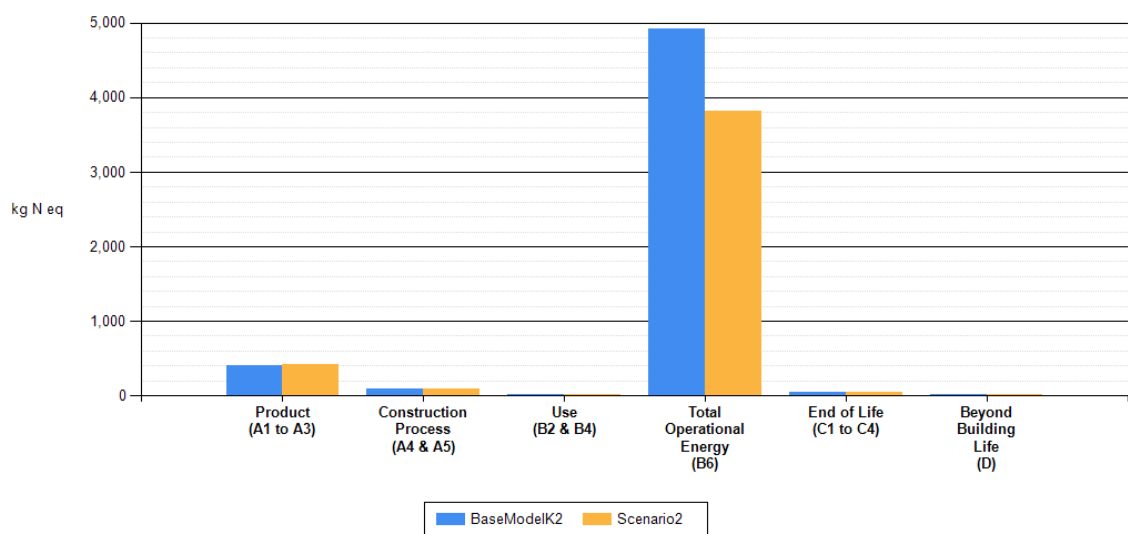
Διάγραμμα 10.9 Σύγκριση του Δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



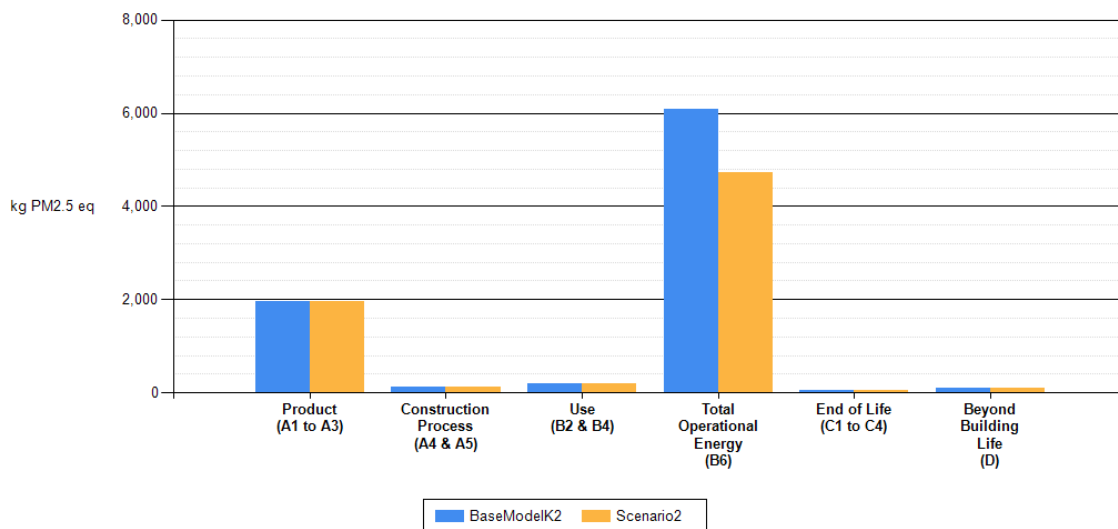
Διάγραμμα 10.10 Σύγκριση του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



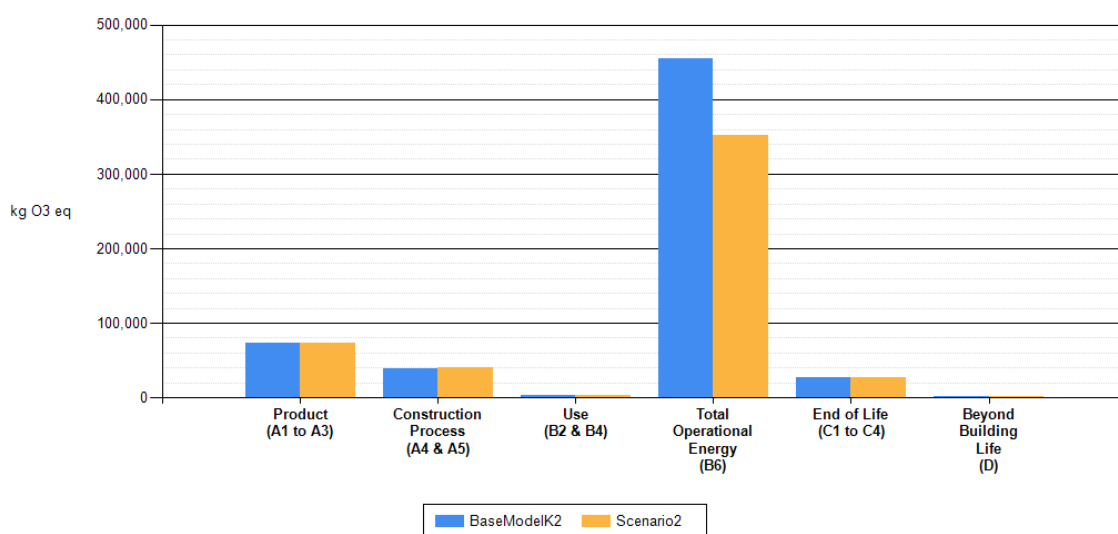
Διάγραμμα 10.11 Σύγκριση του Δυναμικού Καταστροφής του Όζοντος κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



Διάγραμμα 10.12 Σύγκριση του Δυναμικού Ευτροφισμού κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



Διάγραμμα 10.13 Σύγκριση των Αιωρούμενων Σωματιδίων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



Διάγραμμα 10.14 Σύγκριση του Δυναμικού Αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.

Από τα Διαγράμματα που παρουσιάστηκαν παρατηρεί κανείς ότι η παραγωγή ρύπων SO₂, CO₂, CFC – 11, N, PM_{2.5} και O₃ γίνεται στα στάδια παραγωγής των υλικών και κατασκευής του κτιρίου (A1 – A3). Κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου γίνεται κυρίως η κατανάλωση ηλεκτρισμού και ορυκτών καυσίμων.

Συγκρίνοντας το Βασικό Σενάριο με το Σενάριο 2 παρατηρείται ότι στο Σενάριο 2 η Συνολική Ενέργεια κατά τη λειτουργία του Κτιρίου συμβάλει ελάχιστα στη δημιουργία ρυπογόνων για

το περιβάλλον ουσιών σε σχέση με το Βασικό Σενάριο, άρα βελτιώθηκε η συμπεριφορά του εξεταζόμενου κτιρίου.

Στα στάδια παραγωγής των υλικών και κατασκευής του κτιρίου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο Σενάριο 2 είναι περισσότερες από ότι στο Βασικό Σενάριο, καθώς έχουν προστεθεί επιπλέον υλικά. Η επιλογή αυτή είχε ως στόχο να μειωθεί η συνολική απαιτούμενη ενέργεια κατά τη λειτουργία του κτιρίου, στόχος που επετεύχθη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο Σενάριο 2 το Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος μετά το τέλος της ζωής του κτιρίου έχει μειωθεί κατά 1% σε σχέση με το Βασικό Σενάριο.

10.3 Βασικό Σενάριο – Σενάριο 3

Το σενάριο αυτό αποτελεί συνέχεια του προηγούμενου με κάποιες διαφοροποιήσεις.

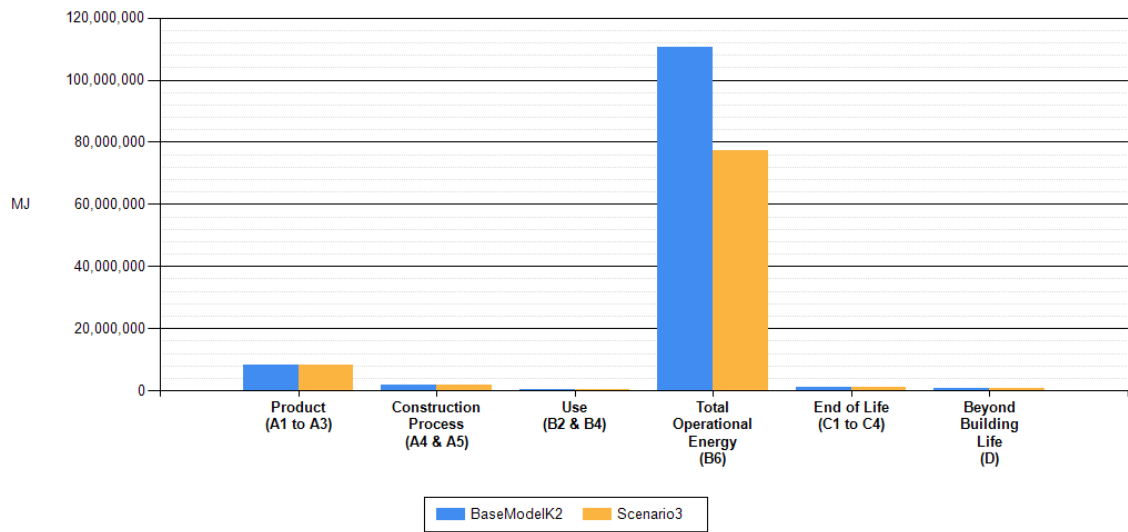
Ως πρώτο βήμα, επιλέχθηκε να αντικατασταθούν τα κουφώματα αλουμινίου με συνθετικά κουφώματα. Βασικό πλεονέκτημα των νέων κουφωμάτων που επιλέχθηκαν είναι η θερμική αγωγιμότητα. Το αλουμίνιο είναι καλός αγωγός της θερμότητας και έτσι μπορεί να μεταδώσει θερμότητα τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι (με αντίστροφη ροή). Ακόμα και στα πιο σύγχρονα από αυτά, τα θερμοδιακοπόμενα κουφώματα αλουμινίου, το πρόβλημα αυτό έχει μειωθεί, αλλά δεν έχει εξαλειφθεί. Επίσης, τα συνθετικά κουφώματα περιορίζουν σημαντικά τον θόρυβο, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για χώρους εκπαίδευσης.

