



**ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

Προσδιορισμός περιβαλλοντικού αποτυπώματος τυπικών κατοικιών από οπλισμένο σκυρόδεμα σε νησιώτικες περιοχές κάτω από έντονες κλιματολογικές συνθήκες με τη μέθοδο ανάλυσης κύκλου ζωής.

Μελέτη περίπτωσης κατοικιών στην Κύπρο.

[Πέκας Λευτέρης]

Επιβλέπων Καθηγητής

[Δρ. Ζορπάς Αντώνης]

[Δεκέμβριος, 2015]

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

[Προσδιορισμός περιβαλλοντικού αποτυπώματος τυπικών κατοικιών από οπλισμένο σκυρόδεμα σε νησιώτικες περιοχές κάτω από έντονες κλιματολογικές συνθήκες με τη μέθοδο ανάλυσης κύκλου ζωής. Μελέτη περίπτωσης κατοικιών στην Κύπρο]

[Πέκας Λευτέρης]

Επιβλέπων Καθηγητής

[Δρ. Ζορπάς Αντώνης]

Δεκέμβριος, 2015

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|-------------------------------|--------|
| Ευχαριστίες | vi |
| Ελληνική περίληψη | vii-ix |
| Αγγλική περίληψη | ix-x |
| Πίνακες / Διαγράμματα / | xi-xv |

| Κεφάλαιο Πρώτο - Εισαγωγή | Σελίδες |
|---|----------------|
| Εισαγωγικά | 1-3 |
| Καταγραφή του προβλήματος | 3-4 |
| Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης | 4-6 |
| Σκοποί και στόχοι | 6-8 |

| Κεφάλαιο Δεύτερο - Βιβλιογραφική ανασκόπηση | Σελίδες |
|---|----------------|
| Εισαγωγή (<i>Προσδιορισμός των συγκεκριμένων πτυχών του επιστημονικού τομέα με τους οποίους ασχολείται η μελέτη</i>) | 9 |
| Ιστορική αναδρομή (<i>Σύντομη αναδρομή στις απαρχές και εξέλιξη μέχρι σήμερα του (ακαδημαϊκού) πεδίου της μελέτης</i>) | 9-10 |
| Θεωρητικό πλαίσιο (<i>θεωρητικές και εννοιολογικές προσεγγίσεις και πλαίσια μέσα στα οποία γίνεται κατανοητό το αντικείμενο της μελέτης</i>) | 10-14 |
| Βιβλιογραφική ανασκόπηση (<i>Εκτενής ανασκόπηση των υφιστάμενων ευρημάτων με έμφαση στις κύριες έρευνες και ευρήματα στον τομέα.</i>) | 15-25 |

| Κεφάλαιο Τρίτο - Μεθοδολογία | Σελίδες |
|---|----------------|
| Σκοπός - Στόχοι | 26-27 |
| Ερευνητικά ερωτήματα | 27-28 |
| Σχεδιασμός (<i>Επιλογή του σχεδίου που ακολουθείται για την οργάνωση και διεκπεραίωση της συλλογής των δεδομένων της έρευνας π.χ. συσχετιστική προσέγγιση, μεταβλητές, ποιοτικές μέθοδοι κ.α.</i>) | 28-40 |
| Μέθοδος συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων | 40 |
| Συλλογή δεδομένων μέσω ερωτηματολογίων - Πίνακες δεδομένων | 41-54 |
| Παρουσίαση δεδομένων σε γραφήματα | 55-59 |
| Παραδοχές για την επεξεργασία των δεδομένων | 59-62 |

| Κεφάλαιο Τέταρτο - Αποτελέσματα | Σελίδες |
|---|----------------|
| | |
| Δημιουργία δύο μοντέλων στο πρόγραμμα GaBi 6 και εξαγωγή αποτελεσμάτων | 63-70 |
| Παρουσίαση αποτελεσμάτων με την μέθοδο ILCD και για τα δύο μοντέλα | 71-103 |

| Κεφάλαιο Πέμπτο - Συζήτηση –Συμπεράσματα - Εισηγήσεις | Σελίδες |
|---|----------------|
| Συζήτηση (<i>σύντομη ανασκόπηση των σκοπών και των ευρημάτων της βιβλιογραφίας, τι σημαίνουν αυτά τα ευρήματα, οι επιπτώσεις των ευρημάτων και τοποθέτηση και συζήτηση των ευρημάτων μέσα στην ευρύτερη βιβλιογραφία.</i>) | 104-111 |
| Περιορισμοί της μελέτης | 111-112 |
| Συμπεράσματα (<i>σύνοψη των συμπερασμάτων που προκύπτουν μέσα από τα ευρήματα, η σημασία των ευρημάτων και τι προσθέτει στην ευρύτερη βιβλιογραφία</i>) | 112-113 |
| Εισηγήσεις (<i>π.χ. εφαρμογές των ευρημάτων στην πράξη, εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα</i>) | 113-114 |
| | |
| Βιβλιογραφία | 115-126 |
| Παραρτήματα | |
| Ερωτηματολόγια | 127-131 |
| Κατόψεις κτιρίων | 131-136 |

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διατριβής μου, Καθηγητή Δρ. Αντώνη Α. Ζορπά, για την άριστη συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια της διατριβής αλλά και κατά την διάρκεια των σπουδών μου στο Ανοιχτό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ακαδημαϊκό Σύμβουλο του Μεταπτυχιακού προγράμματος “Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος” του Ανοιχτού Πανεπιστημίου Κύπρου, Δρ. Ιωάννη Βογιατζάκη και τον Επιβλέπων Καθηγητή μου Δρ. Αντώνη Α. Ζορπά για την βοήθειά τους ώστε να εξασφαλίσουμε την άδεια του λογισμικού προγράμματος Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA), GaBi 6.0, από τους διαχειριστές της Γερμανικής εταιρείας PE International, αλλά και για τις πολύτιμες συμβουλές τους.

Αφιερώνω την παρούσα εργασία στη γυναίκα μου Δέσποινα για την υπομονή και τη συμπαράσταση της καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο μεταπτυχιακό αυτό.

Περίληψη

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδος και το Υπουργείο Ενέργειας, Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού της Κύπρου, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο το 2007 αποφάσισε πως για να επιτευχθεί ο στόχος, δηλαδή η σταθεροποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε καταστροφή στο περιβάλλον αλλά και στον άνθρωπο, πρέπει η συνολική μέση ετήσια αύξηση της θερμοκρασίας να μην υπερβαίνει τους 2 °C εάν συγκρίνουμε με τα πρό-βιομηχανικής εποχής επίπεδα. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2020 πρέπει να μειωθούν κατά 20% και κατά 50% μέχρι το 2050 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Πιο αναλυτικά το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αποφάσισε μείωση κατά τουλάχιστον 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, το 20% της κατανάλωση ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε) να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης μέχρι το 2020.

Όσον αφορά το κατασκευαστικό τομέα και κυρίως τα κτίρια ευθύνονται για το 40% της κατανάλωσης ενέργειας της Ε.Ε. Για το λόγο αυτό έχει εφαρμοστεί η Ευρωπαϊκή οδηγία 2002/92/ΕΚ και 2010/31/ΕΕ (αναδιאτύπωση) για τη ενεργειακή απόδοση κτιρίων που στοχεύει στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων με την λήψη κατάλληλων μέτρων. Η Κύπρος έχει ενσωματώσει την οδηγία αυτή με τον περί ρύθμισης της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων νόμο του 2006 και τους τροποποιητικούς 2009 και 2012. Παρόλο που σε επίπεδο Ε.Ε έχουν ξεκινήσει δειλά δειλά να θεσπίζονται οδηγίες για πράσινα δομικά υλικά ωστόσο στην Κύπρο προς το παρόν δεν έχουν θεσπιστεί οποιεσδήποτε οδηγίες και νομοθεσίες ώστε να προχωρήσουμε σε περαιτέρω μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κτιρίων και γενικά του κατασκευαστικού τομέα.

Σκοπός της συγκεκριμένης διατριβής είναι να υπολογίσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα τυπικών κατοικιών στην Κύπρο μέσω της μεθόδου Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ). Η ΑΚΖ είναι μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, μια διεργασία ή μια δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Σκοπός της ΑΚΖ όπως και της συγκεκριμένης διατριβής είναι η αξιολόγηση των δυνατοτήτων περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα GaBi 6 και συγκεκριμένα η μέθοδος International Reference Life Cycle Data System ILCDCD η οποία βρίσκεται μέσα στις συστάσεις του Ευρωπαϊκού πλαισίου για την εκτίμηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής. Μέσο ενός ερωτηματολογίου προσδιορίστηκαν τα χαρακτηριστικά μιας τυπικής κατοικίας στην Κύπρο. Το Κυριότερο χαρακτηριστικό της κατοικίας αυτής είναι ότι είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα και το μέγεθος της κυμαίνεται από 170-200 m². Στη συνέχεια αφού εντοπίστηκαν έξι κατοικίες με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, μαζεύτηκαν πληροφορίες για τις ποσότητες υλικών κατασκευής, το τρόπο κατασκευής, την χρήση και την κατεδάφιση τους ούτως ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν τα δεδομένα στο GaBi και να εξαχθούν αποτελέσματα. Μέσο της μεθόδου ILCDCD προσδιορίστηκαν συνολικά δεκατρείς δείκτες. Οι εννιά από αυτούς είναι περιβαλλοντικοί δείκτες και οι τέσσερις κοινωνικοί δείκτες οι οποίοι αφορούν την υγεία του ανθρώπου. Αφού υπολογίστηκαν τα αποτελέσματα για το συγκεκριμένο μοντέλο, ακολούθως στο ίδιο μοντέλο αντικαταστήθηκε η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από το υπάρχον σημερινό δίκτυο σε όλες της φάσεις του κύκλου ζωής του κτιρίου με ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά και υπολογίστηκαν εκ νέου τα αποτελέσματα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πρώτου μοντέλου φαίνεται ότι τον πρώτο λόγο στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στους δώδεκα από του δεκατρείς δείκτες οι οποίοι υπολογίστηκαν έχει ο ηλεκτρισμός που παράγεται από το μεικτό υπάρχον σημερινό ηλεκτρικό δίκτυο. Το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής αυτής ενέργειας οφείλεται κυρίως στη φάση της χρήσης μιας κατοικίας. Και οι δεκατρείς επιπτώσεις οι οποίες υπολογίστηκαν θεωρούνται εξίσου σημαντικές. Στη διατριβή αυτή κατατάχθηκαν κατά φθίνουσα σειρά με μόνο κριτήριο την αριθμητική υπεροχή τους. Ακολούθως αντικαθιστώντας το ηλεκτρικό ρεύμα από το δίκτυο με ηλεκτρισμό από φωτοβολταϊκά πάνελ, παρατηρείται σημαντική μείωση της επίδρασης του ηλεκτρισμού στους 10 από τους δεκατρείς δείκτες. Με την μείωση αυτή αυξάνετε ταυτόχρονα η σημαντικότητα της επίδρασης των υλικών της κατοικίας όπως το οπλισμένο σκυρόδεμα, χάλυβας, τα τούβλα, το τσιμέντο κλπ όπως φαίνεται στα διαγράμματα.

Για την επίτευξη λοιπών στον στόχων της Ε.Ε που προαναφέρθηκαν μέχρι το 2050 επιβάλλεται να ξεκινήσουμε να σκεπτόμαστε πλέον παραπέρα από τα κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, όπου από την 1η Ιανουαρίου 2021 πρέπει όλα τα κτίρια να είναι αυτού του τύπου. Με αυτό το τρόπο θα οδηγηθούμε με μεγαλύτερη ευκολία στο στόχο ο οποίος είναι η δημιουργία μιας αειφόρου, βιώσιμης και ορθολογικής οικοδομικής ανάπτυξης. Κατοικίες από ξύλινο φέρον οργανισμό καθώς και από μεταλλικό έχει αποδειχθεί ότι έχουν μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα από τις κατοικίες με οπλισμένο σκυρόδεμα. Μελέτες όπως η συγκεκριμένη διατριβή προσπαθούν να κεντρίσουν το ενδιαφέρον και να βάλουν σε σκέψεις τους μελετητές σε πρώτη φάση και ακολούθως

τους ίδιους τους ιδιοκτήτες νέων κατοικιών οι οποίοι είναι περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένοι ή προτίθενται να γίνουν. Τα οφέλη από την κατασκευή "πράσινων" κατοικιών εκτός από περιβαλλοντικά είναι και οικονομικά και κοινωνικά και αυτό πρέπει να βγει προς τα έξω. Επίσης μέσω των προκατασκευασμένων κατοικιών εξοικονομούμε εκτός από χρήμα και χρόνο.

Summary

According to the Ministry of Environment and Energy of Greece and the Ministry of Energy, Trade, Industry and Tourism of Cyprus, the European Parliament in 2007 decided that in order to achieve the goal, which is the stabilization of greenhouse gases in the atmosphere and to avoid any catastrophe to the environment and to humans, the overall annual average temperature increase should not exceed 2 °C when compared with pre-industrial levels. Greenhouse gas emissions should be reduced by 20% until 2020 and by 50% until 2050 compared to 1990 levels. In more detail the European Parliament decided a reduction of at least 20% in greenhouse gas emissions compared to 1990 levels, 20% of EU energy consumption to be produced from renewable energy sources and a 20% reduction in the use of primary energy sources compared with projected levels by improving energy efficiency until 2020.

As regards the construction sector, buildings mainly are liable for the 40% of EU energy consumption. For this reason it has implemented the European directive 2002/92 / EC and 2010/31 / EC (recast) on the energy performance of buildings aimed at improving energy efficiency in buildings by taking appropriate measures. Cyprus has transposed this Directive on the energy performance tuning Building Act 2006 and the amending ones 2009 and 2012. Despite the fact that EU north countries have slowly-slowly started to adopt guidelines for green building materials, Cyprus does not currently have any established guidelines and laws in order to reduce the environmental impact of buildings and generally the construction sector.

The aim of this specific dissertation is to calculate the environmental footprint of typical houses in Cyprus by life cycle assessment method (LCA). LCA is an assessment technique of the environmental impacts associated with a product, process or activity by identifying and

quantifying energy and materials used as well as wastes released into the environment. The purpose of LCA as of this dissertation is to evaluate the containment of environmental impacts combined with the rational use of raw materials and energy.

To achieve the aim of this effort we used GaBi 6 program and specifically the method "International Reference Life Cycle Data System (ILCD) " which is introduced within the recommendations of the European framework for assessing the impact of the life cycle. Through a questionnaire the features of a typical residence house in Cyprus were determined. The main feature of such a house is that it is made of reinforced concrete and the size varies from 170 to 200 m². Then we identified six houses with these characteristics, we gathered information on the quantities of construction materials, the method of construction, their use and demolition, so that we can process the data in GaBi 6 and draw results. Through the ILCD method were determined thirteen indicators. The nine indicators had to do with the environment and the four indicators with society and human health. After we calculated the results of this specific model, then we replaced the production of electricity from the existing current network in all life cycle of the building with electricity from photovoltaic and recalculated the results.

According to the results of the first model it seems that the major role on the environmental impact on twelve of the thirteen indicators which have been calculated has the electricity produced by the existing mix current network. The biggest portion of electrical energy consumption is mainly in the use phase of a dwelling. All thirteen effects that were calculated are considered equally important. This dissertation ranked them in descending order with the sole criterion their numerical superiority. Then, replacing the electricity from the grid with electricity from solar panels, we observed a significant reduction of the impact of ten of the thirteen indicators. By reducing the increase of electrical energy from the current network, there is a simultaneous increase of the impact of housing materials such as reinforced concrete, steel, brick, cement, etc. as shown in the diagrams.

For the achievement of all other EU objectives which we mentioned above until 2050 we are obliged to start thinking now for green building with zero energy consumption. From 1 January 2021 all the buildings in Cyprus must be zero energy consumption. In this way we will lead more easily to the goal which is to create a rational and sustainable building development. Wooden and metal frame houses have been proved to have a lower

environmental footprint than the houses with reinforced concrete. Studies such as this dissertation try to stimulate interest and put into thoughts scholars initially and then the owners of new homes that are environmentally aware or intend to become. The benefits of building "green" housing, apart from environmental they are economical and social and that must become familiar to the people. Also by preferring pre-fabricated houses we not only save money but time as well.