Ως δεύτερο βήμα, επιλέχθηκε η τοποθέτηση μονωτικού υλικού φιλικότερου προς το περιβάλλον, με δυνατότητα πλήρους ανακύκλωσης, στις οροφές, στα θεμέλια και στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου. Το υλικό αυτό είναι το «Mineral Wool Batt – Ορυκτοβάμβακας». Το πάχος αυτού επιλέχθηκε να είναι 50 mm για τα θεμέλια, 100 mm για τους εξωτερικούς τοίχους και 25,4 mm για τις οροφές, με στόχο τη μείωση των ενεργειακών απωλειών, μονώνοντας το κέλυφος του κτιρίου. Το εν λόγω υλικό παρουσιάζει θερμομόνωση, ηχομόνωση και ανοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, γεγονός που ενισχύει την Παθητική Πυροπροστασία του κτιρίου.

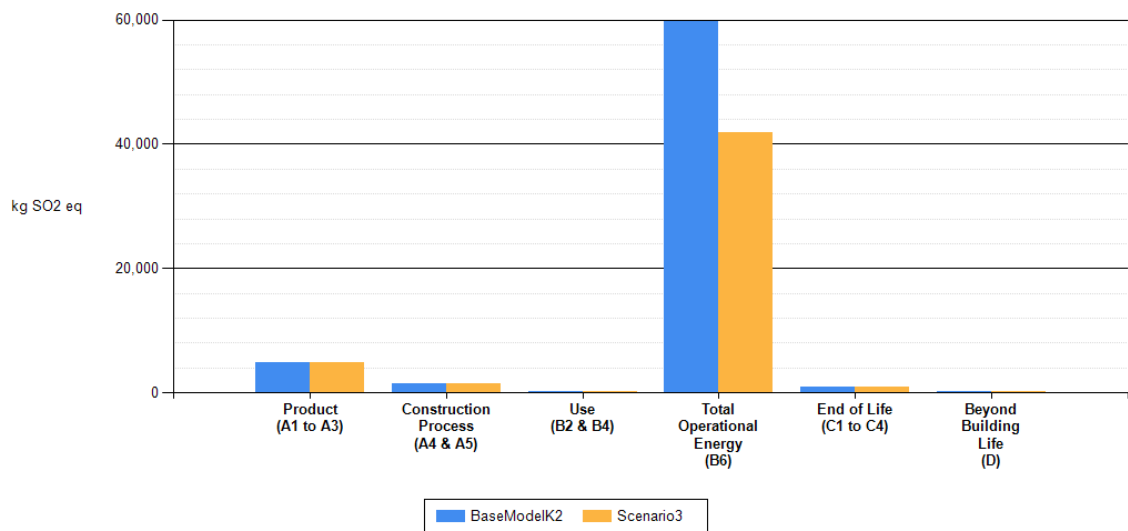
Συγκεκριμένα:

- Το αλουμίνιο διπλού υαλοπίνακα αντικαταστάθηκε από PVC διπλού υαλοπίνακα για τα παράθυρα του κτιρίου.
- Στην καρτέλα «Envelope» για τα υλικά κατασκευής των οροφών στα τμήματα Part 1-5 προστέθηκε το υλικό «Mineral Wool Batt R20» πάχους 25,4 mm.
- Στην καρτέλα «Envelope» για τα υλικά κατασκευής των θεμελίων στα τμήματα Part 1 & 3 προστέθηκε το υλικό «Mineral Wool Batt R50» πάχους 50 mm.
- Στην καρτέλα «Envelope» για τα υλικά κατασκευής των τοίχων στα τμήματα Part 1-5 προστέθηκε το υλικό «Mineral Wool Batt R20» πάχους 100 mm.

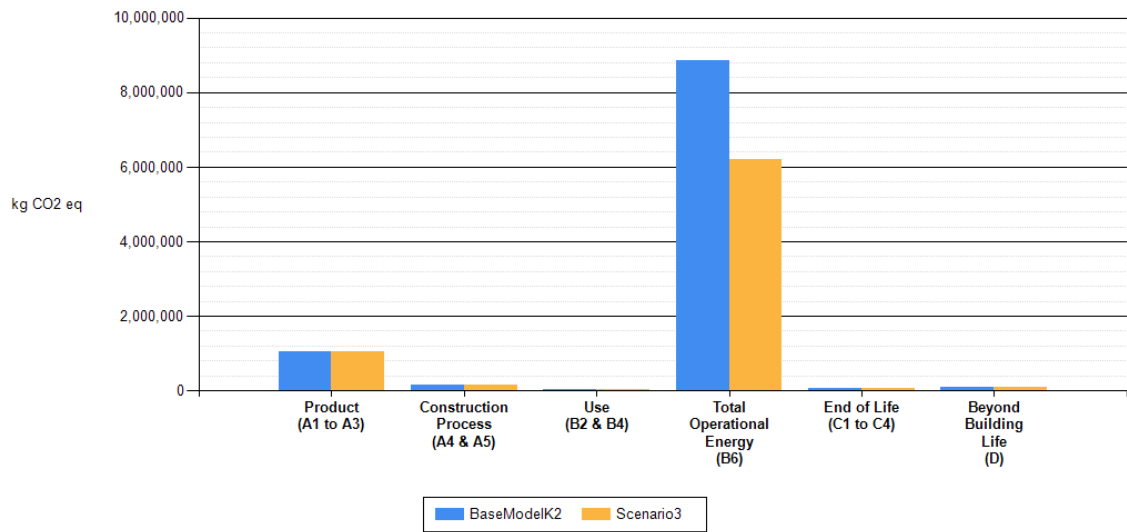
Στα Διάγραμμα 10.15 έως Διάγραμμα 10.21, γίνεται η σύγκριση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Βασικού Σεναρίου (BaseModelK2) με το Σενάριο 3 (Scenario3).



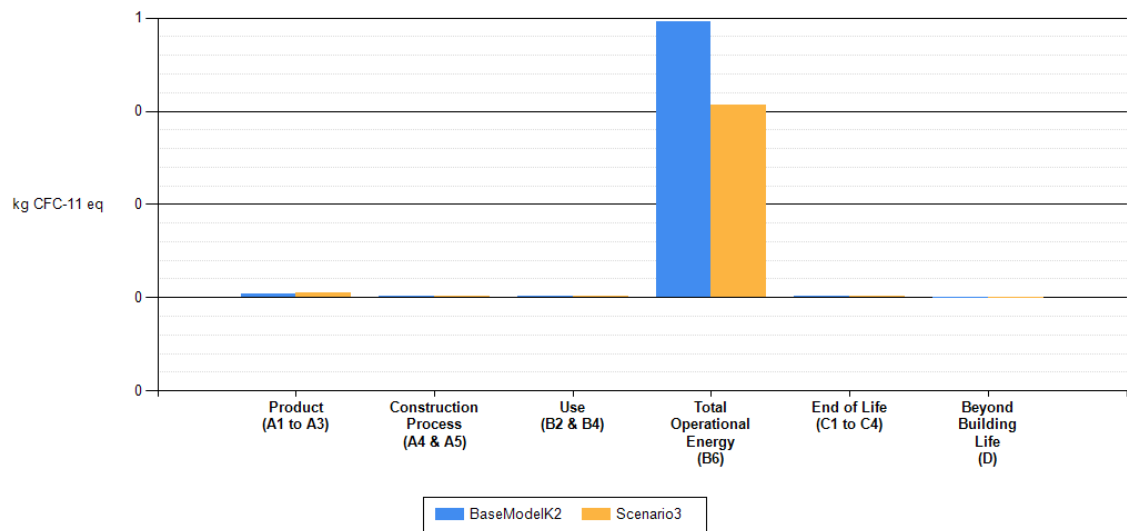
Διάγραμμα 10.15 Σύγκριση της Κατανάλωσης Ορυκτών Καυσίμων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



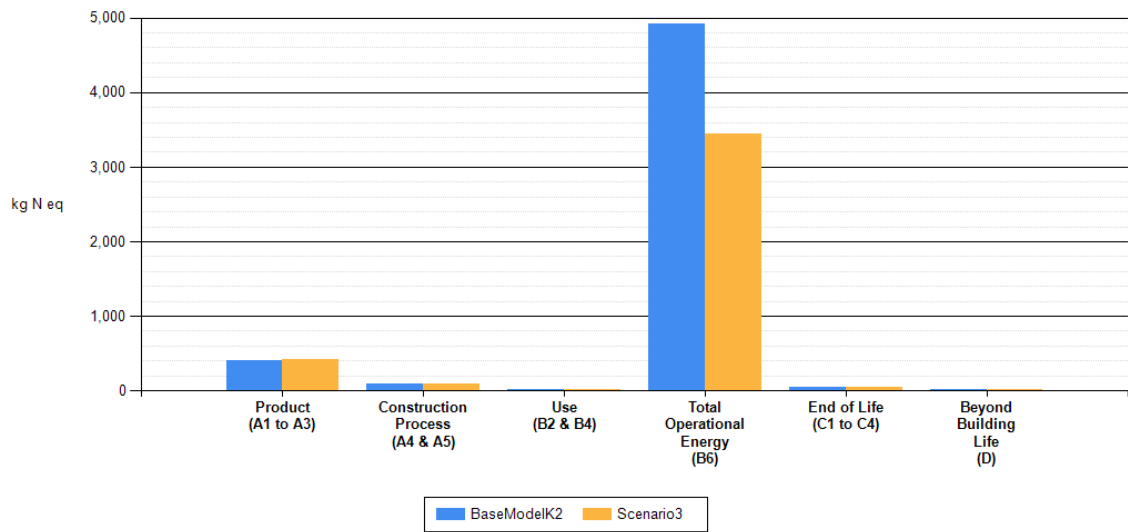
Διάγραμμα 10.16 Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



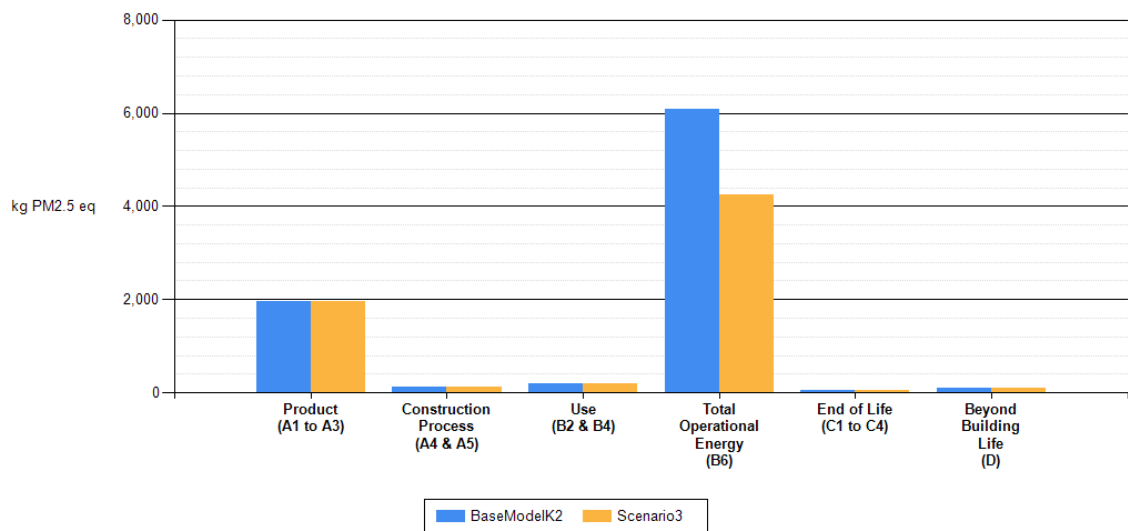
Διάγραμμα 10.17 Σύγκριση του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



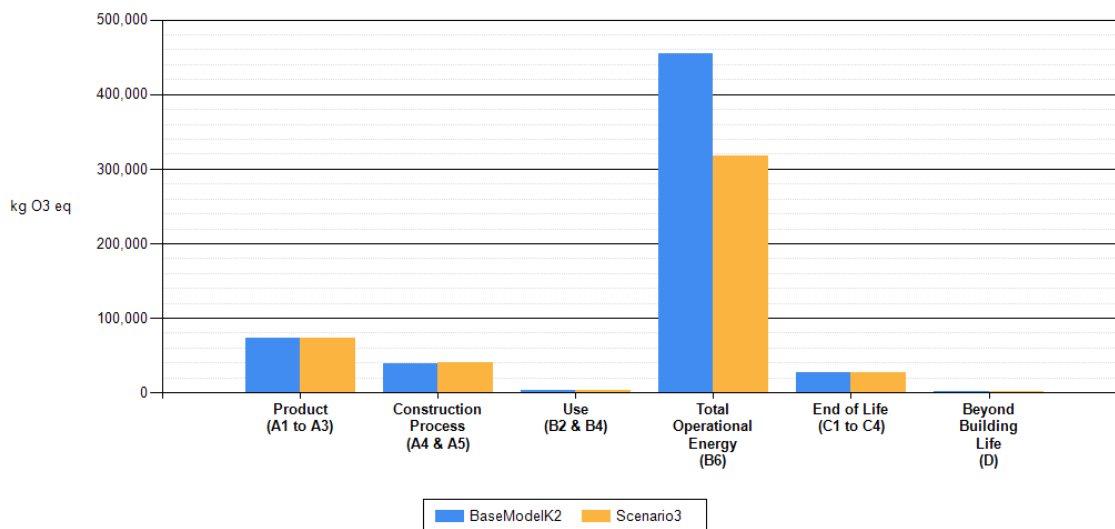
Διάγραμμα 10.18 Σύγκριση του Δυναμικού Καταστροφής του Όζοντος κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



Διάγραμμα 10.19 Σύγκριση του Δυναμικού Ευτροφισμού κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



Διάγραμμα 10.20 Σύγκριση Αιωρούμενων Σωματιδίων κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.



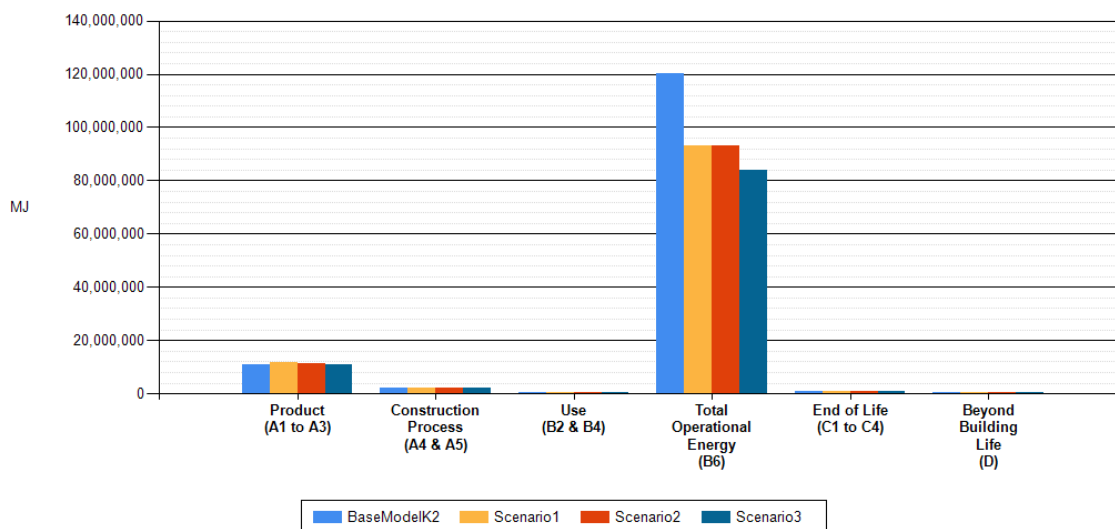
Διάγραμμα 10.21 Σύγκριση του Δυναμικού Αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του Κύκλου Ζωής του Κτιρίου.

Από τα Διαγράμματα που παρουσιάστηκαν παρατηρεί κανείς ότι η παραγωγή ρύπων SO_2 , CO_2 , CFC – 11, N, $PM_{2.5}$ και O_3 γίνεται στα στάδια παραγωγής των υλικών και κατασκευής του κτιρίου (A1 – A3). Κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου γίνεται κυρίως η κατανάλωση ηλεκτρισμού και ορυκτών καυσίμων.

Συγκρίνοντας το Βασικό Σενάριο με το Σενάριο 3 παρατηρείται ότι στο Σενάριο 3 η Συνολική Ενέργεια κατά τη λειτουργία του Κτιρίου συμβάλει ελάχιστα στη δημιουργία ρυπογόνων για το περιβάλλον ουσιών σε σχέση με το Βασικό Σενάριο, άρα βελτιώθηκε η συμπεριφορά του εξεταζόμενου κτιρίου.

Στα στάδια παραγωγής των υλικών και κατασκευής του κτιρίου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο Σενάριο 3 είναι περισσότερες από ότι στο Βασικό Σενάριο, καθώς έχουν προστεθεί επιπλέον υλικά. Η επιλογή αυτή είχε ως στόχο να μειωθεί η συνολική απαιτούμενη ενέργεια κατά τη λειτουργία του κτιρίου, στόχος που επετεύχθη.