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|--|----|
| Πίνακας 2.4.1 Εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ λόγο της διαδικασίας παραγωγής και μεταφοράς υλικών σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους (Γιαμά και Παπαδόπουλος 2015)..... | 21 |
| Πίνακας 2.4.2 με μηνιαία κλιματολογικά στατιστικά στοιχεία 1991-2005 (Μετεωρολογική Υπηρεσία)..... | 22 |
| Πίνακας 2.4.3 μετεωρολογικής υπηρεσίας για μέση σχετική υγρασία, μέση θερμοκρασία και μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία της επαρχίας Λάρνακας στις 8:00 το πρωί για το έτος 2014..... | 24 |
| Πίνακας 2.4.4 μετεωρολογικής υπηρεσίας για μέση σχετική υγρασία, μέση θερμοκρασία και μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία της επαρχίας Λάρνακας στις 13:00 το μεσημέρι για το έτος 2014..... | 24 |
| Πίνακας 3.3.1 Με αποτελέσματα της έρευνας για το μέγεθος μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21.. | 29 |
| Πίνακας 3.3.2 Με αποτελέσματα για τον αριθμό ορόφων μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21..... | 30 |
| Πίνακας 3.3.3 Με τα αποτελέσματα για το υλικό κατασκευής μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21..... | 31 |
| Πίνακας 3.3.4 Με τα αποτελέσματα για το υλικό επίστρωσης δαπέδου μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21..... | 32 |
| Πίνακας 3.3.5 Με τα αποτελέσματα για το υλικό επίστρωσης δαπέδου σκάλας μια τυπικής κατοικίας στο SPSS21..... | 33 |
| Πίνακας 3.3.6 Με τα αποτελέσματα για το είδος δώματος μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21..... | 34 |

| | |
|--|---------|
| Πίνακας 3.3.7 Με τα αποτελέσματα για το υλικό πλαισίου κουφωμάτων μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21..... | 35 |
| Πίνακας 3.3.8 Με τα αποτελέσματα για τη χρονική διάρκεια που περνά μέχρι να μπογιατιστεί ξανά μια τυπική κατοικία στο SPSS21..... | 36 |
| Πίνακας 3.3.9 Βασικά χαρακτηριστικά μιας τυπικής κατοικίας στην Κύπρο | 38 |
| Πίνακας 3.4.1.1 Δεδομένα για κατοικία 1..... | 41-43 |
| Πίνακας 3.4.1.2 Δεδομένα για κατοικία 2..... | 43-45 |
| Πίνακας 3.4.1.3 Δεδομένα για κατοικία 3..... | 45-47 |
| Πίνακας 3.4.1.4 Δεδομένα για κατοικία 4..... | 47-49 |
| Πίνακας 3.4.1.5 Δεδομένα για κατοικία 5..... | 49-51 |
| Πίνακας 3.4.1.6 Δεδομένα για κατοικία 6..... | 52-54 |
| Πίνακας 3.4.1.7 με τα ειδικά βάρη των υλικών (Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου σκυροδέματος, 2000; Σχεδιασμός Κατασκευών από ωπλισμένο σκυρόδεμα έναντι σεισμού). | 54 |
| Πίνακας 3.4.2.1 με ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικού του κτιρίου σε ποσοστό επί %. | 55-56 |
| Πίνακας 3.4.3.1 Συνοπτικός πίνακας δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των μέσων όρων οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο GaBi 6 σε Kg..... | 61 |
| Πίνακας 3.4.3.2 Μέσοι όροι των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα GaBi..... | 62 |
| Πίνακας 3.4.3.3 Μέσοι όροι των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα GaBi.. | 62 |
| Πίνακας 5.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων με την μέθοδο ILCD για τις δύο περιπτώσεις που περιγράφηκαν πιο πάνω, δηλαδή το μοντέλο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με το σημερινό δίκτυο και της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με φωτοβολταϊκά..... | 105-106 |

Κατάλογος εικόνων - σχημάτων

| | |
|---|----|
| Σχήμα 2.3.1. Πλαίσιο της AKZ (ISO 14040)..... | 12 |
| Σχήμα 2.3.2 Παράδειγμα ενός συστήματος προϊόντος για AKZ (ISO14040)..... | 12 |

| | |
|--|----|
| Σχήμα 2.4.1 Όρια συστήματος της AKZ ενός κτιρίου για τις εκπομπές CO ₂ (Zhang et al. 2014)..... | 16 |
| Εικόνα 2.4.1 Κατανομή ποσοστών ενέργειας που καταναλώνεται και εκπομπών ρύπων ανά κύκλο ζωής (Ξανθάκης και Σφακιανάκη 2010)..... | 20 |
| Εικόνα 2.4.2 Απαιτούμενη ενέργεια - εκπομπές αερίων ανά υλικό στη φάση κατασκευής τους (Ξανθάκης και Σφακιανάκη 2010)..... | 20 |
| Εικόνα 3.3.1 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το μέγεθος μιας τυπικής κατοικίας σε m ² | 29 |
| Εικόνα 3.3.2 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) τον αριθμό ορόφων μιας τυπικής κατοικίας..... | 30 |
| Εικόνα 3.3.3 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το υλικό κατασκευής μιας τυπικής κατοικίας..... | 31 |
| Εικόνα 3.3.4 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το υλικό επίστρωσης δαπέδου μιας τυπικής κατοικίας..... | 32 |
| Εικόνα 3.3.5 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το υλικό επίστρωσης δαπέδου της σκάλας μιας τυπικής κατοικίας..... | 33 |
| Εικόνα 3.3.6 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το είδος δώματος μιας τυπικής κατοικίας..... | 34 |
| Εικόνα 3.3.7 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το υλικό πλαισίου των κουφωμάτων μιας τυπικής κατοικίας..... | 35 |
| Εικόνα 3.3.8 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) τη χρονική διάρκεια που περνά μέχρι να μπογιατιστεί ξανά μια τυπική κατοικίας..... | 36 |
| Εικόνα 3.4.2.1 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 1. | 56 |
| Εικόνα 3.4.2.2 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 2. | 57 |
| Εικόνα 3.4.2.3 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 3. | 57 |
| Εικόνα 3.4.2.4 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 4. | 58 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 3.4.2.5 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 5. | 58 |
| Εικόνα 3.4.2.6 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 6.. | 59 |
| Εικόνα 4.1.1 Παρουσίαση λειτουργίας του προγράμματος GaBi..... | 63 |
| Εικόνα 4.1.2 Παρουσίαση ενός φυσικού συστήματος στο πρόγραμμα GaBi..... | 65 |
| Εικόνα 4.1.3 Τελικό μοντέλο στο πρόγραμμα GaBi με ροές..... | 67 |
| Εικόνα 4.1.4 Τελικό μοντέλο στο πρόγραμμα GaBi με ποσότητες υλικών..... | 68 |
| Εικόνα 4.1.5 Παρουσίαση της διεργασίας End Of Life στο πρόγραμμα GaBi..... | 69 |
| Εικόνα 4.1.6 Παρουσίαση της διεργασίας CY: Electricity Grid Mix (Production Mix) στο πρόγραμμα GaBi..... | 70 |
| Εικόνα 4.2.1 Αποτελέσματα για δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη - global warming potential (GWP) στο μοντέλο μας..... | 71 |
| Εικόνα 4.2.2 Αποτελέσματα για Δυναμικό καταστροφής όζοντος - ozone depleting potential (ODP) στο μοντέλο μας..... | 72 |
| Εικόνα 4.2.3 Αποτελέσματα για δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, cancer effects (CTUh) στο μοντέλο μας..... | 74 |
| Εικόνα 4.2.4 Αποτελέσματα για δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, μη καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, non cancer effects (CTUh) στο μοντέλο μας..... | 75 |
| Εικόνα 4.2.5 Αποτελέσματα για αιωρούμενα σωματίδια - Particulate matter στο μοντέλο μας..... | 76 |
| Εικόνα 4.2.6 Αποτελέσματα για Επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία- ionising radiation / human health στο μοντέλο μας..... | 77 |
| Εικόνα 4.2.7 Αποτελέσματα για δυναμικό αύξησης της οξύτητας - acidification potential (AP) στο μοντέλο μας..... | 79 |
| Εικόνα 4.2.8 Αποτελέσματα για δυναμικό ευτροφισμού χερσαίων οικοσυστημάτων - eutrophication potential (EP) στο μοντέλο μας..... | 80 |
| Εικόνα 4.2.9 Αποτελέσματα για Ευτροφισμό υδάτων/ νερού - eutrophication aquatic / freshwater (EP Water) στο μοντέλο μας..... | 81 |

| | |
|--|-----------|
| Εικόνα 4.2.10 Αποτελέσματα για δυναμικό τοξικότητας υδάτων/ νερού - ecotoxicity freshwater στο μοντέλο μας..... | 83 |
| Εικόνα 4.2.11 Αποτελέσματα για συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων - Resource depletion - water στο μοντέλο μας..... | 84 |
| Εικόνα 4.2.12 Αποτελέσματα για αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων - abiotic recourse depletion (ADP) στο μοντέλο μας..... | 86 |
| Εικόνα 4.2.13 Αποτελέσματα για δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος - photochemical oxygen creation potential (POCP) στο μοντέλο μας..... | 87 |
| Εικόνα 4.2.14 Εναλλακτικό μοντέλο με ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά..... | 89 |
| Εικόνα 4.2.15 Αποτελέσματα για δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη - global warming potential (GWP) στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 90 |
| Εικόνα 4.2.16 Αποτελέσματα για δυναμικό καταστροφής όζοντος - ozone depleting potential (ODP) στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 91 |
| Εικόνα 4.2.17 Αποτελέσματα στο δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, cancer effects (CTUh) στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 92 |
| Εικόνα 4.2.18 Αποτελέσματα για δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, μη καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, non cancer effects (CTUh) στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 93 |
| Εικόνα 4.2.19 Αποτελέσματα για αιωρούμενα σωματίδια - Particulate matter στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 94 |
| Εικόνα 4.2.20 Αποτελέσματα για επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία- ionising radiation / human health στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 95 |
| Εικόνα 4.2.21 Αποτελέσματα για δυναμικό αύξησης της οξύτητας - acidification potential (AP) στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 96 |
| Εικόνα 4.2.22 Αποτελέσματα για δυναμικό ευτροφισμού χερσαίων οικοσυστημάτων - eutrophication potential (EP) στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 97 |
| Εικόνα 4.2.23 Αποτελέσματα για ευτροφισμό υδάτων/ νερού - eutrophication aquatic / freshwater (EP Water) στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 98 |
| Εικόνα 4.2.24 Αποτελέσματα για δυναμικό τοξικότητας υδάτων/ νερού - terrestrial ecotoxicity freshwater στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 99 |
| Εικόνα 4.2.25 Αποτελέσματα για συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων - Resource depletion - water στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 100 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 4.2.26 Αποτελέσματα για αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων - abiotic recourse depletion (ADP) στο εναλλακτικό μοντέλο..... | 101 |
| Εικόνα 4.2.27 Αποτελέσματα για δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος - photochemical oxygen creation potential (POCP) στο εναλλακτικό μοντέλο.... | 102 |

Κεφάλαιο Πρώτο

1. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικά

Ο προσδιορισμός του περιβαλλοντικού αποτύπωματος κτιρίων είναι ένα πρόβλημα το οποίο απασχολεί την επιστημονική κοινότητα και κυρίως το κλάδο της μηχανικής και του περιβάλλοντος εδώ και δεκαετίες. Προσδιορίζοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ενός κτιρίου μπορούμε να προτείνουμε λύσεις για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα καθώς και πολλών άλλων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα αέρια του θερμοκηπίου θεωρούνται ως μια από τις κύριες αιτίες της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής με όλες τις γνωστές επιπτώσεις που έχουμε σήμερα όπως η θέρμανση του πλανήτη και οι έντονες μεταβολές στις κλιματολογικές συνθήκες. Τα αέρια αυτά λόγω των χαρακτηριστικών του μορίου τους απορροφούν και εκπέμπουν ακτινοβολία διατηρώντας την στην ατμόσφαιρα της γης (Τμήμα περιβάλλοντος Κύπρου). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται στο κύκλο ζωής μιας τυπικής κατοικίας από οπλισμένο σκυρόδεμα, εκτιμούνται και περιγράφονται με λεπτομέρεια στην συνέχεια.

Με τον όρο περιβαλλοντικό αποτύπωμα στην συγκεκριμένη διατριβή εννοούμε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από ολόκληρο το κύκλο ζωής ενός προϊόντος, στην περίπτωση μας τυπικών κατοικιών από οπλισμένο σκυρόδεμα και την εμπεριεχόμενη ενέργεια των υλικών κατασκευής του κτιρίου. Ως τυπική κατοικία στην Κύπρο θεωρούμε μια κατοικία τριών υπνοδωματίων με σαλόνι και κουζίνα. Το μέγεθος αυτής της κατοικίας κυμαίνεται από τα 170 έως 200 m². Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα λαμβάνει υπόψη τα έξι αέρια του θερμοκηπίου του πρωτοκόλλου του Κιότο, δηλαδή διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), υποξείδιο του αζώτου (N₂O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs) και εξαφθοριούχο θείο (SF₆) (Τσιτσιφλή, 2013). Το **ISO 14064** το οποίο έχει δημοσιευτεί σε τρία μέρη το 2006 αναφέρεται στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και περιγράφεται στη συνέχεια. Το **ISO 14067** δημοσιεύτηκε το 2013, αναφέρεται στο ανθρακικό αποτύπωμα υλικών και περιγράφει τις απαιτήσεις και τις κατευθυντήριες οδηγίες για την ποσοτικοποίηση του προβλήματος (SETAC Europe LCA Steering Committee).

Ο κατασκευαστικός τομέας ο οποίος έχει αναπτυχθεί ραγδαία την πρώτη δεκαετία του 21^{ου} αιώνα σε όλη την Ευρώπη και κυρίως στη Κύπρο, είτε έμμεσα είτε άμεσα εκλύει τεράστιες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με το Euroconstruct η κατασκευή κατοικιών στην Ευρώπη είχε μια καθοδική πορεία από το 2010 έως το 2013 λόγω της οικονομικής κρίσης ενώ αναμένεται να αυξηθεί κατά 3.2% έως το 2016. Στην Κύπρο σύμφωνα με τη στατιστική υπηρεσία Κύπρου ο αριθμός των νέων κατοικιών από το 2000 έως το 2008 αυξανόταν συνεχώς με ραγδαίους ρυθμούς. Συγκεκριμένα από 5,083 νέες κατοικίες που είχαν κατασκευαστεί το 2000, το 2008 είχαν κατασκευαστεί 18,195 νέες κατοικίες. Από το 2009 όπου είχαμε 16,644 νέες κατοικίες μέχρι και το 2012 είχαμε μείωση στις 6,565 λόγω της οικονομικής ύφεσης στο νησί όμως αναμένεται και πάλι ανάκαμψη μέσα στην επόμενη δεκαετία όχι όμως στα επίπεδα του 2000-2008.

Ο προσδιορισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος τυπικών κατοικιών μπορεί να γίνει μέσω της ανάλυσης κύκλου ζωής (AKZ) ενός κτιρίου. Η AKZ είναι μια διεθνώς αναγνωρισμένη τεχνική εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από την οποία προσδιορίζονται η ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη κατασκευή καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον από τις διάφορες διεργασίες κατά τη διάρκεια και το τέλος ζωής της κατασκευής. Ως εκ' τούτου ο ορισμός AKZ είναι πιο ακριβής από το Γερμανικό ορισμό Ökobilanz και τον Γαλλικό ορισμό Ecobilan (Klöppfer, 1999; Κωροναίος Χρ.). Η AKZ έχει τυποποιηθεί αρχικά με τα **πρότυπα ISO 14040-43** (1997-2000) και έχει τρία βασικά στοιχεία: αναλυτική απογραφή των δεδομένων, ανάλυση επιπτώσεων και ανάλυση βελτιώσεων. Το ISO 14040 ορίζει τις αρχές της AKZ και δίνει τις κατευθυντήριες οδηγίες για τις τέσσερις κύριες φάσεις της, δηλαδή τον προσδιορισμό του σκοπού και του πλαισίου της μελέτης, την αναλυτική απογραφή δεδομένων, την εκτίμηση των επιπτώσεων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Το ISO 14041 αναλύει τον τρόπο διεξαγωγής μιας αναλυτικής απογραφής κύκλου ζωής, το ISO 14042 περιγράφει τις αρχές και τη διαδικασία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής και το ISO 14043 χρησιμοποιείται για την εξέταση και την αποτίμηση των αποτελεσμάτων της AKZ. **Το 2006 είχαμε την αναθεώρηση από τεχνικής πλευράς των πιο πάνω προτύπων με το ISO 14040 "Περιβαλλοντική διαχείριση-Εκτίμηση κύκλου ζωής-Αρχές και πλαίσιο της μελέτης" και 14044 "Περιβαλλοντική διαχείριση-Εκτίμηση κύκλου ζωής-Απαιτήσεις και κατευθυντήριες οδηγίες"** (Klöppfer, 2014). Για την AKZ χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα διάφορα προγράμματα όπως το GEMIS το GaBi, το SimaPro και το CMLCA (Heijungs, Suh and Kleijn 2005; Baumann and Tilma, 2004). Στην συγκεκριμένη διατριβή θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα GaBi 6. Εκτός από τα αυτά τα προγράμματα

γενικής χρήσης AKZ που έχουν αναφερθεί, έχουν αναπτυχθεί και ειδικά προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στον κατασκευαστικό τομέα για συγκεκριμένες χώρες όπως αυτά του Athena Institute και IEA Anex 31. Το IEA Anex 31 εξετάζει πως η ενέργεια και τα εργαλεία AKZ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μείωση της ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κτιρίων (Energy Related Environmental Impact of Building; Bayer, Gamble, Gentry and Joshi, 2010).