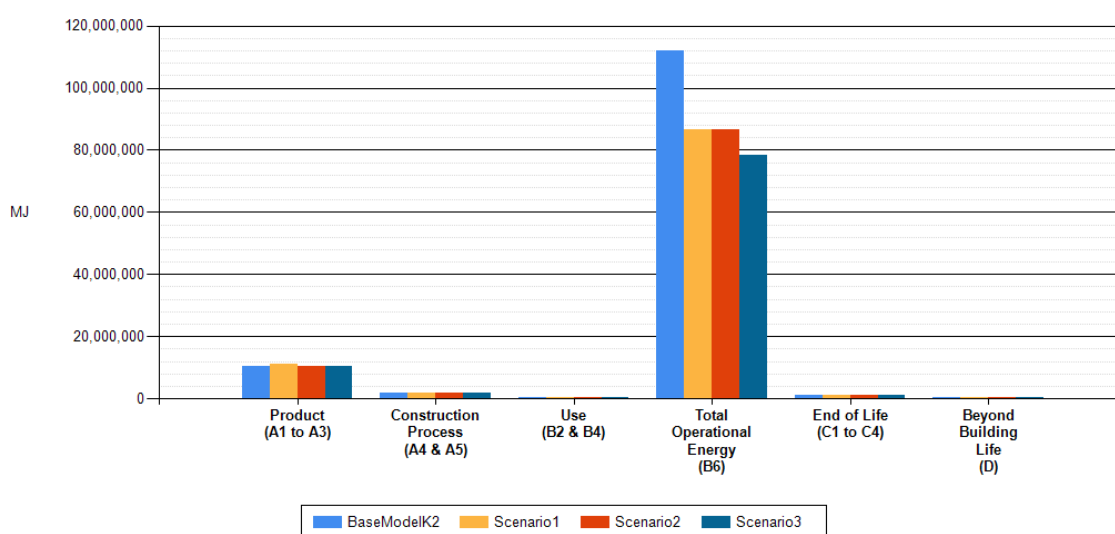
10.4 Βασικό Σενάριο – Σενάριο 1 – Σενάριο 2 – Σενάριο 3



Διάγραμμα 10.22 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με την Συνολική Πρωτογενή Ενέργεια.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	MJ	1.10E+07	1.96E+06	5.51E+05	1.20E+08	9.92E+05	3.30E+05	1.35E+08
Scenario1	MJ	1.16E+07	2.01E+06	5.68E+05	9.30E+07	9.91E+05	3.54E+05	1.09E+08
Scenario2	MJ	1.11E+07	2.00E+06	5.68E+05	9.31E+07	9.91E+05	3.54E+05	1.08E+08
Scenario3	MJ	1.09E+07	2.00E+06	5.68E+05	8.40E+07	9.91E+05	3.54E+05	9.89E+07
Total	MJ	4.46E+07	7.97E+06	2.25E+06	3.90E+08	3.97E+06	1.39E+06	4.50E+08

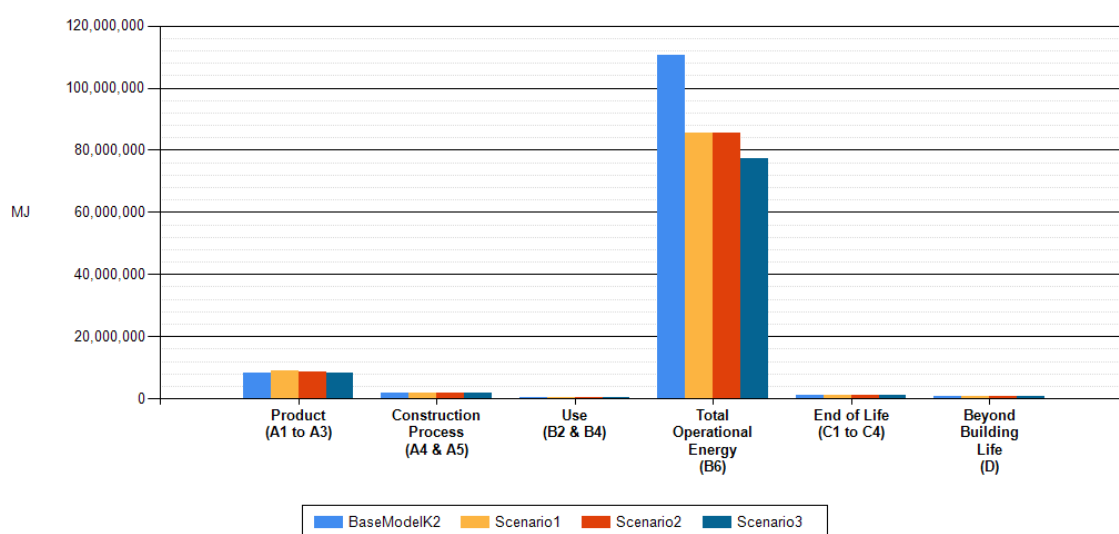
Πίνακας 10.1 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με την Συνολική Πρωτογενή Ενέργεια.



Διάγραμμα 10.23 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με τη Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	MJ	1.04E+07	1.93E+06	5.50E+05	1.12E+08	9.92E+05	3.31E+05	1.26E+08
Scenario1	MJ	1.10E+07	1.97E+06	5.67E+05	8.67E+07	9.91E+05	3.55E+05	1.02E+08
Scenario2	MJ	1.06E+07	1.96E+06	5.67E+05	8.68E+07	9.91E+05	3.55E+05	1.01E+08
Scenario3	MJ	1.04E+07	1.96E+06	5.67E+05	7.83E+07	9.91E+05	3.55E+05	9.25E+07
Total	MJ	4.25E+07	7.82E+06	2.25E+06	3.64E+08	3.96E+06	1.40E+06	4.21E+08

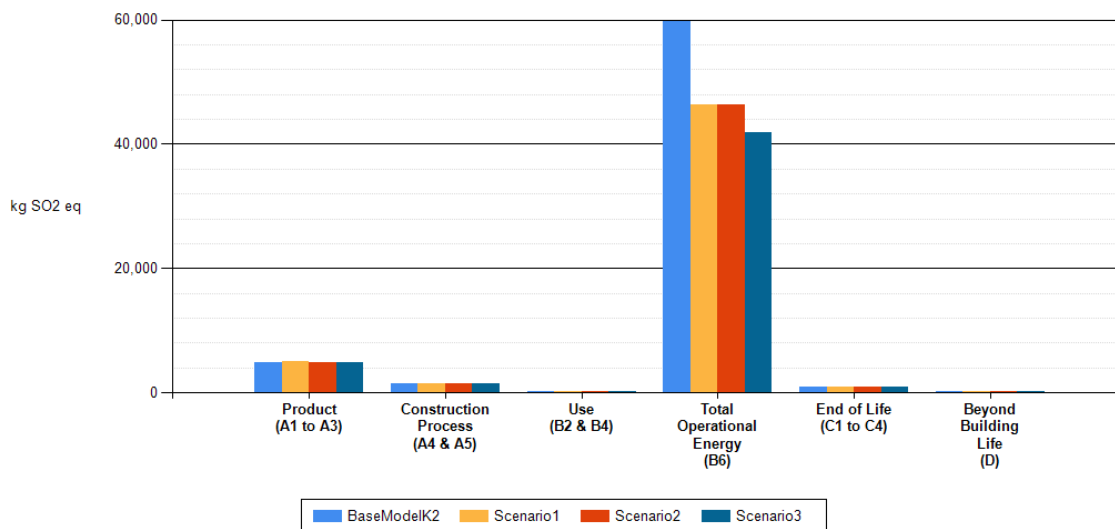
Πίνακας 10.2 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με τη Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια.



Διάγραμμα 10.24 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με την Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	MJ	8.38E+06	1.87E+06	5.46E+05	1.10E+08	9.90E+05	7.85E+05	1.23E+08
Scenario1	MJ	8.98E+06	1.92E+06	5.64E+05	8.56E+07	9.89E+05	8.09E+05	9.88E+07
Scenario2	MJ	8.52E+06	1.91E+06	5.64E+05	8.57E+07	9.89E+05	8.09E+05	9.85E+07
Scenario3	MJ	8.32E+06	1.91E+06	5.64E+05	7.73E+07	9.89E+05	8.09E+05	8.99E+07
Total	MJ	3.42E+07	7.61E+06	2.24E+06	3.59E+08	3.96E+06	3.21E+06	4.10E+08

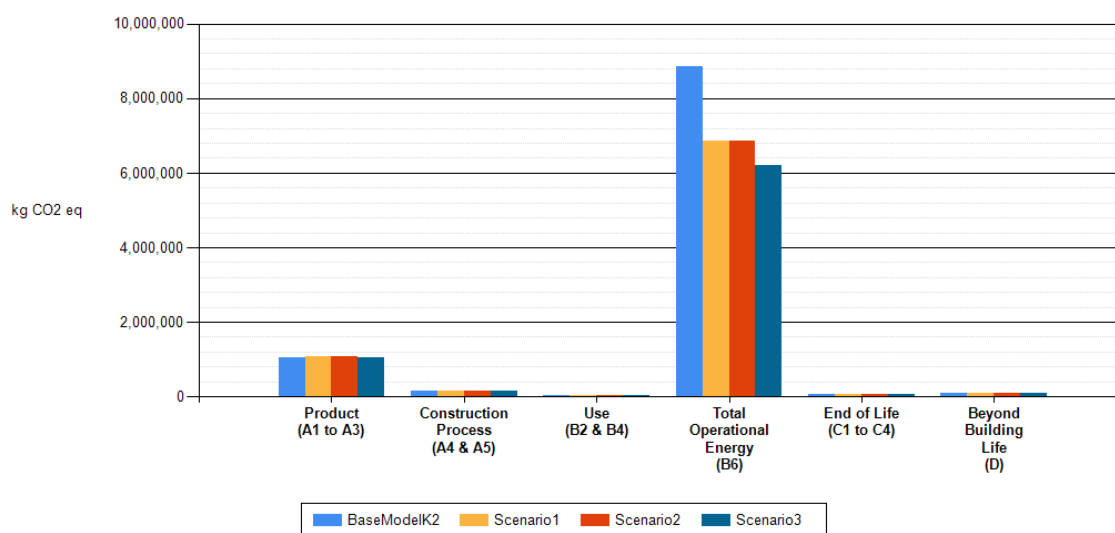
Πίνακας 10.3 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με την Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων.