Οι κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής παίζουν σημαντικό ρόλο στο κύκλο ζωής μιας κατοικίας, κυρίως κατά τη διάρκεια της χρήσης της. Επίσης ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή, κατά την σχεδίαση ενός έργου επιλέγονται τα κατάλληλα υλικά, το πάχος των υλικών και η ποσότητα γι' αυτό θεωρείται αναγκαίο να ληφθούν υπόψη στη συγκεκριμένη διατριβή. Στην Κύπρο το κλίμα είναι μεσογειακό με έντονες κλιματικές συνθήκες κυρίως το καλοκαίρι οι οποίες περιγράφονται πιο κάτω. Σύμφωνα με την μετεωρολογική υπηρεσία Κύπρου η μέση αισθητή θερμοκρασία τον μήνα Ιούλιο φτάνει έως και 35°C στην Λευκωσία.

1.2 Καταγραφή του προβλήματος

Για τον προσδιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος τυπικών κατοικιών μέσω της AKZ είναι αναγκαίο να μελετήσουμε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής όπως αναφέρονται στη συνέχεια. Μελετώντας το κάθε στάδιο χωριστά, δηλαδή υπολογίζοντας την απαιτούμενη ενέργεια για κάθε στάδιο και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και αθροίζοντας τα θα καταλήξουμε στο τελικό αποτέλεσμα το οποίο είναι ο προσδιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η περιβαλλοντική αξιολόγηση μιας τυπικής κατοικίας από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τα όρια του συστήματος στο κύκλο ζωής ενός κτιρίου είναι τα ακόλουθα (Bikas and Milonas, 2000):

1) Παραγωγή δομικών υλικών: λήψη πρώτων υλών από το φυσικό περιβάλλον, μεταφορά πρώτων υλών στη θέση επεξεργασίας, επεξεργασία πρώτων υλών-βιομηχανική παραγωγή δομικών υλικών, αποθήκευση και εμπορία δομικών υλικών.

2) **Κατασκευή κτιρίου:** μεταφορά υλικών από το χώρο αποθήκευσης τους στο εργοτάξιο και οικοδόμηση του κτιρίου.

3) **Χρήση κτιρίου:** συνολική κατανάλωση ενέργειας και συντήρηση.

4) **Κατεδάφιση κτιρίου:** Κατεδάφιση, μεταφορά υλικών, τελική απόθεση και επεξεργασία αποβλήτων-ανακύκλωση-επαναχρησιμοποίηση υλικών.

Οι κατοικίες θα είναι κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σύμφωνα με τον νέο ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό ο πολιτικός μηχανικός κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου λαμβάνει υπόψη τιμές σεισμικών επιταχύνσεων που έχουν πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, 2000). Θεωρητικά ένα κτίριο εάν δεν έχει υποστεί σοβαρές βλάβες πχ. από κάποια σοβαρή σεισμική καταπόνηση, η διάρκεια ζωής του ξεπερνά τα 100 χρόνια. Εμείς θα πάρουμε ως **διάρκεια ζωής κτιρίου 80 έτη.**

Η συγκεκριμένη διατριβή έχει ως βάση τον κατασκευαστικό τομέα της Κύπρου. Όλα τα δεδομένα θα παρθούν από εργοτάξια του νησιού. Παρόμοια αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν στα περισσότερα νησιά της μεσογείου τα οποία έχουν σχεδόν τις ίδιες κλιματικές συνθήκες με τη Κύπρο και κατοικίες με τα ίδια υλικά κατασκευής, δηλαδή από οπλισμένο σκυρόδεμα.

1.3 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Μέσα από μελέτες έχει διαφανεί ότι το μεγαλύτερο μέρος έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου οφείλεται κυρίως στη χρήση του κτιρίου αλλά και στη κατασκευή του. **Η οικοδομική δραστηριότητα απαιτεί περίπου το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης σε ανόργανα υλικά όπως άμμος, σκύρα και άσβεστος, το 25% της παγκόσμιας κατανάλωσης ξυλείας και το 16% της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού.** Τα κτίρια καταναλώνουν σχεδόν τη μισή ποσότητα πρωτογενούς ενέργειας για την κατασκευή, χρήση και κατεδάφιση τους σε εθνικό αλλά και ευρωπαϊκό επίπεδο ανάλογα φυσικά και με τη χώρα (Δημούδη, 2006).

Η Κύπρος με τον περί ρύθμισης της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων νόμο του 2006 και τους τροποποιητικούς 2009 και 2012 έχει ενσωματώσει την Ευρωπαϊκή οδηγία 2002/92/EK και 2010/31/EE (αναδιατύπωση) για τη ενεργειακή απόδοση κτιρίων που στοχεύει στην βελτίωση

της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων με την λήψη κατάλληλων μέτρων. Εξακολουθεί όμως να υπάρχει η γκριζα περιοχή της εμπεριεχόμενης ενέργειας των υλικών μιας οικίας όπως για παράδειγμα της εξωτερικής θερμομόνωσης κελύφους με διογκωμένη και εξηλασμένη πολυστερίνη που χρησιμοποιείται ευρέως στην Κύπρο ή τη χρήση θερμοδιακοπόμενων αλουμινίων, θερμομονωτικών τζαμιών, τούβλων κλπ. Η εφαρμογή της στρατηγικής «Ευρώπη 2020» για μια έξυπνη, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη αποσκοπεί στη δημιουργία κτιρίων με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση η οποία θα οδηγήσει στη παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων θερμομονωτικών υλικών για κάλυψη των απαιτούμενων αναγκών. Αυτό όπως επίσης και η χρήση διαφόρων άλλων υλικών τα οποία χρειάζονται τεράστια ποσά ενέργειας για να κατασκευαστούν όπως το σκυρόδεμα, ο χάλυβας και τα κεραμικά, καθώς και η ενέργεια που απαιτείτε για την ανέγερση και κατεδάφιση ενός κτιρίου και την μεταφορά των υλικών, πολύ πιθανόν να έρχονται σε αντίθεση με την μία από τις επτά εμβληματικές πρωτοβουλίες της πιο πάνω στρατηγικής η οποία έχει ως στόχο τη δημιουργία μιας Ευρώπης που να χρησιμοποιεί αποδοτικά τους πόρους της.

Η αειφόρος ανάπτυξη θεωρείται ο κυρίως στόχος για την μελλοντική παγκόσμια ανάπτυξη. Με το όρο αειφόρο εννοούμε την ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να υπονομεύει την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές του ανάγκες (World Commission on Environment and Development, 1987). Για να οδηγηθούμε σε μια στροφή της κοινωνίας προς την αειφόρο ανάπτυξη χρειάζονται αειφόρα κτίρια και αειφόρες πόλεις. Τα κτίρια αυτά δεν πρέπει να κατασκευάζονται με κύριο γνώμονα το οικονομικό όφελος και την ικανοποίηση των αναγκών των χρηστών τους αλλά πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με την κατασκευή, την χρήση και το τέλος ζωής τους. **Ο μηχανικός και ο αρχιτέκτονας κατά το σχεδιασμό ενός έργου πρέπει να λαμβάνει υπόψη από την αρχή εκτός από τα οικονομικά και τα περιβαλλοντικά κριτήρια σε ολόκληρο το κύκλο ζωής του κτιρίου** (Georgia Institute of Technology, 2010).

Βιώσιμα κτίρια (Sustainable Buildings) θεωρούνται κτίρια τα οποία (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας).

- Ελαχιστοποιούν την επιβάρυνση στο φυσικό και τεχνητό περιβάλλον και την υγεία
- Αξιοποιούν αποδοτικά την ενέργεια, το νερό και γενικά όλους τους πόρους

- Προστατεύουν την υγεία των χρηστών και παρέχουν βελτιωμένες συνθήκες διαβίωσης και παραγωγικότητας
- Περιορίζουν τη ρύπανση, τα απορρίμματα και την περιβαλλοντική υποβάθμιση
- Είναι αρχιτεκτονικά ελκυστικά
- Είναι εύκολα στη κατασκευή, τη χρήση, τη λειτουργία και τη συντήρηση
- Έχουν ελάχιστη επιβάρυνση στο περιβάλλον κατά τη κατασκευή, τη χρήση και την αποδόμηση
- Είναι εύρωστα ως προς την έκθεση στις δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες και αλλαγές
- Είναι ευέλικτα και ευπροσάρμοστα στις απαιτήσεις και ανάγκες των χρηστών
- Είναι οικονομικά αποδοτικά στους χρήστες, τους ιδιοκτήτες, του κατασκευαστές και την κοινωνία
- Έχουν υγιεινό, άνετο και ευχάριστο εσωτερικό περιβάλλον

Ο κατασκευαστικός τομέας απαιτεί 50% περισσότερη πρώτη ύλη από κάθε άλλο βιομηχανικό τομέα συνεπώς κατά την κατεδάφιση των κτιρίων θα έχουμε περισσότερες ροές αποβλήτων. Σύμφωνα με την Procura+ στην Ε.Ε χρησιμοποιούνται περισσότερο από 20000 υλικά για την κατασκευή κτιρίων πράγμα το οποίο σημαίνει και μεγαλύτερες απαιτήσεις διαχείρισης αποβλήτων. Πρέπει όλοι να συνειδητοποιήσουμε ότι οι πόλεις επιβάλλεται να γίνουν φυσικά και αειφόρα συστήματα, αφού αυτό είναι το κλειδί για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων, τη παροχή «καθαρής» ενέργειας και τη δημιουργία ενός υγιούς και εξυπνότερου περιβάλλοντος στο οποίο ζούμε και εργαζόμαστε.

1.4 Στόχοι και σκοποί

Η συγκεκριμένη διατριβή έχει σκοπό να υπολογίσει αναλυτικά μέσω της μεθόδου AKZ το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μιας τυπικής κατοικίας στην Κύπρο, με απώτερο στόχο τη εξεύρεση μεθόδων μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο ελάχιστο και τη δημιουργία "πράσινων" κατοικιών «φιλικών προς το περιβάλλον» και τους χρήστες τους. Αφού γίνει ο υπολογισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της κατοικίας, ακολούθως μπορούν να γίνουν διαφοροποιήσεις πάνω στο αρχικό μοντέλο όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, τα υλικά και τις διεργασίες, να γίνει σύγκριση μεταξύ αυτών των μοντέλων καθώς

και συσχετίσεις και συγκρίσεις με την διεθνή βιβλιογραφία ώστε να διαπιστωθεί το μέγεθος του προβλήματος στην Κύπρο.

Με την μεθοδολογία της AKZ στο κτιριακό τομέα επιτυγχάνεται η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των κατασκευαστών αλλά και των καταναλωτών. Αυτό λειτουργεί προς όφελος του περιβάλλοντος, των κατασκευαστών και των χρηστών για τους εξής λόγους. Εκτός από την προστασία του περιβάλλοντος μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως CO₂, μπορεί να επιτευχθεί και μείωση του κόστους της κατασκευής μέσω της χρήσης προκατασκευασμένων υλικών και κατοικιών καθώς και μη συμβατικών καυσίμων για την κατασκευή των δομικών υλικών, την ανέγερση του κτιρίου και τη χρήση του. Επίσης μείωση του κόστους μπορεί επιτευχθεί και μέσω της επιλογής των κατάλληλων υλικών και ακριβής ποσότητας υλικών από την αγορά καθώς και την καλύτερη οργάνωση του εργοταξίου κατά την κατασκευή του έργου με σκοπό την χρήση όσο το δυνατόν λιγότερης ηλεκτρικής ενέργειας και συμβατικών καυσίμων. Μελετώντας κατοικίες οι οποίες βρίσκονται υπό κατασκευή ή έχουν κατασκευαστεί στη Κύπρο και χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες θα μπορούσε η οικοδομική βιομηχανία να βάλει γερές βάσεις για μια σωστή και βιώσιμη ανάπτυξη δημιουργώντας βελτιωμένα προϊόντα τα οποία θα μπορούν να ανακυκλωθούν ή και να επαναχρησιμοποιηθούν στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Τα υλικά αυτά θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στις τάσεις τη σύγχρονης αρχιτεκτονικής. Τέλος θα προταθούν τρόποι για την παρουσίαση μιας τυποποιημένης κατοικίας η οποία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «φιλική προς το περιβάλλον» και να πιστοποιηθεί μέσω διαφόρων προτύπων περιβαλλοντικής πιστοποίησης κτιρίων όπως το BREEAM (UK) το οποίο δημιουργήθηκε το 1990 απευθύνεται σε διάφορα στάδια του κύκλου ζωής όπως κατασκευή νέου κτιρίου, ανακαίνιση και χρήση, χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και είναι διεθνώς αναγνωρισμένο, το LEED (USA) το οποίο είναι ειδικά διαμορφωμένο και χρησιμοποιείται κυρίως σε χώρες της Αμερικής και του Καναδά και το SEDA (Aus) το οποίο χρησιμοποιείται στην Αυστραλία (Ortiz, Castells and Sonnemann, 2009; BREEM UK; USGBC; SEDA AUS).

Τα ποσοστά των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την κατοικία αναμένεται να είναι αρκετά υψηλά λόγω της άγνοιας που επικρατεί στη Κύπρο όσο αφορά το θέμα της πράσινης ανάπτυξης, κυρίως στη οικοδομική βιομηχανία. Οι πρώτες προσπάθειες μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου ξεκίνησαν να γίνονται στη φάση της χρήσης του κτιρίου με την εφαρμογή της οδηγίας της Ε.Ε για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων το 2006, με τον περί ρύθμισης της

ενεργειακής απόδοσης κτιρίων νόμο και την ψήφιση των περί οδών και οικοδομών νόμο στη Κύπρο. Ο περί ρύθμισης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων νόμος από το 2010 τέθηκε σε ισχύ. Κατά τα άλλα δεν έχει γίνει καμιά προσπάθεια και δεν έχει θεσπιστεί καμία νομοθεσία μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και των επιπτώσεων στο περιβάλλον από τις υπόλοιπες φάσεις του κύκλου ζωής των κτιρίων.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Με την μέθοδο AKZ τυπικών κατοικιών θα προσδιοριστεί η σχέση κατοικίας-περιβάλλοντος ώστε στο μέλλον να επιτευχθεί ο βέλτιστος συνδυασμός για τις χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και επιπτώσεων στο περιβάλλον που θα έχει ως αποτέλεσμα την αιφόρο ανάπτυξη στην κατασκευαστική βιομηχανία της Κύπρου. Εξετάζεται κυρίως το περιβαλλοντικό κόστος κατά τον κύκλο ζωής των κατοικιών το οποίο μπορεί να συσχετιστεί άμεσα με το οικονομικό κόστος. Η επιλογή ακραίων καταστάσεων όπως η χρήση πράσινων υλικών σε συνδυασμό με την δημιουργία κατοικίας μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης καθώς και το αντίθετο, δηλαδή η κατασκευή συμβατικής κατοικίας χωρίς να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τις ελάχιστες απαιτήσεις της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων σύμφωνα με την Κυπριακή νομοθεσία μπορεί να αποβεί οικονομικά ασύμφορη είτε κατά τη κατασκευή είτε κατά τη χρήση μιας κατοικίας. Στην συγκεκριμένη διατριβή οι κατοικίες είναι κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα και σε όλες έχει ληφθεί υπόψη η νομοθεσία για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων η οποία ισχύει στην Κύπρο. Η χρήση της AKZ θα γίνει σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 14000 τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια.

Για τη χρήση ερωτηματολογίων μέσω των οποίων θα συλλέγουν τα πρωτογενή δεδομένα απαιτείται μεγάλη προσοχή και έλεγχος ώστε τα δεδομένα να είναι αξιόπιστα και σωστά. Το ερωτηματολόγιο πρέπει να διαμορφωθεί κατάλληλα και να συμπεριλάβει όλες τις απαραίτητες ερωτήσεις στα πλαίσια πάντα της ποιοτικής έρευνας.

2.2 Ιστορική αναδρομή

Όσον αφορά την μεθοδολογία AKZ εδώ και πολλές δεκαετίες, περίπου από το 1960, χρησιμοποιείται από ολόκληρη την επιστημονική κοινότητα στην Ευρώπη αλλά και σε

παγκόσμιο επίπεδο. Σε πολλά ακαδημαϊκά ιδρύματα η AKZ χρησιμοποιείται ως μέθοδος εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφόρων διεργασιών όπως αναφέραμε και πιο πάνω. Ενδεικτικά στην Ελλάδα το εργαστήριο κατασκευής συσκευών διεργασιών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με επικεφαλής το δόκτορα Άγι Μ. Παπαδόπουλο διεξάγει μελέτες σε συνεργασία με διάφορες εταιρείες όπως η Fibran Hellas κυρίως όσον αφορά τα υλικά του ενεργειακού τομέα όπως η ανάλυση κύκλου ζωής του πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης και η συγκριτική αξιολόγηση τους όσον αφορά τα περιβαλλοντικά τους οφέλη, καθώς και άλλα υλικά κατασκευής κατοικιών όπως σκυρόδεμα, χάλυβας, σκυροκονιάματα κλπ. Στην Ελλάδα έχει γίνει επίσης μια παρόμοιου τύπου μελέτη με τη συγκεκριμένη διατριβή η οποία αφορά την ανάλυση κύκλου ζωής σε μια κατοικία μέσω του προγράμματος GaBi από τους Ξανθάκη Γ. & Σφακιανάκη Ε. και έχουν εξαχθεί κάποια συμπεράσματα τα οποία θα αναφερθούν στην συνέχεια.

Μέσο της μεθόδου AKZ μπορεί να προσδιοριστεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μεμονωμένων υλικών καθώς και κτιρίων. Στο πανεπιστήμιο της Περούτζια στην Ιταλία, στο τμήμα μηχανικών παραγωγής γίνονται μελέτες σχετικές με οικοδομικά υλικά και υλικά θερμομόνωσης. Στα πανεπιστήμια Southeast University, Sunjiang University της λαϊκής δημοκρατίας της Κίνας και στην πολυτεχνική σχολή του Hong Kong γίνονται έρευνες για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος ολόκληρων των κατοικιών όπως και σε πολλές άλλες πολυτεχνικές σχολές της Αμερικής και του Καναδά.

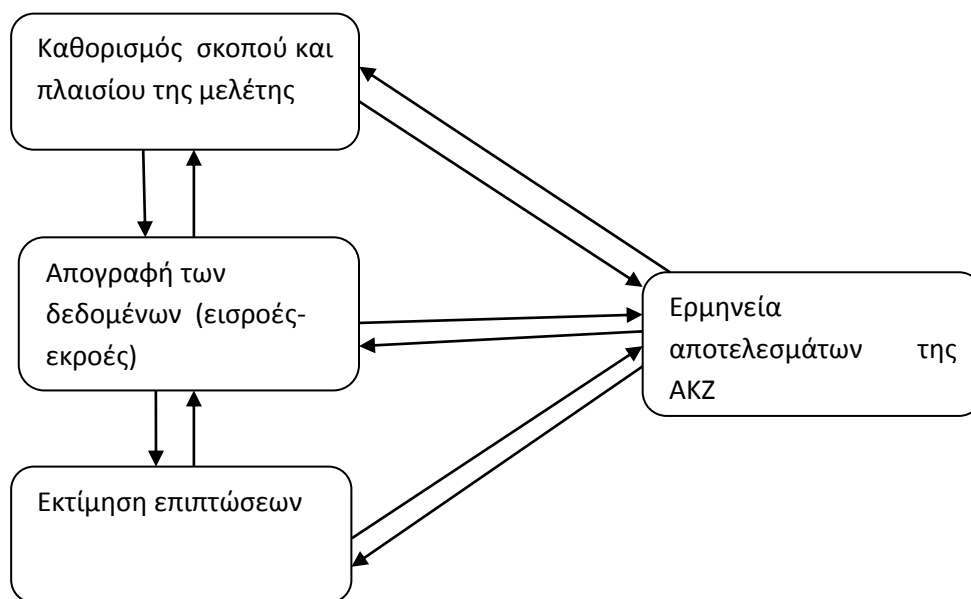
2.3 Θεωρητικό πλαίσιο

Σύμφωνα με το ISO 14040:2006 το μεθοδολογικό πλαίσιο της AKZ περιλαμβάνει τις γενικές απαιτήσεις-κατευθυντήριες οδηγίες, το σκοπό και το πλαίσιο της μελέτης. Οι γενικές απαιτήσεις της AKZ θα περιγραφούν πιο κάτω σύμφωνα με το ISO 14044:2006. Ο σκοπός της AKZ είναι να αναφέρει την μελέτη που προβλέπεται να γίνει και τους λόγους που διεξάγεται καθώς και το κοινό στο οποίο απευθύνεται και αν τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν για συγκρίσεις ή θα δημοσιευθούν στο κοινό. Το πλαίσιο της μελέτης περιλαμβάνει τα εξής: το σύστημα του προϊόντος που θα μελετηθεί, τις λειτουργίες του συστήματος προϊόντος ή στην περίπτωση σύγκρισης ποια συστήματα θα χρησιμοποιηθούν, τη λειτουργική μονάδα, τα όρια του συστήματος, τις διαδικασίες ροών, τις κατηγορίες των

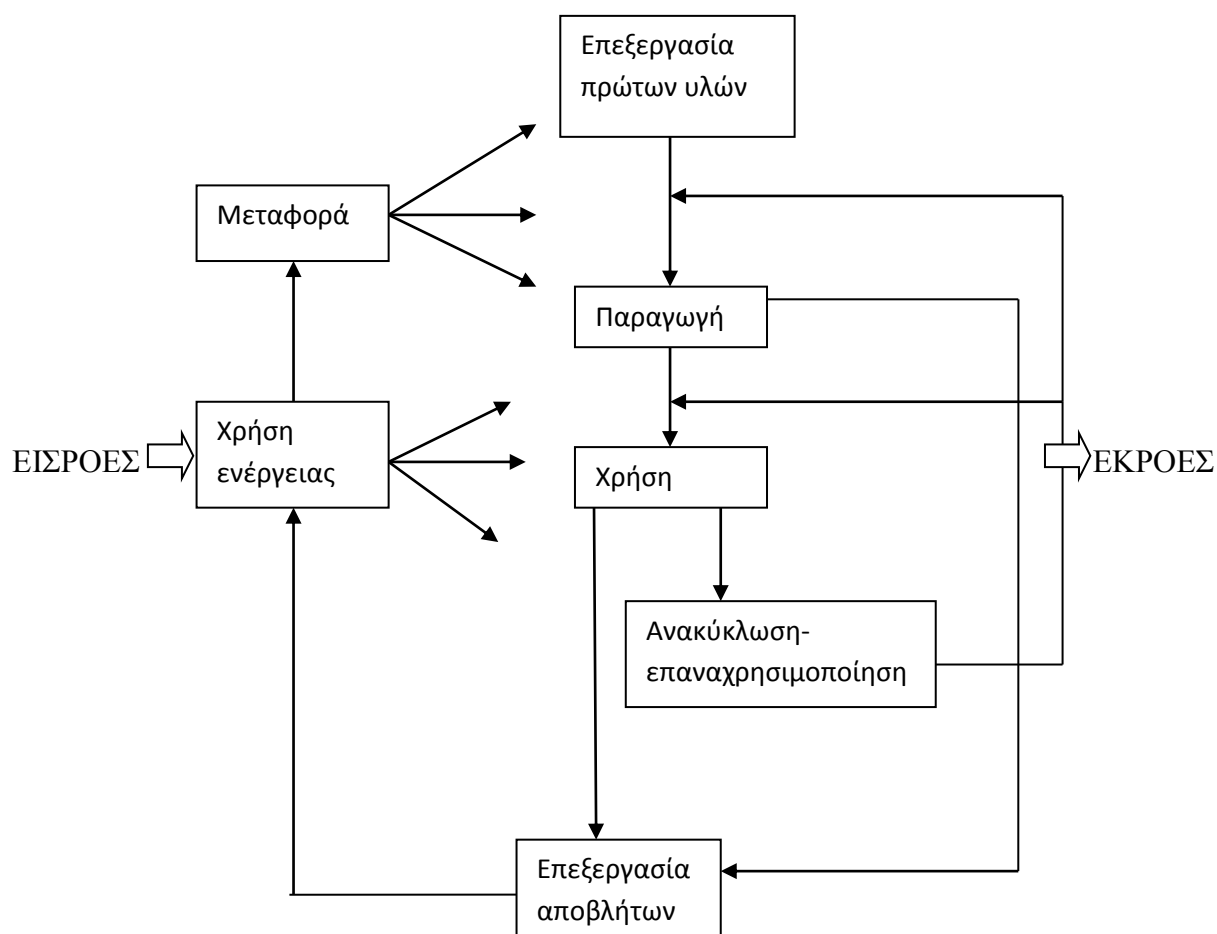
επιπτώσεων που επιλέγονται και τη μεθοδολογία αξιολόγησης των επιπτώσεων αυτών καθώς και ποια η μετέπειτα χρήση τους, τις απαιτήσεις των δεδομένων, τις υποθέσεις, τους περιορισμούς, τις αρχικές απαιτήσεις της ποιότητας των δεδομένων, το τύπο της κριτικής παρουσίασης και αξιολόγησης και το τύπο και τη μορφή της έκθεσης που απαιτείται για τη μελέτη.

Ο καθορισμός της λειτουργικής μονάδας η οποία ποσοτικοποιεί τις λειτουργίες του προϊόντος θεωρείται ένα από τα πιο βασικά στοιχεία της AKZ ώστε να έχουμε μια αναφορά ως προς τις εισροές και τις εκροές του συστήματος για να μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα και να γίνουν συγκρίσεις εφόσον και όταν χρειαστεί. Τα όρια του συστήματος επίσης πρέπει να τεθούν ώστε να διαφανεί ποιες διεργασίες θα ληφθούν υπόψη στην AKZ. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για το καθορισμό του ορίου του συστήματος είναι σημαντικά για το βαθμό εμπιστοσύνης των αποτελεσμάτων του μελετητή και την επίτευξη των στόχων της μελέτης. Κατά το καθορισμό του ορίου του συστήματος θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα στάδια του κύκλου ζωής τα οποία αναφέρθηκαν στην εισαγωγή. Επιπρόσθετα πρέπει να εκτιμηθεί η ποιότητα των δεδομένων και να συλλέγονται δεδομένα εντός των ορίων του συστήματος τα οποία θα χρησιμοποιηθούν (Κορωναίος, Μπούρα , Μουσιόπουλος και Μπαλλά, 2000; Finkbeiner et al., 2006).

Εδώ αξίζει να αναφερθούμε και σε δύο φάσεις της AKZ οι οποίες περιγράφονται στο ISO 14040. Στην καταγραφή του κύκλου ζωής LCI και την αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής LCIA. Μέσο του LCI συλλέγονται τα δεδομένα και γίνονται διαδικασίες υπολογισμού για τον ποσοτικό προσδιορισμό των εισροών και εκροών του συστήματος. Μέσο του LCIA αξιολογούνται οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κυρίως μέσο της χρήσης περιβαλλοντικών δεικτών χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του LCI και δίνονται πληροφορίες για τη τελευταία φάση της ανάλυσης κύκλου ζωής που είναι η ερμηνεία του κύκλου ζωής. Η ερμηνεία του κύκλου ζωής είναι η φάση όπου η καταγραφή του κύκλου ζωής και η εκτίμηση των επιπτώσεων εξετάζονται από κοινού και βοηθά στη σύνδεση της AKZ με άλλες τεχνικές περιβαλλοντικής διαχείρισης (Saur, 1997; Suh and Huppes, 2005).



Σχήμα 2.3.1. Πλαίσιο της ΑΚΖ (ISO 14040).



Σχήμα 2.3.2 Παράδειγμα ενός συστήματος προϊόντος για ΑΚΖ (ISO14040).

Στο σχήμα 2.3.2 ως εισροές λαμβάνονται υπόψη η ενέργεια και οι φυσικοί πόροι και ως εκροές λαμβάνονται υπόψη η ενέργεια, η απόρριψη υγρών αποβλήτων, η ρύπανση της ατμόσφαιρας και η απόρριψη στερεών αποβλήτων.

Το ISO 14044 περιγράφει τις γενικές απαιτήσεις και κατευθυντήριες οδηγίες όλων των φάσεων της AKZ ξεκινώντας από το σκοπό και το πλαίσιο της μελέτης, τη λειτουργική μονάδα, τα όρια του συστήματος και το LCIA τα οποία έχουν αναφερθεί πιο πάνω. Περιγράφει επίσης τις απαιτήσεις στα στάδια του LCI, κυρίως όσον αφορά την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση, τον υπολογισμό των δεδομένων και την ροή των εισροών και εκροών του συστήματος. Στη συνέχεια περιγράφει τις γενικές απαιτήσεις του τύπου και των πηγών δεδομένων, η επιλογή των οποίων εξαρτάται από το σκοπό και το πλαίσιο της μελέτης. Τις απαιτήσεις ποιότητας των δεδομένων όπως για παράδειγμα η ελάχιστη χρονική διάρκεια συλλογής δεδομένων, η περιοχή που θα συλλέγουν, η ακρίβεια, η πληρότητα τους, οι πηγές από όπου θα συλλέγουν και άλλα πολλά. Τέλος περιγράφει τη σύγκριση των συστημάτων και των φάσεων του κύκλου ζωής τα οποία πρέπει να καθοριστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να συγκρίνονται και την κριτική παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων-εκτίμησης βελτιώσεων (Jorgensen, Le Bocq, Nazarkina and Hauschild, 2007) .

Η σειρά ISO 14064:2006 αναφέρεται στα αέρια του θερμοκηπίου και χωρίζεται σε τρία μέρη ως εξής. Στο πρώτο μέρος περιγράφονται οι λεπτομερείς αρχές και απαιτήσεις για τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη, τη διαχείριση και την υποβολή εκθέσεων των οργανισμών και των εταιρειών σχετικά με τις απογραφές των αερίων του θερμοκηπίου τους. Περιλαμβάνει απαιτήσεις για τον καθορισμό των ορίων των αερίων του θερμοκηπίου, την ποσοτικοποίηση των εκπομπών μιας εταιρείας ή ενός οργανισμού και συγκεκριμένων ενεργειών ή δραστηριοτήτων των εταιρειών για βελτιστοποίηση της διαχείρισης των εκπομπών τους. Περιλαμβάνει επίσης απαιτήσεις και καθοδήγηση σχετικά με την απογραφή ποιοτικής διαχείρισης, υποβολής εκθέσεων, εσωτερικού έλεγχου και τις υπευθυνότητες του οργανισμού για τις δραστηριότητες επαλήθευσης των αποτελεσμάτων των εκθέσεων. Το δεύτερο μέρος εστιάζει σε έργα μείωσης αερίων του θερμοκηπίου ή σε δραστηριότητες που βασίζονται σε έργα ειδικά σχεδιασμένα έτσι ώστε να μειώνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ή να αυξάνουν τους τρόπους απομάκρυνσης από την ατμόσφαιρα των αερίων αυτών. Το τρίτο μέρος περιλαμβάνει λεπτομερείς αρχές και απαιτήσεις για τον έλεγχο των απογραφών των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την επικύρωση ή τον έλεγχο των έργων

απομάκρυνσης ή και μείωσης αερίων του θερμοκηπίου. Το ISO 14065:2007 επανεκδόθηκε το 2013 και συμπληρώνει το ISO14064. Καθορίζει τις αρχές και τις απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι οργανισμοί που αναλαμβάνουν τον έλεγχο και την επαλήθευση των εκθέσεων αερίων του θερμοκηπίου μέσω του ISO 14064. Το ISO 14064 μπορεί να συνδεθεί και να εφαρμοστεί με την μεθοδολογία IPCC 2006 για την ισορροπία του άνθρακα η οποία εκδόθηκε στη Σιένα (Bastianoni et al., 2014).

Το ISO 14067:2013 αναφέρεται στα αέρια του θερμοκηπίου – ανθρακικό αποτύπωμα προϊόντων – απαιτήσεις και κατευθυντήριες οδηγίες ως προς την ποσοτικοποίηση και πληροφορία. Ως προς την ποσοτικοποίηση και την υποβολή εκθέσεων βασίζεται στα ISO 14040 και 14044 για την AKZ τα οποία αναφέρθηκαν πιο πάνω και ως προς την πληροφορία βασίζεται στα ISO 14020, 14024 και 14025 τα οποία αναφέρονται στις περιβαλλοντικές πιστοποιήσεις μέσω σήμανσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο για εξαγωγή των αποτελεσμάτων και διασαφηνίζει τη μέθοδο αξιολόγησης δίνοντας ορισμένες απαιτήσεις για την επιλογή των ορίων του συστήματος, την προσομοίωση της χρήσης και την φάση του τέλους του κύκλου ζωής. Το συγκεκριμένο ISO καλύπτει μόνο μια κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την κλιματική αλλαγή. Ο σκοπός της μελέτης του ανθρακικού αποτυπώματος ενός υλικού είναι να προσδιορίσει την πιθανή συμβολή του υλικού στην θέρμανση του πλανήτη μέσω των εκπομπών. Το ανθρακικό αποτύπωμα μετριέται σε τόνους ισοδύναμου του διοξειδίου του άνθρακα. Το ισοδύναμο CO₂ μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας τις εκπομπές του κάθε ενός από τα έξι αέρια του θερμοκηπίου με το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential) GWP εντός περιόδου 100 ετών ώστε να προκύψει μια συγκρίσιμη μονάδα μέτρησης μεταξύ τους. Το ISO 14069 περιγράφει τις αρχές, τις έννοιες και τις μεθόδους που σχετίζονται με την ποσοτικοποίηση και την υποβολή εκθέσεων για τις άμεσες και έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από μία εταιρεία ή οργανισμό σύμφωνα με το ISO 14067 (Svanes and Aronsson, 2013).