Διάγραμμα 10.25 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Οξίνισης.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	kg SO2 eq	4.79E+03	1.38E+03	2.20E+02	5.97E+04	8.32E+02	1.41E+02	6.71E+04
Scenario1	kg SO2 eq	4.97E+03	1.40E+03	2.39E+02	4.63E+04	8.32E+02	1.58E+02	5.39E+04
Scenario2	kg SO2 eq	4.89E+03	1.40E+03	2.39E+02	4.64E+04	8.33E+02	1.58E+02	5.39E+04
Scenario3	kg SO2 eq	4.86E+03	1.41E+03	2.39E+02	4.18E+04	8.33E+02	1.58E+02	4.93E+04
Total	kg SO2 eq	1.95E+04	5.59E+03	9.37E+02	1.94E+05	3.33E+03	6.16E+02	2.24E+05

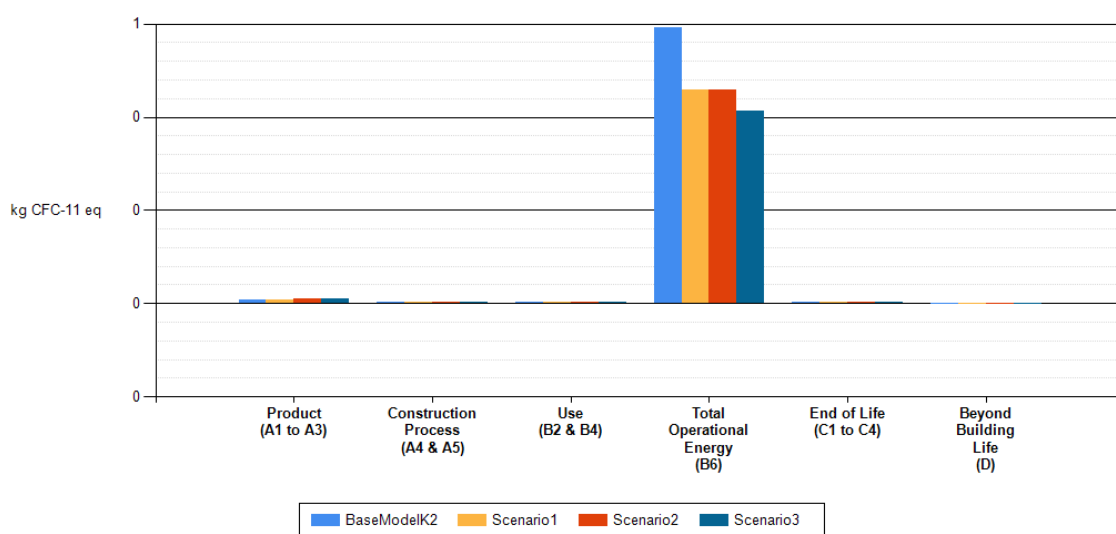
Πίνακας 10.4 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Οξίνισης.



Διάγραμμα 10.26 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	kg CO2 eq	1.06E+06	1.60E+05	2.90E+04	8.86E+06	6.72E+04	8.53E+04	1.03E+07
Scenario1	kg CO2 eq	1.09E+06	1.63E+05	3.11E+04	6.86E+06	6.71E+04	8.79E+04	8.30E+06
Scenario2	kg CO2 eq	1.07E+06	1.63E+05	3.11E+04	6.87E+06	6.71E+04	8.79E+04	8.29E+06
Scenario3	kg CO2 eq	1.06E+06	1.63E+05	3.11E+04	6.20E+06	6.72E+04	8.79E+04	7.61E+06
Total	kg CO2 eq	4.28E+06	6.48E+05	1.22E+05	2.88E+07	2.69E+05	3.49E+05	3.45E+07

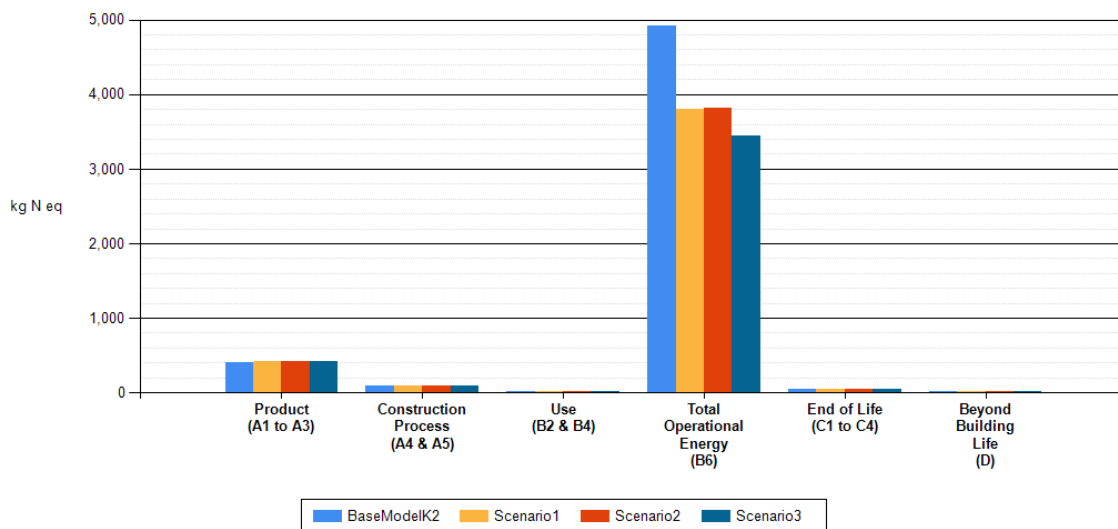
Πίνακας 10.5 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη.



Διάγραμμα 10.27 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	kg CFC-11 eq	8.74E-03	6.28E-04	9.21E-05	5.91E-01	2.77E-06	-5.56E-07	6.00E-01
Scenario1	kg CFC-11 eq	8.76E-03	6.28E-04	1.39E-04	4.58E-01	2.76E-06	-4.43E-07	4.68E-01
Scenario2	kg CFC-11 eq	9.01E-03	6.40E-04	1.39E-04	4.59E-01	2.76E-06	-4.43E-07	4.68E-01
Scenario3	kg CFC-11 eq	9.16E-03	6.48E-04	1.39E-04	4.14E-01	2.76E-06	-4.43E-07	4.24E-01
Total	kg CFC-11 eq	3.57E-02	2.54E-03	5.08E-04	1.92E+00	1.10E-05	-1.88E-06	1.96E+00

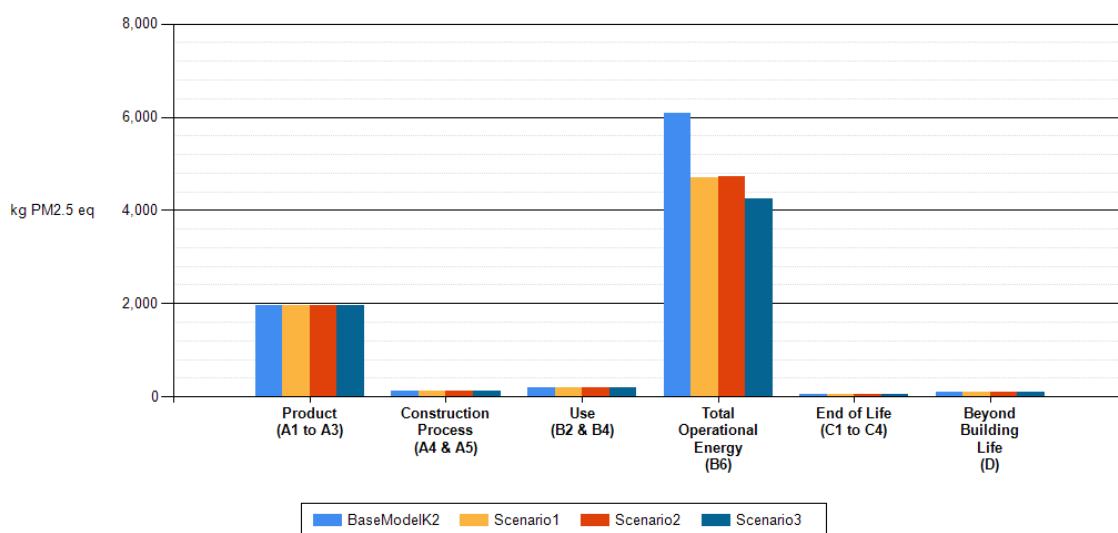
Πίνακας 10.6 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος.



Διάγραμμα 10.28 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Ευτροφισμού.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	kg N eq	4.10E+02	9.44E+01	8.10E+00	4.91E+03	5.18E+01	1.02E+01	5.49E+03
Scenario1	kg N eq	4.16E+02	9.56E+01	8.37E+00	3.81E+03	5.18E+01	1.04E+01	4.39E+03
Scenario2	kg N eq	4.14E+02	9.60E+01	8.37E+00	3.81E+03	5.18E+01	1.04E+01	4.39E+03
Scenario3	kg N eq	4.13E+02	9.64E+01	8.37E+00	3.44E+03	5.18E+01	1.04E+01	4.02E+03
Total	kg N eq	1.65E+03	3.82E+02	3.32E+01	1.60E+04	2.07E+02	4.15E+01	1.83E+04

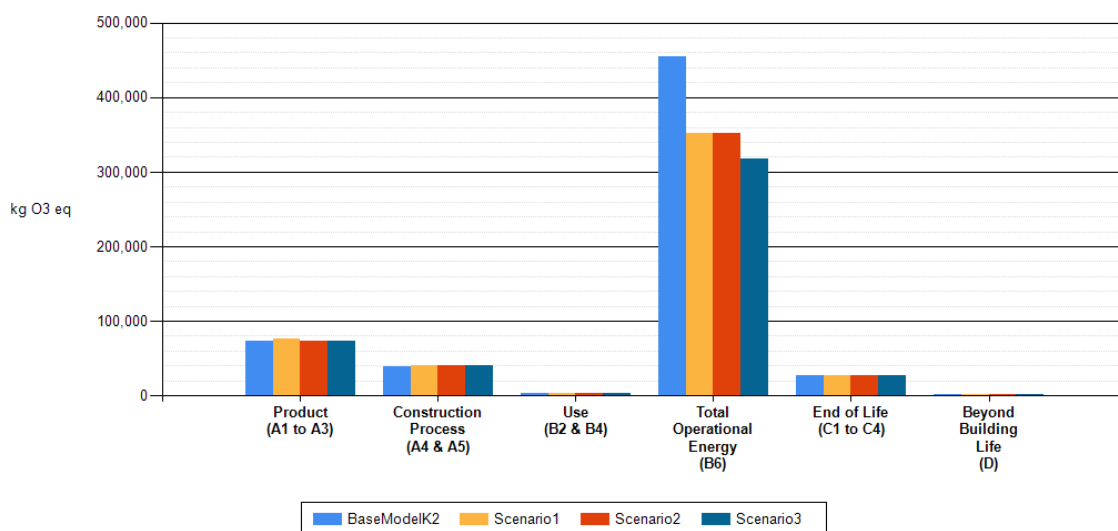
Πίνακας 10.7 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Ευτροφισμού.