2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Τα κτίρια αντιπροσωπεύουν το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ε.Ε και το 36% περίπου των συνολικών εκπομπών CO₂. Ακόμα και με τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν εφαρμοστεί σε όλες σχεδόν τις χώρες της Ε.Ε, η χρήση ενέργειας κυρίως στις μεγαλουπόλεις συνεχίζει να αυξάνεται. Η οικοδομική βιομηχανία και το δομημένο περιβάλλον απορροφούν τεράστιες ποσότητες ενέργειας και υλικών σε ολόκληρο το κόσμο. Από το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας που προαναφέραμε, το 30% καταναλώνεται από κτίρια τα οποία χρησιμοποιούνται ως κατοικίες. Το 57% της ενέργειας που καταναλώνει μια κατοικία χρησιμοποιείται για θέρμανση και ψύξη του χώρου, το 25% για ζεστό νερό, το 11% για φωτισμό και ηλεκτρικές συσκευές και το 7% για μαγείρεμα (Airaksinen and Matilainen, 2011).

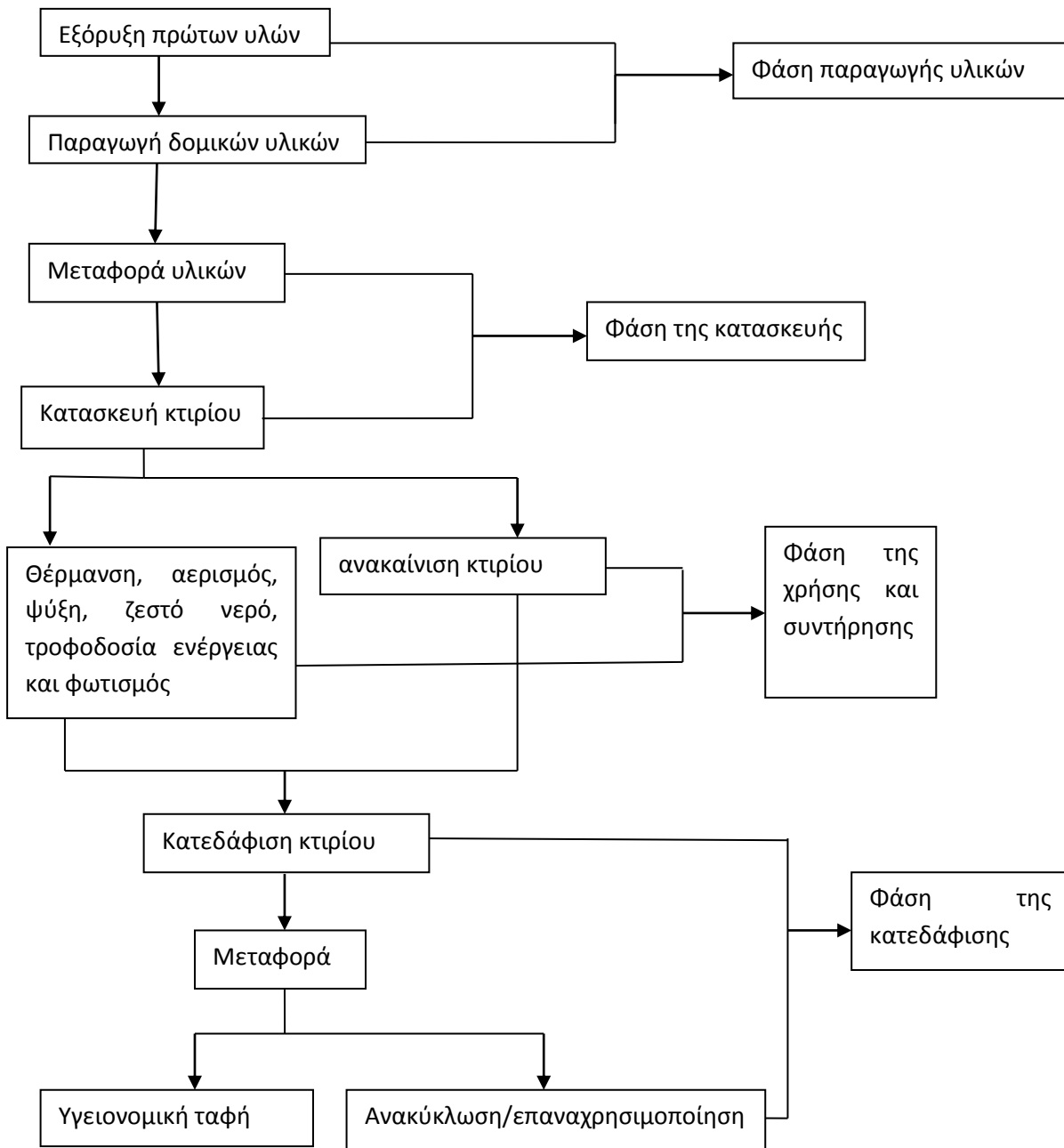
Και ενώ προσχωρούμε στα κτίρια με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση χρησιμοποιώντας υλικά με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, συνεχίζουμε να χρησιμοποιούμε υλικά με τεράστια ποσά ενσωματωμένης ενέργειας, όπως το σκυρόδεμα, τα τούβλα, ο χάλυβας ή η πολυστερίνη κλπ. Μέσα από μελέτη και αντικατάσταση των συμβατικών υλικών με άλλα υλικά πιο φιλικά στο περιβάλλον μπορεί να επιτευχθεί μέχρι και 20% εξοικονόμηση ενέργειας σε ολόκληρο το κύκλο ζωής ενός κτιρίου σε διάρκεια 50 ετών (Huberman, Pearlmutter and Freidina, 2007).

Σύμφωνα με το Thormark από μελέτη που έγινε το 2001 σε μια κατοικία, αποδείχθηκε ότι εάν σε μια κατοικία έχουμε ένα ποσοστό ενσωματωμένης ενέργειας υλικών της τάξης του 40% και διάρκειας ζωής 50 έτη, περίπου το 37-42% της συνολικής ενσωματωμένης ενέργειας του κτιρίου μπορεί να καλυφθεί μέσω της ανακύκλωσης των υλικών του (εάν τα υλικά είναι ανακυκλώσιμα). Επίσης το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής ενσωματωμένης ενέργειας του κτιρίου, περίπου το 90% μπορεί να καλυφθεί μέσω της ανακύκλωσης και της καύσης των υλικών μετά το τέλος του κύκλου ζωής της κατοικίας.

Η βιομηχανία τσιμέντου είναι αυτή με τις μεγαλύτερες εκπομπές CO₂ και εργάζεται σκληρά τα τελευταία 15 χρόνια για την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του σκυροδέματος με τη χρήση διαφόρων μεθόδων όπως για παράδειγμα την ανακύκλωση και τη χρήση του ως θραυστά υλικά για την κατασκευή "πράσινου" σκυροδέματος. Παρόλα αυτά το

σκυρόδεμα συνεχίζει να εκπέμπει τεράστιες ποσότητες CO₂ κατά στη κατασκευή του (Nielsen, 2008).

Η ανάλυση κύκλου ζωής μιας τυπικής κατοικίας περιγράφεται από το πιο κάτω σχεδιάγραμμα:



Σχήμα 2.4.1 Όρια συστήματος της ΑΚΖ ενός κτιρίου για τις εκπομπές CO₂ (Zhang et al. 2014).

Σε μια κατοικημένη περιοχή του Ελσίνκι της Φιλανδίας έχουν γίνει μελέτες για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα κτιρίων που χρησιμοποιούνται ως οικίες, κτιρίων για διάφορες άλλες υπηρεσίες και διαφόρων άλλων υποδομών μέσω της μεθόδου AKZ. Η μελέτη αυτή συμπεριέλαβε το στάδιο της κατασκευής και της χρήσης για 25 έτη. Η κατανομή των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στη φάση της κατασκευής έχει ως εξής: 68% για κτίρια που χρησιμοποιούνται ως οικίες, 26% για κτίρια που εξυπηρετούν διάφορες υπηρεσίες και 6% για διάφορες άλλες υποδομές. Η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ήταν το σκυρόδεμα με ποσοστό περίπου 12%. Ακολουθώς η τοιχοποιία και η ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή της κατοικίας με 8%, ο χάλυβας με 7% και διαφορές άλλες υποκατηγορίες οι οποίες συνυπολογίστηκαν όλες μαζί λόγω της δυσκολίας να διαχωριστούν όπως υπερβολάβι, έπιπλα, αλουμίνια, ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κλπ. Κατά τη χρήση μετρήθηκαν οι εκπομπές από την θέρμανση και τον ηλεκτρισμό καθώς και τη συντήρηση και λειτουργία του κτιρίου (Heinonen, Saynajoki and Jynnila, 2011).

Αντίστοιχα σε μελέτη που έγινε στην Ελλάδα για μια τριώροφη πολυκατοικία όσον αφορά τις εκπομπές CO₂ του φέρον οργανισμού (Φ/Ο) του κτιρίου έχει παρατηρηθεί ότι για την κατασκευή του σκυροδέματος απαιτήθηκε ενέργεια 2.965,68 MJ/m³, για τη κατασκευή χάλυβα 3.720 MJ/m³, για την μεταφορά των υλικών 134,2 MJ/m³ και για την υπόλοιπη κατασκευή 9 MJ/m³. Αποτέλεσμα αυτού ήταν ότι το 4,76% του βάρους του Φ/Ο το οποίο προέρχεται από το χάλυβα οπλισμού να συμμετέχει στο 52,12% της συνολικής εμπεριεχόμενης ενέργειας του με ποσοστό εκπομπών CO₂ 49,67% (Milonas, 2000). Η θεμελίωση από οπλισμένο σκυρόδεμα ευθύνεται για το 21% της συνολικής εμπεριεχόμενης ενέργειας του Φ/Ο ενώ οι μεταφορές ευθύνονται για το 1,41% της συνολικής εμπεριεχόμενης ενέργειας του Φ/Ο με εκπομπές CO₂ 0,0646%.

Όσον αφορά την έκκληση αερίων του θερμοκηπίου από την κατασκευή σκυροδέματος, ενδεικτικά η παρασκευή ενός τόνου κλίνκερ τσιμέντου Portland το οποίο αποτελεί ένα από τα βασικά υλικά για την κατασκευή μιας κατοικίας απελευθερώνει σχεδόν ένα τόνο διοξειδίου του άνθρακα. Η παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου σήμερα είναι σχεδόν 1,5 δις τόνοι και ευθύνεται περίπου για το 7% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως. Παρακάτω θα αναφερθούμε περαιτέρω στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πολλών υλικών τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή κατοικιών στην Ευρώπη και ειδικά στην Κύπρο (europa.eu, 2013).

Σύμφωνα με έρευνες σε κατασκευές οι εκπομπές CO₂ για την κατασκευή 1m² των ακόλουθων δομικών υλικών έχουν ως εξής: Τσιμέντο 30.3%, Κεραμικά 20.3%, Χάλυβας 18.7 %, Άσβεστος 7.9%, Κονιάματα 6.9%, Άλλα 5%, Χαλίκι 2.9%, Αλουμίνια 2.3%, Κατασκευή σκυροδέματος 2%, Πρόσθετα υλικά 1.5%, Ξύλο 1.1%, Πλαστικό 1% (Bribian, Capilla and Uson, 2011).

Ο προσδιορισμός εκπομπών CO₂ σύμφωνα με τον Li et al. 2013 υπολογίζεται με την εξίσωση $CRB = CRB,M + CRB,C + CRB,O + CRB,W$ όπου CRB,M είναι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά την κατασκευή των υλικών, το CRB,C είναι οι εκπομπές κατά την κατασκευή του κτιρίου, το CRB,O είναι οι εκπομπές κατά τη λειτουργία του κτιρίου και CRB,W είναι οι εκπομπές της τελικής διάθεσης των αποβλήτων της κατοικίας.

Οι εκπομπές CO₂ κατά την κατασκευή των υλικών μπορούν να υπολογιστούν με τον τύπο

$$CRB,M = \sum_{i=1}^n (q_i \times G_i) = \sum_{i=1}^n (8.94 \times 10^{-5} \times q_i \times e_i)$$

όπου το i είναι ο τύπος του υλικού και n είναι ο συνολικός αριθμός των διαφόρων τύπων υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, q_i είναι η ποσότητα ενός υλικού (σε t ή m³ ή σε κομμάτια), G_i είναι η πυκνότητα CO₂ ενός υλικού (σε t/t ή t/m³ ή t/κομμάτι) και το e_i είναι η πυκνότητα εμπεριεχόμενης ενέργειας ενός υλικού. Με την σταθερά 8.94×10^{-5} εννοούμε ότι 1 MJ ενέργειας εκπέμπει 8.94×10^{-5} t CO₂.

Οι εκπομπές CO₂ κατά την κατασκευή μιας κατοικίας υπολογίζονται ως εξής. $CRB,C =$

$$\sum_{i=1}^n (q_i \times d_i \times G_{ii}) + \sum_{j=1}^m (8.94 \times 10^{-5} \times p_j \times f_j)$$

όπου το q_i είναι το ίδιο με ποιο πάνω, το d_i είναι η απόσταση από το εργοστάσιο κατασκευής ενός υλικού μέχρι και το εργοτάξιο σε Km, το G_{ii} είναι οι εκπομπές CO₂ ενός υλικού ανά μονάδα μεταφοράς (σε t/t Km), το p_j είναι η ποσότητα ενός τύπου j κατασκευαστικής δραστηριότητας (σε t ή m³ ή m²), f_j είναι η πυκνότητα εμπεριεχόμενης ενέργειας του τύπου j κατασκευαστικής δραστηριότητας και το m είναι το σύνολο των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων.

Οι εκπομπές CO₂ κατά τη λειτουργία μιας κατασκευής υπολογίζονται από τον τύπο $CRB,O = (0.54 \times 10^{-3} \times Q_{elec} + 8.94 \times 10^{-5} \times Q_{gas}) \times Y$ όπου το 0.54×10^{-3} είναι η πυκνότητα CO₂ ηλεκτρικής ενέργειας (σε t/kWh), Q_{elec} είναι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας κατοικίας κατά τη λειτουργία της (σε kWh), Q_{gas} είναι η ετήσια κατανάλωση φυσικού

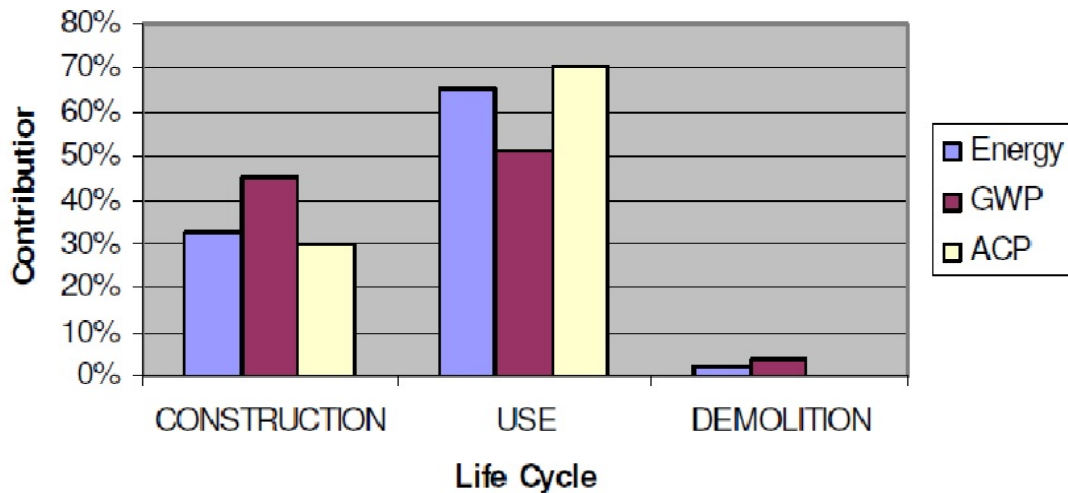
αερίου στο στάδιο της λειτουργίας ενός κτιρίου (σε MJ), Y είναι η διάρκεια ζωής μιας κατοικίας και 8.94×10^{-5} ορίζεται όπως και προηγουμένως.

Οι εκπομπές CO₂ στο στάδιο της κατεδάφισης και της τελικής απόθεσης υπολογίζεται ως εξής $CR_{B,D} = \sum_{k=1}^t (8.94 \times 10^{-5} \times g_k \times h_k)$ όπου g_k είναι η ποσότητα της δραστηριότητας κατεδάφισης τύπου k (σε t ή m³ ή m²) και h_k είναι η πυκνότητα εμπεριεχόμενης ενέργειας της δραστηριότητας κατεδάφισης k (σε MJ/t ή MJ/m³ ή MJ/m²), t είναι ο συνολικός αριθμός δραστηριοτήτων κατεδάφισης και 8.94×10^{-5} ορίζεται όπως και πριν. Η κατανάλωση ενέργεια για την κατεδάφιση ενός κτιρίου υπολογίζεται ότι είναι 90% περισσότερη από την ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή μια κατοικίας.