Διάγραμμα 10.29 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με τα Αιωρούμενα Σωματίδια.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	kg PM2.5 eq	1.95E+03	1.25E+02	1.97E+02	6.08E+03	4.24E+01	9.04E+01	8.48E+03
Scenario1	kg PM2.5 eq	1.96E+03	1.27E+02	2.03E+02	4.71E+03	4.24E+01	9.21E+01	7.14E+03
Scenario2	kg PM2.5 eq	1.96E+03	1.27E+02	2.03E+02	4.71E+03	4.24E+01	9.21E+01	7.14E+03
Scenario3	kg PM2.5 eq	1.97E+03	1.27E+02	2.03E+02	4.25E+03	4.24E+01	9.21E+01	6.68E+03
Total	kg PM2.5 eq	7.85E+03	5.06E+02	8.06E+02	1.98E+04	1.70E+02	3.67E+02	2.94E+04

Πίνακας 10.8 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με τα Αιωρούμενα Σωματίδια.



Διάγραμμα 10.30 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Αιθαλομίχλης.

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
BaseModelK2	kg O3 eq	7.30E+04	3.93E+04	3.05E+03	4.54E+05	2.72E+04	1.62E+03	5.98E+05
Scenario1	kg O3 eq	7.56E+04	3.99E+04	3.13E+03	3.52E+05	2.72E+04	1.75E+03	4.99E+05
Scenario2	kg O3 eq	7.39E+04	4.01E+04	3.13E+03	3.52E+05	2.72E+04	1.75E+03	4.98E+05
Scenario3	kg O3 eq	7.31E+04	4.02E+04	3.13E+03	3.18E+05	2.72E+04	1.75E+03	4.63E+05
Total	kg O3 eq	2.96E+05	1.60E+05	1.25E+04	1.48E+06	1.09E+05	6.89E+03	2.06E+06

Πίνακας 10.9 Σύγκριση Σεναρίων σχετικά με το Δυναμικό Αιθαλομίχλης.

10.5 Σύγκριση Σεναρίων

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή εξετάστηκε το Κτίριο K2 (Εικόνα 6.1) του Πολυτεχνείου Κρήτης, στο Νομό Χανίων Κρήτης. Σαν Βασικό Σενάριο επιλέχθηκε η αρχική – τρέχουσα μορφή του Κτιρίου. Αφού αυτή προσομοιώθηκε στο λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings[®], εξετάστηκαν τρία (3) υποθετικά σενάρια κατασκευής του με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης περιβαλλοντικά. Μία τέτοια λύση πρέπει να εφαρμοστεί στα αρχικά στάδια κατασκευής ενός κτιρίου, επομένως τα συμπεράσματα μπορούν να αποτελέσουν εφελτήριο για μελλοντική μελέτη και κατασκευή κτιρίων. Η αξιολόγηση των εξεταζόμενων

σεναρίων πραγματοποιήθηκε με βάση κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς δείκτες, οι οποίοι συμβάλλουν στον σχεδιασμό μίας αειφόρου κατασκευής και συγκρίνουν τις επιπτώσεις των διαφόρων υλικών και διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για την οικοδόμηση ενός κτιρίου αλλά και για τη διάρκεια ζωής του.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που λήφθηκαν ως παράμετροι αφορούν στο υλικό κατασκευής, συμπεριλαμβανομένης της εξόρυξης πόρων και ανακυκλωμένου περιεχομένου, στην διαδικασία οικοδόμησης, στη μεταφορά των υλικών, στη χρήση κάθε μορφής ενέργειας, στη μεταφορά και άλλους παράγοντες, στον τύπο κτιρίου, στην αναμενόμενη διάρκεια ζωής, στις πιθανές συντηρήσεις, επισκευές και αντικαταστάσεις, στην καταστροφή και διάθεση στο τέλος του Κύκλου Ζωής και στις εκπομπές ενέργειας.

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση του κτιρίου παρατηρήθηκε πως το τμήμα του με τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι οι τοίχοι και ακολουθούν στοιχεία δοκών, κολώνων και θεμελίωσης. Με την παραδοχή πως στα δομικά στοιχεία δεν υπάρχει μεγάλο εύρος αλλαγών, επιλέχθηκε να γίνουν τροποποιήσεις στα τμήματα των τοίχων, σεβόμενοι τον υπάρχοντα Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό.

Πρώτη επιλογή ήταν να αντικατασταθούν τα κουφώματα αλουμινίου με συνθετικά κουφώματα. Βασικό πλεονέκτημα των νέων κουφωμάτων που επιλέχθηκαν είναι η θερμική αγωγιμότητα. Το αλουμίνιο είναι καλός αγωγός της θερμότητας και έτσι μπορεί να μεταδώσει θερμότητα τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι (με αντίστροφη ροή). Ακόμα και στα πιο σύγχρονα από αυτά, τα θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου, το πρόβλημα αυτό έχει μειωθεί, αλλά δεν έχει εξαλειφθεί. Επίσης, τα συνθετικά κουφώματα περιορίζουν σημαντικά τον θόρυβο, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για χώρους εκπαίδευσης.

Δεύτερη επιλογή ήταν η τοποθέτηση μονωτικού υλικού στους εξωτερικούς τοίχους, τα θεμέλια και τις οροφές του κτιρίου. Το υλικό που επιλέχθηκε αρχικά ήταν η Εξηλασμένη Πολυστερίνη, δηλαδή μόνωση τύπου XPS. Έπειτα, θεωρήθηκε ορθότερο να χρησιμοποιηθεί κάποιο υλικό φιλικότερο προς το περιβάλλον, με δυνατότητα πλήρους ανακύκλωσης, και επιλέχθηκε ο Ορυκτοβάμβακας. Αντί αυτού θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν δομικά υλικά από Συμπιεσμένο Άχυρο ή μονωτικά υλικά από Ίνες Ξύλου ή Κάνναβης, τα οποία όμως δεν ήταν διαθέσιμα στο λογισμικό.

Έπειτα από αυτές τις συστάσεις παρεμβάσεων βιώσιμη επιλογή κατασκευής αποτελεί το Σενάριο 3. Η μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη, θεωρώντας δεδομένο πως θα υπάρχει πάντα ανάγκη ενέργειας κατά τη λειτουργία του κτιρίου, εντοπίζεται στα αρχικά στάδια παραγωγής – μεταφοράς των υλικών και κατασκευής του κτιρίου. Τα στάδια αυτά είναι τα A1 – A3 που αφορούν στην παραγωγή των χρησιμοποιούμενων υλικών και τα στάδια A4 – A5 που αφορούν στη διαδικασία κατασκευής του κτιρίου. Για τον λόγο αυτό έγινε επιλογή υλικών με βάση περιβαλλοντικά και ενεργειακά κριτήρια (Πίνακας 10.10).

Δείκτες Περιβαλλοντικών Διαστάσεων	
	Ποσοστιαία Μείωση (%)
Συνολική Πρωτογενής Ενέργεια - Total Primary Energy	26,74
Μη-Ανανεώσιμη Ενέργεια - Non-Renewable Energy	26,59
Κατανάλωση Ορυκτών Καυσίμων - Fossil Fuel Consumption	26,91
Δυναμικό Οξίνισης - Acidification Potential	26,53
Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη - Global Warming Potential	26,12
Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος - Ozone Depletion Potential	29,33
Δυναμικό Ευτροφισμού - Eutrophication Potential	26,78
Δείκτες Κοινωνικών Διαστάσεων	
	Ποσοστιαία Μείωση (%)
Αιωρούμενα Σωματίδια - HH Particulate	21,23
Δυναμικό Αιθαλομίχλης - Smog Potential	22,58

Πίνακας 10.10 Ποσοστιαία μείωση Δεικτών Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής Βασικού Σεναρίου – Σεναρίου 3.

11 Συμπεράσματα

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή μελετήθηκαν διαφορετικά σενάρια κατασκευής του κτιρίου K2 του Πολυτεχνείου Κρήτης, που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και σε άλλα κτίρια. Μεταξύ των σεναρίων που εξετάστηκαν, επιλέχθηκε το Βασικό Σενάριο – Σενάριο 3.

Στο σενάριο αυτό επιλέχθηκαν κουφώματα (παράθυρα) συνθετικά (PVC) διπλού υαλοπίνακα που περιέχουν αέρα. Επιλέχθηκε να ενισχυθεί η μόνωση του κελύφους του κτιρίου. Για τον λόγο αυτό προστέθηκε μονωτικό Ορυκτοβάμβακα πάχους 25,4 mm στις οροφές, 50 mm στα θεμέλια και 100 mm στην τοιχοποιία. Έγιναν δοκιμές και με άλλα μονωτικά υλικά και άλλα πάχη αυτών και η λύση που επιλέχθηκε ήταν η προσφορότερη.

Τα συνθετικά κουφώματα πλεονεκτούν έναντι εκείνων του αλουμινίου. Βασικό πλεονέκτημα των νέων κουφωμάτων που επιλέχθηκαν είναι η θερμική αγωγιμότητα. Το αλουμίνιο είναι καλός αγωγός της θερμότητας και έτσι μπορεί να μεταδώσει θερμότητα τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι (με αντίστροφη ροή). Ακόμα και στα πιο σύγχρονα από αυτά, τα θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου, το πρόβλημα αυτό έχει μειωθεί, αλλά δεν έχει εξαλειφθεί. Επίσης, τα συνθετικά κουφώματα περιορίζουν σημαντικά τον θόρυβο, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για χώρους εκπαίδευσης.

Η τοποθέτηση μονωτικού υλικού φιλικότερου προς το περιβάλλον, με δυνατότητα πλήρους ανακύκλωσης, έγινε με στόχο τη μείωση των ενεργειακών απωλειών, μονώνοντας το κέλυφος του κτιρίου. Το εν λόγω υλικό παρουσιάζει θερμομόνωση, ηχομόνωση και ανοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, γεγονός που ενισχύει την Παθητική Πυροπροστασία του κτιρίου. Επιπρόσθετα, συμβάλει και αυτό στην ηχομόνωση εντός του κτιρίου. Έγιναν δοκιμές και με άλλα ήδη μονωτικών υλικών, χωρίς ιδιαίτερη μείωση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Με τις προτεινόμενες αλλαγές επιτεύχθηκε μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα τμήματα του κτιρίου που αυτές έγιναν.

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου σημειώνουν τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτού. Για να περιοριστούν οι απαιτήσεις αυτές επιλέχθηκε η προσθήκη μόνωσης. Είναι σαφές πως για ένα κτίριο μπορούν να εξεταστούν πολλά σενάρια κατά τον σχεδιασμό του τόσο στην επιλογή υλικών όσο και στην επιλογή του απαιτούμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, με στόχο το σχεδιασμό ενός κτιρίου Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (Zero Energy Building – ZEB). Αν όμως πρόκειται για υφιστάμενο κτίριο είναι πιο προσβάσιμος ο σχεδιασμός για να γίνει Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (nearly Zero Energy Building – nZEB).

Θα μπορούσε να γίνει μελέτη για να γίνει το κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης, αλλά το κόστος επένδυσης θα ήταν υπερβολικά υψηλό. Επίσης, το Ενεργειακό Αποτύπωμα του κτιρίου, που είναι και το αντικείμενο μελέτης, θα αυξανόταν καθώς πολύ μεγάλος όγκος υλικών θα έπρεπε να αντικατασταθεί, ακόμα και αν ανακυκλωνόταν, το Ενεργειακό του Αποτύπωμα θα έπρεπε να προσμετρηθεί στο εξεταζόμενο κτίριο.

12 Μελλοντικές Ιδέες/Προτάσεις

Το λογισμικό Athena Impact Estimator for Buildings[®] είναι σχεδιασμένο και υλοποιημένο με στοιχεία για τον Καναδά και τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Θα μπορούσε να γίνει προσομοίωση σε άλλο λογισμικό που να διαθέτει βάσεις δεδομένων για Ευρωπαϊκές Πόλεις, ώστε να εξαχθούν πιο σαφή αποτελέσματα.

Ως μελλοντική πρόταση, θα μπορούσε να γίνει προσομοίωση για μη υφιστάμενα κτίρια τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και να γίνει ο Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός λαμβάνοντας υπόψιν το Ενεργειακό Αποτύπωμα του κτιρίου και τους Δείκτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Θα μπορούσαν επίσης να εξετασθούν όμοια κτίρια σε διαφορετικές χώρες.

Επίσης, θα μπορούσε να μελετηθεί ο Κύκλος Ζωής μεμονωμένων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για το ίδιο τμήμα διαφορετικών κτιρίων (π.χ. κτίριο από χαλύβδινο πλαίσιο σε σύγκριση με πλαίσιο από σκυρόδεμα ή ξύλο) ή σε κτίρια διαφορετικών χρήσεων (π.χ. σπίτια, ξενοδοχεία, γραφεία κ.ά.).

Τέλος, σαν συνέχεια της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής μπορεί να μελετηθεί η μετατροπή του εξεταζόμενου κτιρίου σε σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (nZEB), υλοποιώντας παράλληλα Τεχνοοικονομική Μελέτη, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος των προτεινόμενων παρεμβάσεων και να μειωθεί το Ενεργειακό Αποτύπωμά και η συνολική κατανάλωση ενέργειας.

13 Βιβλιογραφία

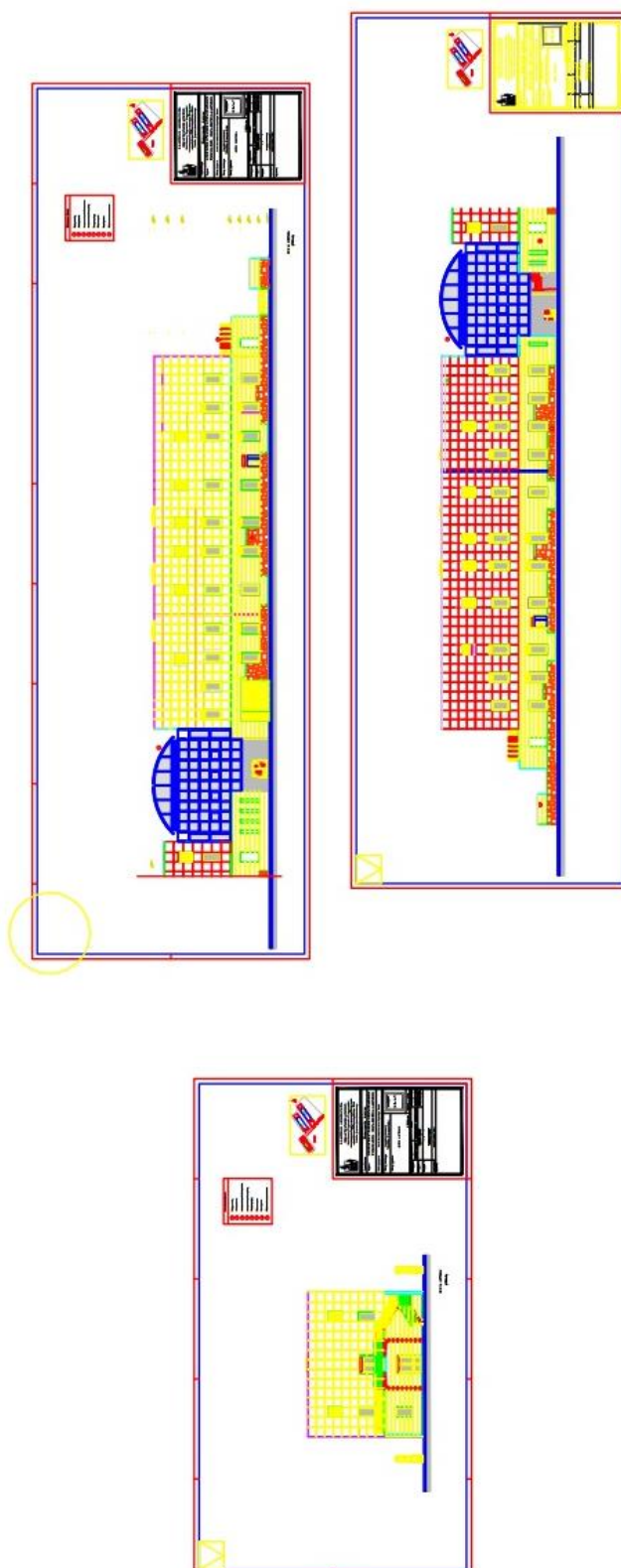
- [1] J. Ochshorn, «Materials: Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing».
- [2] Ο. Σ. Κ. Α.Ε., «Οδηγός Μελετών για Διδασκτήρια όλων των Βαθμίδων Εκπαίδευσης».
- [3] ΤΕΕ, «Οδηγός Δομικών Υλικών».
- [4] Α. Υ. Μ. & Δ. Υπουργείο Ανάπτυξης, «Εγχειρίδιο Εφαρμογής Οδηγίας 89/106/ΕΟΚ και ΠΔ 334/94 για τα Προϊόντα δομικών κατασκευών.».
- [5] Ε. Ε. τ. Ε. Ένωσης, «ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 305/2011 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ».
- [6] «Τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα Τσιμέντου ΕΛΟΤ EN 197.».
- [7] «Τα αστικά απόβλητα... στην παραγωγή τσιμέντου.».
- [8] «Ελληνική Τσιμεντοβιομηχανία».
- [9] M. Armaos, «CONCRETE STRUCTURES».
- [10] R. Institute, «Life Cycle Thinking».
- [11] «Ράβδοι για την ενίσχυση του σκυροδέματος.».
- [12] C. E. Center, «Life Cycle Assessment of Building Products».
- [13] NTUA, «Τεχνητοί Δομικοί Λίθοι,» Αθήνα.
- [14] «SOLUTION – [RESULTADOS CHALLENGE] Rediseño de un Palet de Madera».