Για το προσδιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των υλικών από τα οποία δομείται μια συνήθης οικία και το οποίο θα μας οδηγήσει στον υπολογισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος ολόκληρης της οικίας είναι απαραίτητο να έχουμε πληροφορίες για τις ποσότητες αερίων που εκλύονται στην ατμόσφαιρα σε όλα τα στάδια της AKZ που περιγράφηκαν πιο πάνω. Η έκλυση αερίων του θερμοκηπίου οφείλεται κυρίως στην ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή των υλικών από τους φυσικούς πόρους καθώς και τον τρόπο που αντλούνται οι φυσικοί πόροι, την ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή και τη χρήση του κτιρίου καθώς και την ενέργεια κατεδάφισης της κατοικίας και επεξεργασίας των αποβλήτων της μετά τον κύκλο ζωής της.

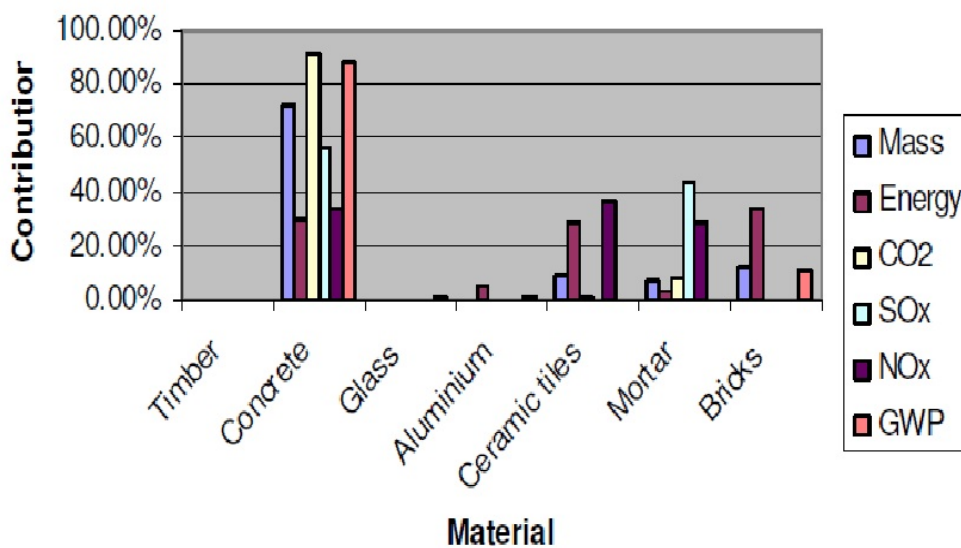
Μελέτη μέσω της μεθόδου AKZ η οποία έγινε στην Ελλάδα από τους Ξανθάκη και Σφακιανάκη έδειξε ότι η φάση της χρήσεως είναι αυτή με τις περισσότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ακολουθεί η φάση της κατασκευής ενώ η φάση της κατεδάφισης έχει το μικρότερο ποσοστό. Τα υλικά με τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη φάση της κατασκευής είναι το σπλισμένο σκυρόδεμα και τα τούβλα τα οποία αποτελούν τα υλικά με το μεγαλύτερο ποσοστό στο σύνολο της μάζας. Τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνονται στις εικόνες 2.4.1 και 2.4.2.

Life Cycle Impacts



Εικόνα 2.4.1 Κατανομή ποσοστών ενέργειας που καταναλώνετε και εκπομπών ρύπων ανά κύκλο ζωής (Ξανθάκης και Σφακιανάκη, 2010).

Impact Assessment Contribution



Εικόνα 2.4.2 Απαιτούμενη ενέργεια - εκπομπές αερίων ανά υλικό στη φάση κατασκευής τους (Ξανθάκης και Σφακιανάκη, 2010).

Επίσης σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα με σκοπό την περιβαλλοντική αξιολόγηση υλικών ενός κτιρίου η οποία έγινε στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης από τους Γιαμά και Παπαδόπουλο 2015, μέσω της μεθόδου του ανθρακικού αποτυπώματος με χρήση του προγράμματος GEMIS και ανάλυσης κύκλου ζωής και με δεδομένα τα οποία πάρθηκαν με απευθείας μετρήσεις, έχει αποδεχτεί ότι για την παραγωγή τούβλων, τσιμέντου, έτοιμου σκυροδέματος και χάλυβα ως κυριότερες αιτίες εκπομπών CO₂ θεωρούνται η διαδικασία

παραγωγής και η διαδικασία μεταφοράς των υλικών. Επιπλέον οι διαδικασίες της παραγωγής και μεταφοράς υπερτερούν σε εκπομπές αερίων όλων των υπολοίπων διαδικασιών όπως η εξόρυξη των πρώτων υλών και η συσκευασία του τελικού προϊόντος. Στο πίνακα 2.4.1 περιγράφονται αναλυτικά τα αποτελέσματα σε εκπομπές ισοδύναμου CO₂ λόγο της διαδικασίας παραγωγής και της μεταφοράς σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του υλικού.

Πίνακας 2.4.1 Εκπομπές ισοδύναμου CO₂ λόγο της διαδικασίας παραγωγής και μεταφοράς υλικών σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους (Γιαμά και Παπαδόπουλος, 2015).

| Υλικό | Εκπομπές ισοδύναμου CO₂ λόγο παραγωγής σε tn | Εκπομπές ισοδύναμου CO₂ λόγο μεταφοράς σε tn |
|--|--|--|
| Τούβλα (0.96 Kg λάσπη & 0.08 Kg νερό) | 0,13077 | 0,00545 |
| Τσιμέντο 1 Kg | 0,001722 | 0,0000124 |
| Έτοιμο σκυρόδεμα 1 m³ | 0,08 | 0,000666 |
| Χάλυβας 1 Kg | 0,000541 | 0,000081 |
| Πυλός επίχρισμα σοβά (τσιμεντοκονία) | 0,0000784 | 0,000016 |

Προηγούμενη μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε στο Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, στην οποία έγινε περιβαλλοντική αξιολόγηση της παρασκευής σκυροδέματος στην Ελλάδα με τα σημερινά δεδομένα, δηλαδή με κανονικά αδρανή υλικά και της παρασκευής σκυροδέματος από ανακυκλώσιμα αδρανή υλικά κατεδαφίσεων μέσω του προγράμματος GaBi 6 με την μέθοδο ILCD και TRACI κατέδειξε ότι στο δεύτερο σενάριο έχει χαμηλότερες επιπτώσεις στις περισσότερες κατηγορίες των δεικτών (Σέντζας, 2015).

Τέλος όσον αφορά τις κλιματολογικές συνθήκες της επαρχίας Λάρνακας σύμφωνα με το τμήμα μετεωρολογίας Κύπρου και τις μετρήσεις του σταθμού με αριθμό 731-4044 του αεροδρομίου Λάρνακας έχουμε τα μηνιαία στατιστικά κλιματολογικά στοιχεία του 1991-2005 τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα 2.4.2. Τα κλιματολογικά δεδομένα μιας περιοχής είναι αυτά τα οποία θα καθορίσουν την ποσότητα και την ποιότητα των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε μια κατοικία, το είδος της θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί και το τρόπο κατασκευή μιας κατοικίας. Σύμφωνα με τον περί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων νόμο, η Κύπρος εάν και είναι πολύ μικρή σε έκταση χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Τα παράλια, τα πεδινά, τα ημιορεινά και τα ορεινά. Η περιοχή της Λάρνακας από όπου πάρθηκαν οι συγκεκριμένες κατοικίες για την διατριβή αυτή κατατάσσεται στην πρώτη κλιματική ζώνη, δηλαδή τα παράλια.

Πίνακας 2.4.2 με μηνιαία κλιματολογικά στατιστικά στοιχεία 1991-2005 (Μετεωρολογική Υπηρεσία).

| ΜΗΝΗΑΙΑ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| 1991-2005 | | | | | | | | | | | | | |
| Αριθμός Σταθμού: 731-4044 | | | | | | | Γεωγραφικό Πλάτος: 34°, 53° | | | | | | |
| Όνομα Σταθμού: Λάρνακα (Αεροδρόμιο) | | | | | | | Γεωγραφικό Μήκος: 33°, 38° | | | | | | |
| | | | | | | | Υψόμετρο: 1 m | | | | | | |
| | ΓΕΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΗΣ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠΤ | ΟΚΤ | ΝΟΒ | ΔΕΚ | ΧΡΟΝ. |
| Μέση ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία (C°) | 16.8 | 16.8 | 19.1 | 22.5 | 26.5 | 30.0 | 32.4 | 32.7 | 30.9 | 28.1 | 22.6 | 18.3 | 24.7 |
| Μέση ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία (C°) | 7.5 | 6.9 | 8.7 | 11.7 | 16.0 | 19.8 | 22.2 | 22.6 | 19.9 | 17.1 | 12.5 | 9.2 | 14.5 |
| Μέση ημερήσια θερμοκρασία (C°) | 12.1 | 11.8 | 13.9 | 17.1 | 21.2 | 25.0 | 27.3 | 27.6 | 25.4 | 22.6 | 17.5 | 13.7 | 19.6 |
| Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία (C°) | 19.6 | 20.3 | 24.0 | 26.9 | 33.8 | 35.4 | 36.6 | 36.4 | 35.4 | 32.4 | 27.3 | 21.3 | 29.3 |
| Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία (C°) | 2.7 | 1.8 | 4.4 | 6.8 | 11.3 | 16.0 | 19.3 | 19.7 | 16.4 | 12.7 | 7.1 | 5.0 | 10.3 |
| Πιο ψηλή μέγιστη θερμοκρασία (C°) | 21.0 | 22.4 | 30.3 | 32.2 | 38.3 | 38.9 | 41.1 | 40.9 | 39.7 | 34.8 | 29.7 | 24.9 | |
| Πιο χαμηλή ελάχιστη θερμοκρασία (C°) | 0.4 | -1.3 | 2.4 | 2.0 | 8.9 | 12.5 | 16.9 | 17.5 | 12.4 | 10.4 | 2.6 | 0.6 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Μέσος αριθμός ημερών με παγετό αέρα | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 |
| Μέση ημερήσια θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους (C°) | 4.9 | 4.2 | 5.9 | 8.8 | 13.2 | 16.8 | 19.5 | 19.8 | 16.6 | 13.8 | 9.7 | 6.6 | 11.7 |
| Πιο χαμηλή θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους (C°) | -3.8 | -4.4 | -1.3 | -0.2 | 6.3 | 8.9 | 12.8 | 13.9 | 7.4 | 5.8 | -1.8 | -2.2 | |
| Μέσος αριθμός ημερών με παγετό εδάφους | 2.4 | 3.0 | 0.6 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 6.8 |
| Μέση ημερήσια διάρκεια ηλιοφάνειας (Ωρες & Δεκ.) | 6.3 | 7.2 | 7.7 | 8.9 | 10.7 | 12.6 | 12.5 | 11.8 | 10.4 | 8.9 | 7.2 | 5.8 | 9.2 |
| Μέση σχετική υγρασία 8:00 T.E.X (%) | 78 | 76 | 71 | 63 | 60 | 62 | 65 | 66 | 59 | 60 | 70 | 79 | 68 |
| Μέση σχετική υγρασία 13:00 T.E.X (%) | 56 | 53 | 52 | 53 | 52 | 52 | 54 | 54 | 50 | 49 | 51 | 58 | 53 |
| Μέση ημερήσια εξάτμιση (mm) | 2.6 | 3.3 | 4.4 | 6.1 | 7.9 | 9.5 | 9.9 | 9.5 | 8.3 | 6.1 | 3.9 | 2.6 | 6.2 |
| Μέση ημερήσια ροή στα 7 m (Κm) | | | | | | | | | | | | | |
| Μέση ημερήσια ροή στα 2 m (Κm) | 184 | 204 | 216 | 234 | 240 | 253 | 275 | 260 | 222 | 182 | 187 | 174 | 219 |
| Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) | 77.6 | 40.9 | 34.4 | 17.7 | 8.8 | 2.7 | 0.6 | 0.4 | 7.1 | 13.8 | 53.1 | 94.5 | 351.5 |
| Κανονική βροχόπτωση (mm) (1961-1990) | 68.0 | 58.0 | 39 | 18 | 9.5 | 1.7 | 0.0 | 0.6 | 1.7 | 19.0 | 42.0 | 86.0 | 343.5 |

Σύμφωνα επίσης με τα τελευταία στοιχεία της μετεωρολογικής υπηρεσίας Κύπρου για το 2014 από τον ίδιο μετεωρολογικό σταθμό του αεροδρομίου Λάρνακας έχουμε τα εξής δεδομένα για την σχετική υγρασία και μέση θερμοκρασία του μήνα καθώς και την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία του μήνα για τις ώρες 8:00 και 13:00 τα οποία παρουσιάζονται στους πίνακες 2.4.3 και 2.4.4.

Πίνακας 2.4.3 μετεωρολογικής υπηρεσίας για μέση σχετική υγρασία, μέση θερμοκρασία και μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία της επαρχίας Λάρνακας στις 8:00 το πρωί για το έτος 2014.

| | ΓΕ N | ΦΕ B | ΜΑ P | ΑΠ P | ΜΑΗ Σ | ΙΟΥ N | ΙΟΥ Λ | ΑΥ Γ | ΣΕΠ Τ | ΟΚ Τ | ΝΙΟ B | ΔΕ Κ |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| Μέση θερμοκρασία (C°) | 12.1 | 12.2 | 16.6 | 20.1 | 22.1 | 26.6 | 28.1 | 29 | 27.5 | 23.4 | 17 | 14.4 |
| Μέση σχετική υγρασία (%) | 80 | 73 | 59 | 59 | 68 | 61 | 69 | 70 | 59 | 59 | 63 | 80 |
| Μέγιστη θερμοκρασία (C°) | 15.6 | 15.5 | 21.9 | 29.2 | 25.8 | 32.3 | 29.2 | 31.5 | 29.1 | 27 | 20.1 | 20.9 |
| Μέγιστη σχετική υγρασία (%) | 100 | 93 | 95 | 87 | 91 | 79 | 78 | 84 | 81 | 78 | 90 | 93 |
| Ελάχιστη θερμοκρασία (C°) | 10.2 | 6.7 | 12.5 | 15.9 | 18.5 | 23 | 27.2 | 26.3 | 23.7 | 19 | 12.1 | 9.7 |
| Ελάχιστη σχετική υγρασία (%) | 60 | 48 | 25 | 24 | 34 | 25 | 54 | 52 | 37 | 34 | 36 | 61 |

Πίνακας 2.4.4 μετεωρολογικής υπηρεσίας για μέση σχετική υγρασία, μέση θερμοκρασία και μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία της επαρχίας Λάρνακας στις 13:00 το μεσημέρι για το έτος 2014.

| | ΓΕ N | ΦΕ B | ΜΑ P | ΑΠ P | ΜΑΗ Σ | ΙΟΥ N | ΙΟΥ Λ | ΑΥ Γ | ΣΕΠ Τ | ΟΚ Τ | ΝΙΟ B | ΔΕ Κ |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| Μέση θερμοκρασία | 18.1 | 18 | 20.1 | 23 | 24.3 | 29.3 | 31.1 | 32 | 30.3 | 26.5 | 21.7 | 19.9 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| α (C°) | | | | | | | | | | | | |
| Μέση σχετική υγρασία (%) | 58 | 53 | 50 | 52 | 60 | 51 | 56 | 57 | 50 | 50 | 48 | 60 |
| Μέγιστη θερμοκρασί α (C°) | 20.1 | 21.2 | 25.6 | 30.6 | 28.4 | 39.8 | 33.2 | 36.5 | 33.2 | 30 | 26 | 23.6 |
| Μέγιστη σχετική υγρασία (%) | 88 | 74 | 73 | 79 | 90 | 70 | 68 | 68 | 64 | 68 | 81 | 95 |
| Ελάχιστη θερμοκρασί α (C°) | 14.1 | 14.4 | 14.1 | 19.9 | 17.7 | 25.2 | 29.7 | 30.5 | 26.1 | 19.2 | 16.3 | 14 |
| Ελάχιστη σχετική υγρασία (%) | 39 | 35 | 20 | 24 | 38 | 21 | 36 | 29 | 31 | 18 | 29 | 39 |

Επόμενος η συγκεκριμένη διατριβή θα βασιστεί στα ως άνω κλιματολογικά δεδομένα για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων τα οποία δεν διαφέρουν ιδιαίτερα στις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Κύπρου, εκτός από τα ορεινά τα οποία έχουν κάποια ιδιαιτερότητα, σίγουρα όμως θα διαφέρουν αισθητά με τις κλιματικές ζώνες των παιδινών περιοχών άλλων χωρών της μεσογείου.

Κεφάλαιο Τρίτο

3. Μεθοδολογία

3.1 Σκοπός και στόχοι

Σκοπός της συγκεκριμένης διατριβής είναι να υπολογιστεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα τυπικών διώροφων κατοικιών από οπλισμένο σκυρόδεμα στην Κύπρο, με συνολικό εμβαδόν 170-200 m² μέσω της μεθόδου AKZ. Οι συγκεκριμένες κατοικίες έχουν είδη κατασκευαστεί και βρίσκονται στη φάση της λειτουργίας τους ενώ ορισμένες έχουν κατασκευαστεί αλλά δεν έχουν ακόμη πωληθεί. Ορισμένες από τις κατοικίες είναι κατασκευασμένες σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 & 8 και ορισμένες σύμφωνα με τον Κυπριακό/Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό. Επίσης για τις κατοικίες 1 έως 4 έχουν εκδοθεί οικοδομικές άδειες μετά το 2010 και έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τον περί ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων νόμο και την εφαρμογή της ενεργειακής πιστοποίησης κτιρίων μέσω Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), η οποία επιβάλλεται από την νομοθεσία να είναι κατηγορίας B ενώ για τις κατοικίες 5 και 6 οι οικοδομικές άδειες έχουν εκδοθεί πριν από το 2010 και ως εκ τούτου δεν τηρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Παρόλα αυτά, στους υπολογισμούς όλες οι κατοικίες θα θεωρηθεί ότι πληρούν τις απαιτήσεις της ενεργειακής απόδοσης. Για τον προσδιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος τυπικών κατοικιών από οπλισμένο σκυρόδεμα θα χρησιμοποιηθούν τα στάδια της AKZ που έχουν αναφερθεί με λεπτομέρεια πιο πάνω ακολουθώντας τα πρότυπα **ISO 14000**.

Ο προσδιορισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος αποσκοπεί στην μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον και κατά συνέπεια των εκπομπών CO₂ και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου στο κύκλο ζωής μιας κατοικίας, καθώς και στη βιωσιμότητα και αειφορία όσον αφορά την οικιστική ανάπτυξη και το περιβάλλον. Η εύρεση μεθόδων κατασκευής κατοικιών χαμηλού άνθρακα θα οδηγήσει με μεγαλύτερη ευκολία στον στόχο που έχει τεθεί από την Ε.Ε, όπου από την 1η Ιανουαρίου 2019 όλα τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησία τους πρέπει να αποτελούν κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας με σχεδόν μηδενικά επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τα λεγόμενα παθητικά κτίρια. Το ίδιο ισχύει και για όλα τα νέα κτίρια τα οποία θα κατασκευάζονται από την 1η Ιανουαρίου 2021.

Με τη βοήθεια ερωτηματολογίων προσδιορίστηκε ο τύπος της κατοικίας η οποία θα μελετηθεί και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή μιας τυπικής κατοικίας στη Κύπρο και στην συνέχεια με την βοήθεια του προγράμματος GaBi 6 προσδιορίστηκε το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μέσω των δεκατριών δεικτών της μεθόδου ILCD.

3.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα κινούνται γύρω από τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κατοικιών στην Κύπρο και τη μεταφορά τους στο εργοτάξιο όπως για παράδειγμα η κατασκευή σκυροδέματος, επιχρίσματος σοβά, χάλυβα, τούβλων, κεραμικών, κεραμιδιών, γυαλιού και άλλων υλικών. Υπάρχουν υλικά με τεράστια ποσά εμπεριεχόμενης ενέργειας κυρίως λόγω της μεγάλης ποσότητας ενέργειας που απαιτείται για την κατασκευή τους και των μακρινών αποστάσεων που διανύονται μέχρι να φτάσουν στο εργοτάξιο. Μήπως αυτά τα υλικά θα μπορούσαν να αντικατασταθούν με νέες τεχνολογίες και κάποια άλλα υλικά τα οποία να έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα υφιστάμενα, αλλά να είναι «φιλικότερα» προς το περιβάλλον; Πόσο είναι το περιβαλλοντικό αλλά και το οικονομικό κόστος το οποίο έχουμε αντικαθιστώντας τα παραδοσιακά υλικά με νέες τεχνολογίες και με ποιούς άλλους τρόπους θα μπορούσαμε να μειώσουμε το κόστος αυτό.

Πολλά υλικά κατασκευής κατοικιών έχουν μελετηθεί μεμονωμένα ως προς τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που εκλύουν κατά τον κύκλο ζωής τους. Εμπίπτει όμως και η αναγκαιότητα της μελέτης μιας ολόκληρης κατοικίας από οπλισμένο σκυροδέμα ως ενιαίο σύστημα ώστε το πρόβλημα να γίνει πιο εμφανές και κατανοητό στους χρήστες-ιδιοκτήτες. Οι χρήστες-ιδιοκτήτες μπορεί να μην γνωρίζουν τα μεμονωμένα υλικά και το τρόπο που κατασκευάζετε μια οικία, παίζουν όμως σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις κατά το σχεδιασμό και τη χρήση μιας κατοικίας, μέσα από την προσπάθειά τους να προσαρμόσουν την κατοικία τους στις δικές τους ανάγκες. Άρα πρέπει να γνωρίζουν πως μπορούν να μειώσουν στο ελάχιστο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της οικίας τους, κάτι το οποίο μακροπρόθεσμα θα τους επιφέρει εκτός από περιβαλλοντικό και οικονομικό όφελος.

Κατά τη κατασκευή μιας κατοικίας σημαντικό ρόλο παίζει επίσης η καλή οργάνωση και η χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων συμβατικών καυσίμων στο εργοτάξιο από τους εργολάβους καθώς και οι μετακινήσεις από και προς το εργοτάξιο. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν τα υλικά από τα οποία είναι

κατασκευασμένη η κατοικία. Για παράδειγμα η κατασκευή και η χρήση μεταλλικών ή ξύλινων κατοικιών ίσως να εκλύει λιγότερες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της με αποτέλεσμα να έχει λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτό είναι κάτι το οποίο πρέπει να ερευνηθεί και να συγκριθεί σε μετέπειτα στάδιο, μετά την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διατριβής λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της.

Τέλος έως τώρα έχουν μελετηθεί και παρθεί μέτρα σε επίπεδο Ε.Ε αλλά και εθνικό επίπεδο για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τη χρήση της κατοικίας. Αυτά τα μέτρα συμπεριλαμβάνουν την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων για παραγωγή ενέργειας (net metering), την χρήση εξωτερικής θερμομόνωσης και θερμομονωτικών υλικών και πολλά άλλα. Η Συγκεκριμένη διατριβή θα μελετήσει επίσης και τις εκπομπές κατά την κατασκευή αλλά και την κατεδάφιση μιας κατοικίας από οπλισμένο σκυρόδεμα, αφού λόγο της περιεχόμενης ενέργεια των υλικών της οικίας, της μεταφοράς των υλικών, των διεργασιών κατεδάφισης και άλλων διεργασιών έχουμε εξίσου σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

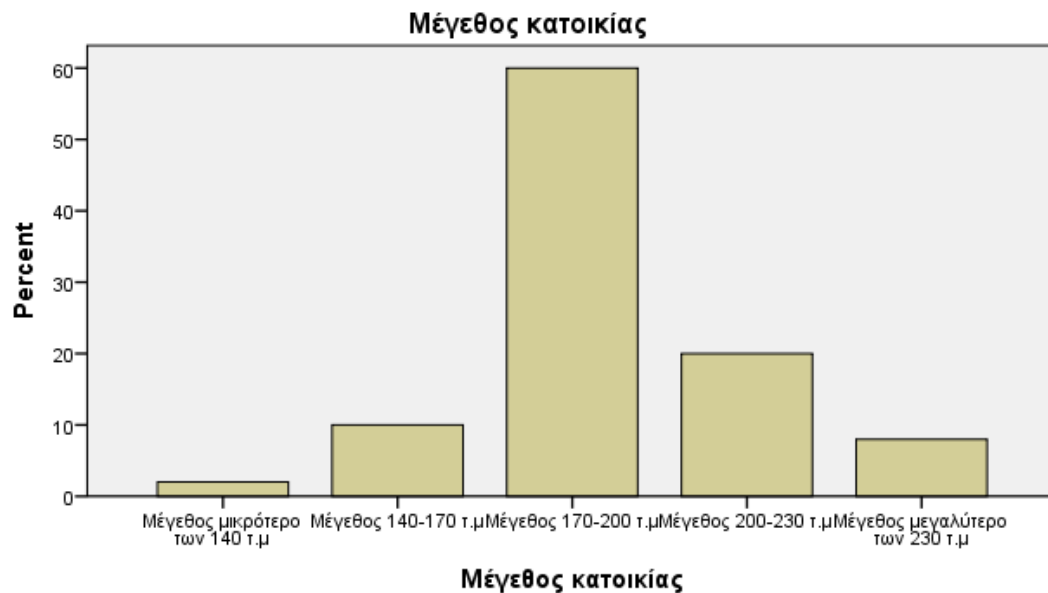
3.3 Σχεδιασμός

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης διατριβής απαιτήθηκε αρχικά να γίνει μια ερευνά σχετικά με το μέγεθος, το είδος της κατασκευής και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε μία τυπική κατοικία στη Κύπρο ώστε να καταλήξουμε στο τελικό μοντέλο κατοικίας το οποίο θα χρησιμοποιηθεί. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο μοιράστηκε σε τυχαίο δείγμα 50 ατόμων της επαρχίας Αμμοχώστου.

Τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν από το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο και τα οποία οδήγησαν στο να καταλήξουμε σε μια τυπική κατοικία την οποία και θα επεξεργαστούμε στη συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος GaBi 6 παρουσιάζονται πιο κάτω μέσω των πινάκων συχνοτήτων με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS 21 με τη χρήση της ποσοτικής ανάλυσης των δεδομένων που συλλέχτηκαν.

Πίνακας 3.3.1 Με αποτελέσματα της έρευνας για το μέγεθος μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21.

| Μέγεθος κατοικίας | | | | |
|--------------------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid | | | | |
| Μέγεθος μικρότερο των 140 τ.μ | 1 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Μέγεθος 140-170 τ.μ | 5 | 10.0 | 10.0 | 12.0 |
| Μέγεθος 170-200 τ.μ | 30 | 60.0 | 60.0 | 72.0 |
| Μέγεθος 200-230 τ.μ | 10 | 20.0 | 20.0 | 92.0 |
| Μέγεθος μεγαλύτερο των 230 τ.μ | 4 | 8.0 | 8.0 | 100.0 |
| Total | 50 | 100.0 | 100.0 | |

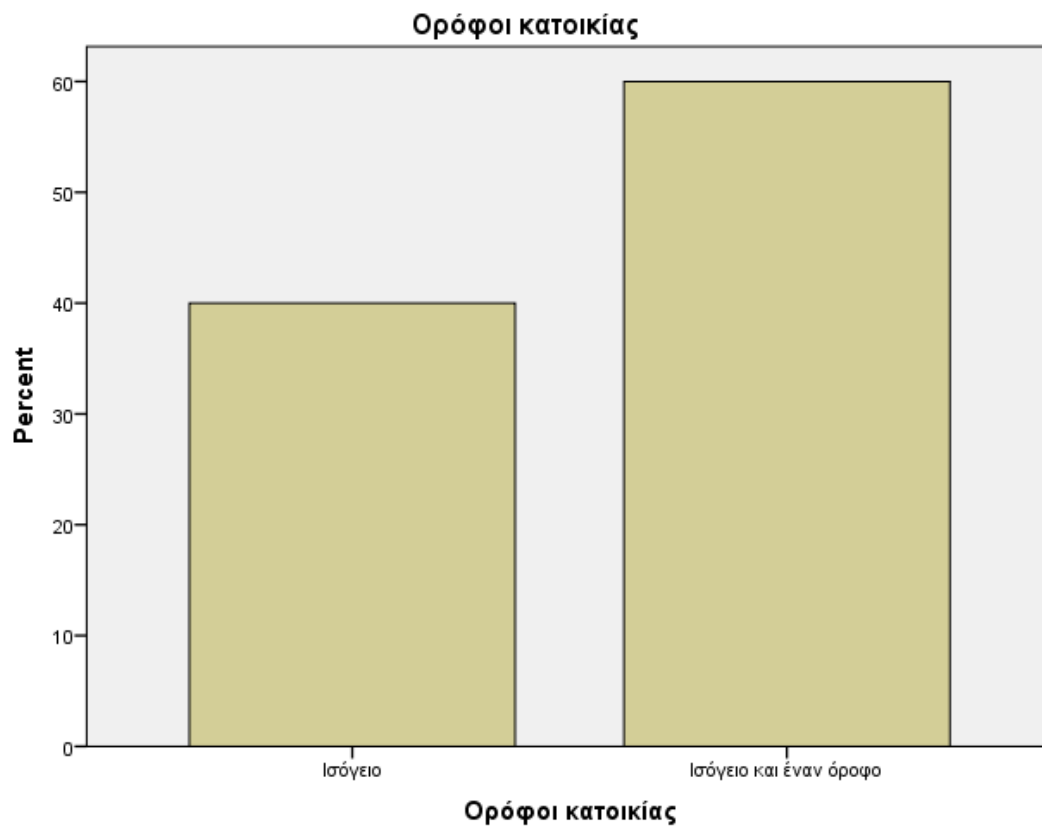


Εικόνα 3.3.1 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το μέγεθος μιας τυπικής κατοικίας σε m².

Ως μέγεθος μιας τυπικής κατοικίας στην Κύπρο επιλέγονται τα **170-200 τετραγωνικά** μέτρα με ποσοστό 60% .

Πίνακας 3.3.2 Με αποτελέσματα για τον αριθμό ορόφων μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21

| Ορόφοι κατοικίας | | | | |
|------------------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Ισόγειο | 20 | 40.0 | 40.0 | 40.0 |
| Valid Ισόγειο και έναν όροφο | 30 | 60.0 | 60.0 | 100.0 |
| Total | 50 | 100.0 | 100.0 | |



Εικόνα 3.3.2 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) τον αριθμό ορόφων μιας τυπικής κατοικίας.

Ως τυπική κατοικία ορίζεται η κατοικία με **ισόγειο και έναν όροφο** με ποσοστό 60%.

Πίνακας 3.3.3 Με τα αποτελέσματα για το υλικό κατασκευής μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21

| Υλικό κατασκευής κατοικίας | | | | |
|----------------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Οπλισμένο Σκυρόδεμα | 49 | 98.0 | 98.0 | 98.0 |
| Valid Μεταλλική Κατασκευή | 1 | 2.0 | 2.0 | 100.0 |
| Total | 50 | 100.0 | 100.0 | |



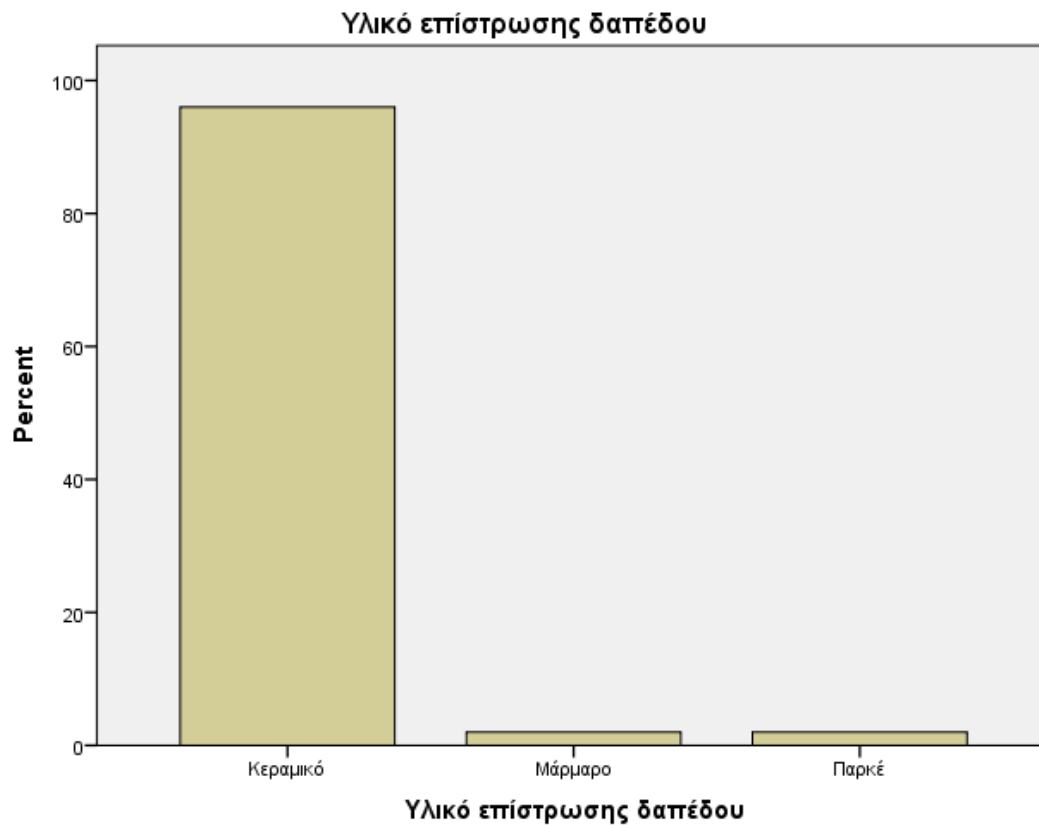
Εικόνα 3.3.3 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το υλικό κατασκευής μιας τυπικής κατοικίας.