- [15] Wikipedia, «Plywood».
- [16] E. Aluminium, «Aluminium Innovation Hub: Mapping key objectives and R&D challenges along the aluminium value chain.».
- [17] P. D. B. Karmakar, «Glass Packaging».
- [18] T. I. Society, «SUN Questionnaire on Risk Management of Nanotechnology».
- [19] M. Research, «What is Life Cycle Assessment?».
- [20] SETAC.
- [21] J. T. REPORTS, «Model for Life Cycle Assessment,» 2018.
- [22] L. Reijnders και A. Van Roekel, «Comprehensiveness and adequacy of tools for the environmental improvement of buildings,» *Journal of Cleaner Production*, τόμ. 7, pp. 221-225, 1999.
- [23] C. Diakaki και D. Kolokotsa, «Life cycle assessment of buildings,» *A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering: An Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance*, τόμ. 99, 2009.
- [24] A. S. M. Institute, «LCA, LCI, LCIA, LCC: What's the Difference?».
- [25] E. Comission, «List of Tools,» 2019.
- [26] A. S. M. Institute, «Athena EcoCalculator for Commercial and Residential Assemblies: Inner Workings Synopsis».
- [27] «Google Maps».
- [28] Ε. Κτηματολόγιο, «ΕΚΧΑ,» Εθνικό Κτηματολόγιο, Ελλάδα, 2019.

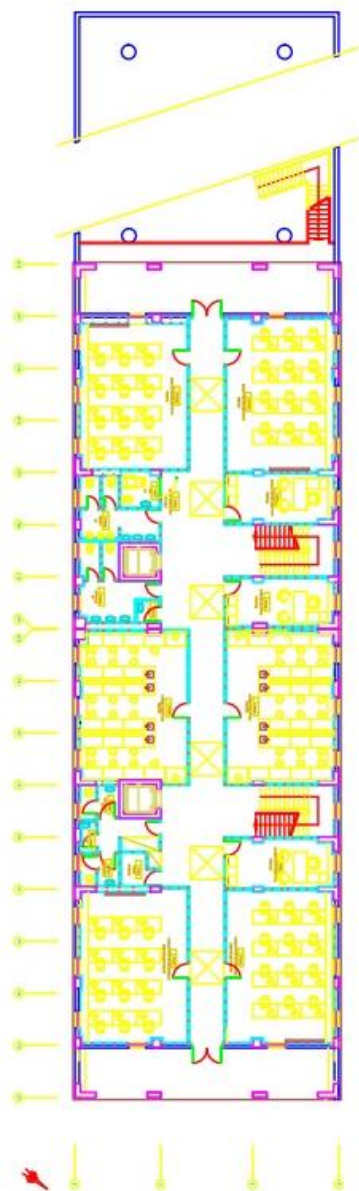
- [29] ΤΕΕ, «Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 20701_2 1η έκδοση [Technical Guidelines of Technical Chamber of Greece 20701_2 1st edition],» 2010.
- [30] Π. Ελένη, *Εξοικονόμηση ενέργειας και ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος σε κτίρια γραφείων*, 2019.
- [31] «Fossil fuel consumption in the United States».
- [32] V. I. N. K. H. J. Fernando Pacheco-Torgal, *Biopolymers and Biotech Admixtures for Eco-Efficient Construction Materials*, 2016.
- [33] A. D. H. *. C. A. R. a. X. J. L. Arvin R. Mosiera, «Net Global Warming Potential and Greenhouse Gas Intensity in Irrigated Cropping Systems in Northeastern Colorado.».
- [34] A. I. ο. ο. panel D.J. Wuebbles, *OZONE DEPLETION AND RELATED TOPICS | Ozone Depletion Potentials..*
- [35] X. O. S. L. M. C. Patxi Hernandez, *Chapter 4 - Life-Cycle Assessment of Buildings*, 2019.
- [36] A. S. M. Institute, *Athena EcoCalculator for Commercial and Residential Assemblies: Inner Workings Synopsis*, 2012.
- [37] ΥΠΕΚΑ, «Αιθαλομίχλη».

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

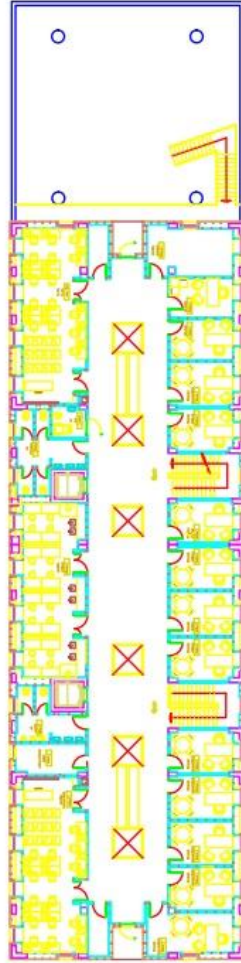
ΚΤΙΡΙΟ 2N ΟΥΕΙΣ



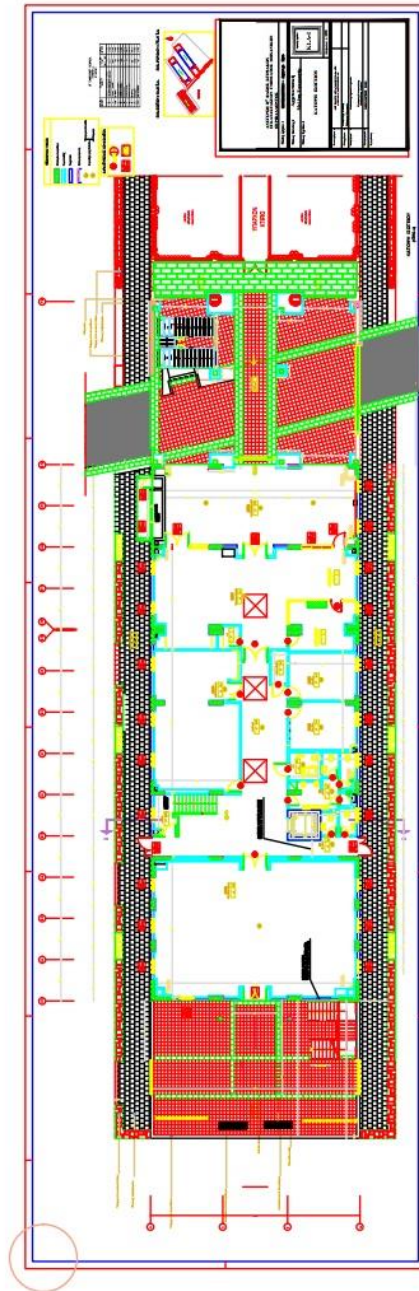
ΚΤΙΡΙΟ 2 Ισογειο



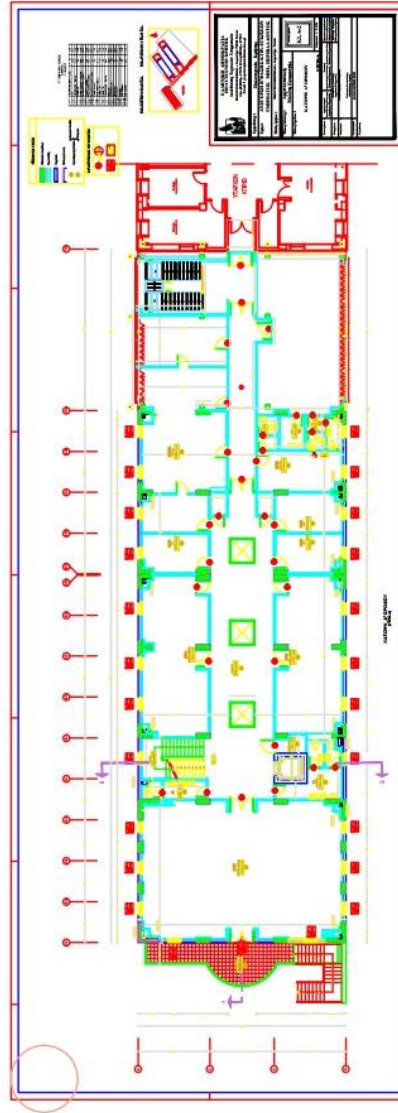
ΚΤΙΡΙΟ 2 α-οροφ.



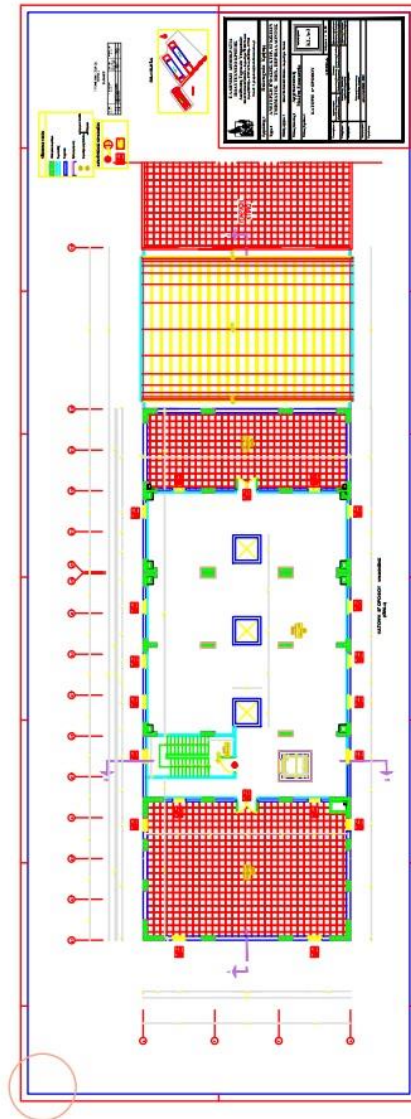
ΚΤΙΡΙΟ 2N Ισογειο



KTIP102N α-οροφ.



ΚΤΙΡΙΟ 2N β-οροφ.



ΚΤΙΡΙΟ 2N δωμα.