Όπως ήταν αναμενόμενο ως υλικό μιας τυπικής κατοικίας επιλέγεται το **οπλισμένο σκυρόδεμα** με την συντριπτική πλειοψηφία του 98% έναντι του 2% των μεταλλικών κατασκευών.

Πίνακας 3.3.4 Με τα αποτελέσματα για το υλικό επίστρωσης δαπέδου μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21

Υλικό επίστρωσης δαπέδου

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Κεραμικό | 48 | 96.0 | 96.0 | 96.0 |
| Μάρμαρο | 1 | 2.0 | 2.0 | 98.0 |
| Παρκέ | 1 | 2.0 | 2.0 | 100.0 |
| Total | 50 | 100.0 | 100.0 | |



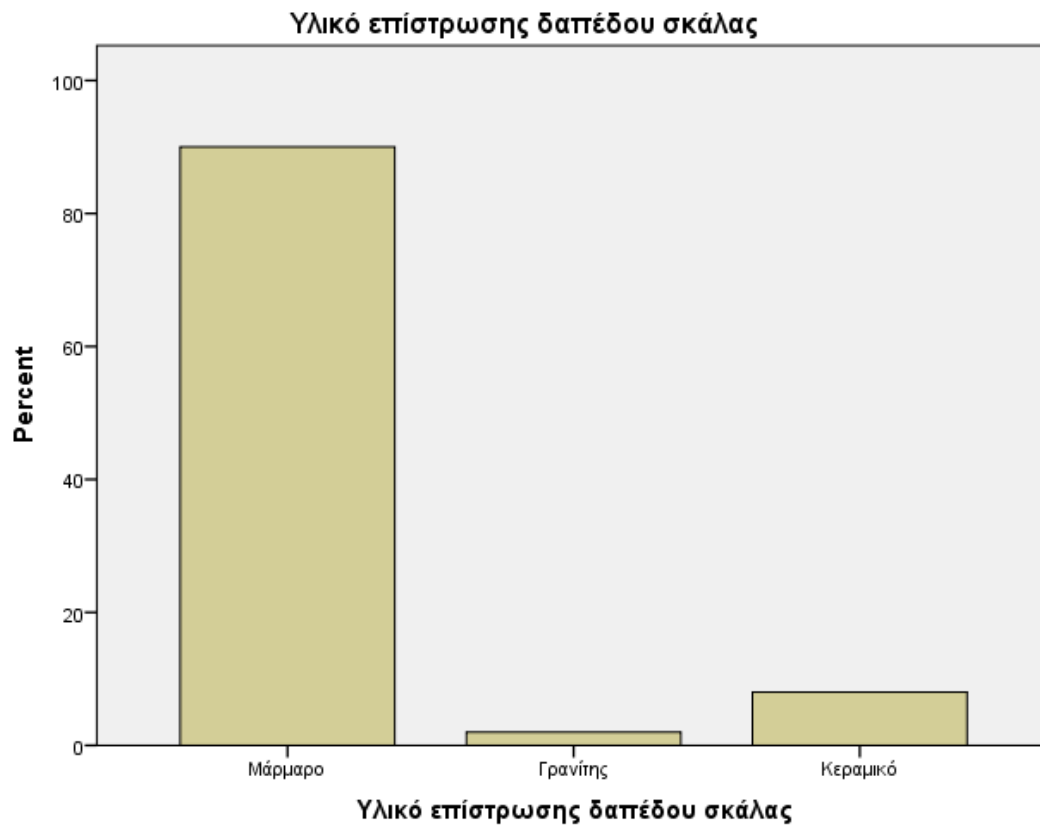
Εικόνα 3.3.4 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το υλικό επίστρωσης δαπέδου μιας τυπικής κατοικίας.

Ως υλικό επίστρωσης δαπέδου τυπικής κατοικίας επιλέγεται το **κεραμικό** με ποσοστό 96%.

Πίνακας 3.3.5 Με τα αποτελέσματα για το υλικό επίστρωσης δαπέδου σκάλας μια τυπικής κατοικίας στο SPSS21

Υλικό επίστρωσης δαπέδου σκάλας

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid Μάρμαρο | 45 | 90.0 | 90.0 | 90.0 |
| Γρανίτης | 1 | 2.0 | 2.0 | 92.0 |
| Κεραμικό | 4 | 8.0 | 8.0 | 100.0 |
| Total | 50 | 100.0 | 100.0 | |

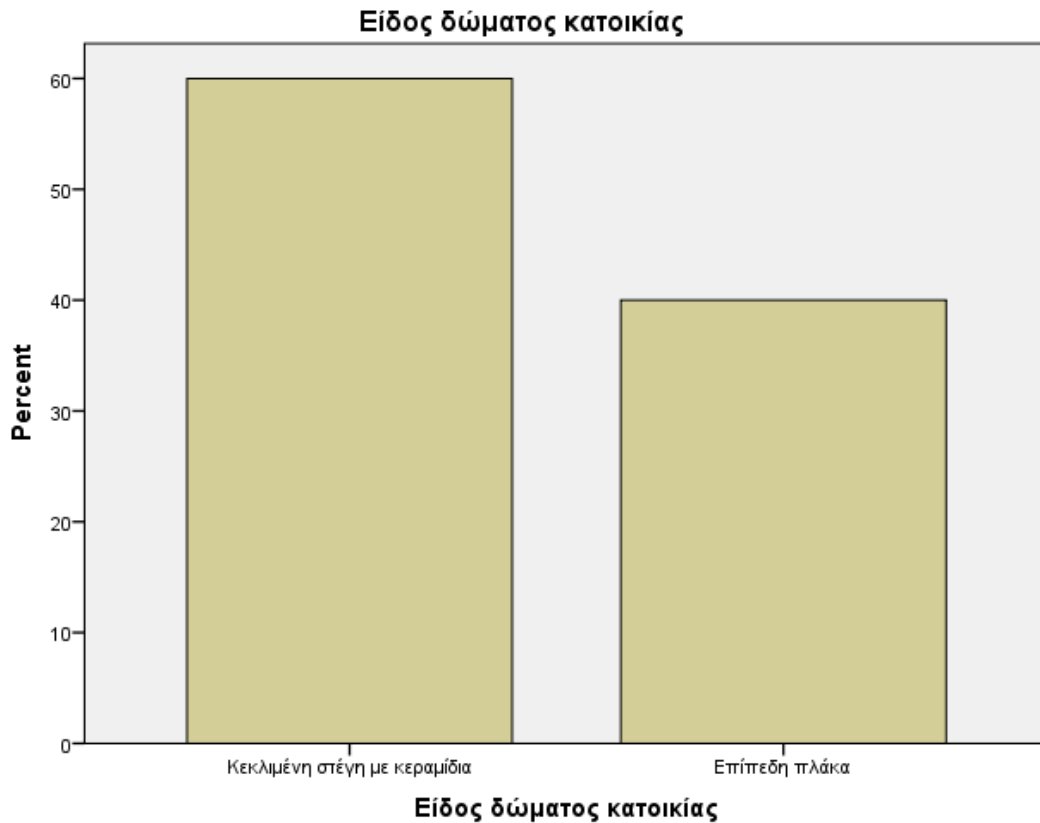


Εικόνα 3.3.5 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το υλικό επίστρωσης δαπέδου της σκάλας μιας τυπικής κατοικίας.

Ως υλικό επίστρωσης δαπέδου σκάλας επιλέγεται το **μάρμαρο** με ποσοστό 90% και το οποίο συνήθως είναι πάχους 2-3cm.

Πίνακας 3.3.6 Με τα αποτελέσματα για το είδος δώματος μιας τυπικής κατοικίας στο SPSS21

| Είδος δώματος κατοικίας | | | | |
|------------------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid | | | | |
| Κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια | 30 | 60.0 | 60.0 | 60.0 |
| Επίπεδη πλάκα | 20 | 40.0 | 40.0 | 100.0 |
| Total | 50 | 100.0 | 100.0 | |



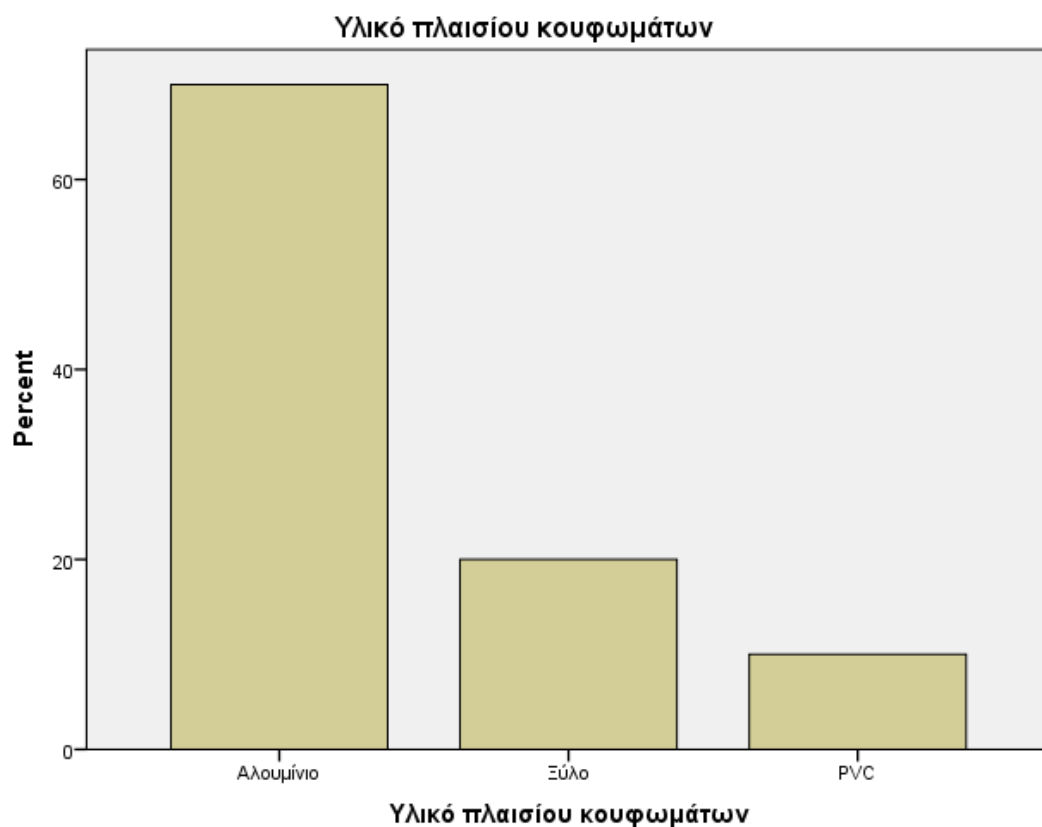
Εικόνα 3.3.6 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το είδος δώματος μιας τυπικής κατοικίας.

Είδος δώματος τυπικής κατοικίας είναι **κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια** κάτω από την οποία υπάρχει επίσης μια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ποσοστό 60%.

Πίνακας 3.3.7 Με τα αποτελέσματα για το υλικό πλαισίου κουφωμάτων μιας τυπικής κατοικίας αστο SPSS21.

Υλικό πλαισίου κουφωμάτων

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid Αλουμίνιο | 35 | 70.0 | 70.0 | 70.0 |
| Ξύλο | 10 | 20.0 | 20.0 | 90.0 |
| PVC | 5 | 10.0 | 10.0 | 100.0 |
| Total | 50 | 100.0 | 100.0 | |



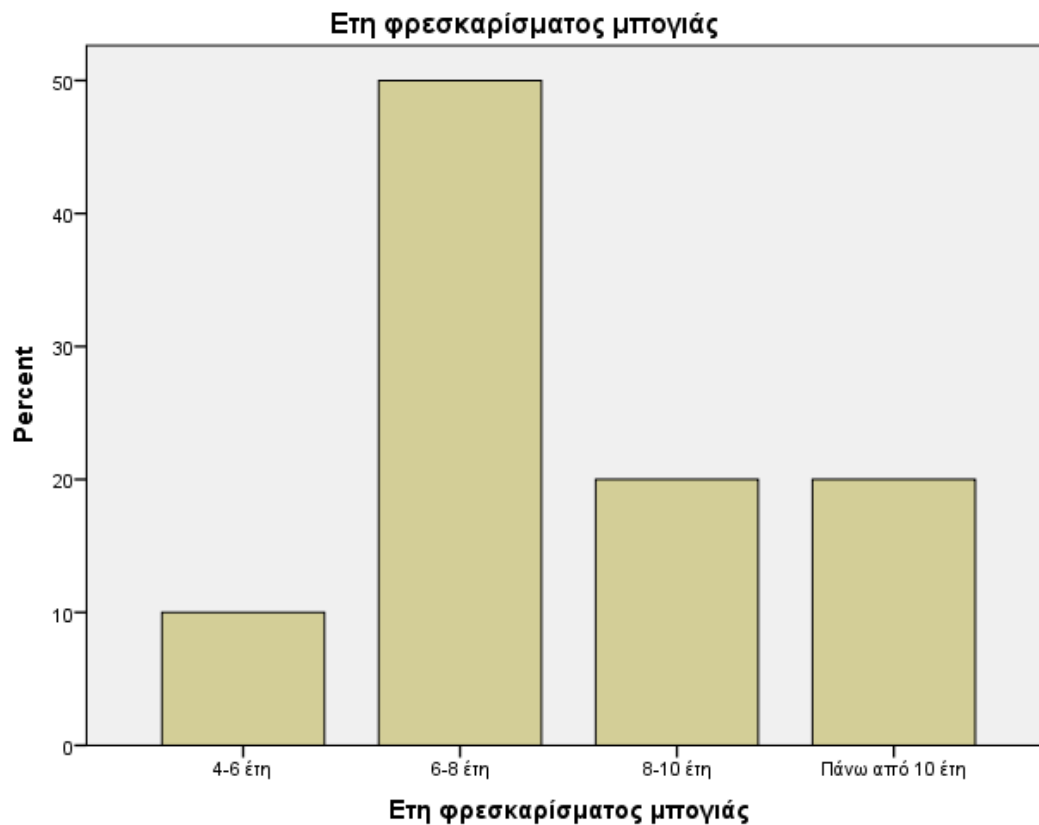
Εικόνα 3.3.7 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) το υλικό πλαισίου των κουφωμάτων μιας τυπικής κατοικίας.

Ως υλικό πλαισίου κουφωμάτων τυπικής κατοικίας επιλέγεται το **αλουμίνιο** με ποσοστό 70%.

Πίνακας 3.3.8 Με τα αποτελέσματα για τη χρονική διάρκεια που περνά μέχρι να μπογιατιστεί ξανά μια τυπική κατοικία στο SPSS21

Έτη φρεσκαρίσματος μπογιάς

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| 4-6 έτη | 5 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| 6-8 έτη | 25 | 50.0 | 50.0 | 60.0 |
| Valid 8-10 έτη | 10 | 20.0 | 20.0 | 80.0 |
| Πάνω από 10 έτη | 10 | 20.0 | 20.0 | 100.0 |
| Total | 50 | 100.0 | 100.0 | |



Εικόνα 3.3.8 Ραβδόγραμμα το οποίο παρουσιάζει σε ποσοστά (%) τη χρονική διάρκεια που περνά μέχρι να μπογιατιστεί ξανά μια τυπική κατοικίας.

Τα 6-8 έτη έχουν την πλειοψηφία με ποσοστό 50%. Εμείς λαμβάνουμε υπόψη ότι μια τυπική κατοικία θα μπογιατίζεται μια φορά **κάθε 8 έτη**.

Ως λειτουργική μονάδα του συγκεκριμένου συστήματος θα ληφθεί η διώροφη κατοικία από οπλισμένο σκυρόδεμα με κεκλιμένη στέγη. Το υλικό επίστρωσης δαπέδου θα είναι το κεραμικό, το υλικό επίστρωσης δαπέδου σκάλας θα είναι το μάρμαρο, τα κουφώματα των παραθύρων και των πόρτων θα είναι από αλουμίνιο και η κατοικία θα φρεσκάρει με μιογία κάθε 8 έτη. Τα όρια του συστήματος έχουν είδη καθοριστεί πιο πάνω.

Όλα τα δεδομένα θα συλλεχθούν από τα εργοτάξια, συγκεκριμένα μέσω του εργολάβου ο οποίος κατασκεύασε τις κατοικίες και όλες οι κατοικίες θα πρέπει να πληρούν την ως άνω περιγραφή λειτουργικής μονάδας. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να υπολογιστούν επίσης με αρκετά μεγάλη ακρίβεια μέσω της επιμέτρησης ποσοτήτων από τα αρχιτεκτονικά σχέδια. Εμείς συλλέγοντας τα κατευθείαν από το εργοτάξιο έχουμε την μεγαλύτερη ακρίβεια την οποία μπορούμε να πετύχουμε. Όσα δεδομένα απαιτούνται και δεν μπορεί να τα δώσει ο εργολάβος θα μετρηθούν επί τόπου από το συγγραφέα της συγκεκριμένης διατριβής. Η καταγραφή των δεδομένων (LCI) περιλαμβάνει:

- Συλλογή δεδομένων σχετικά με κάθε διεργασία του συστήματος, η οποία αφορά τις εισροές και τις εκροές του σε μάζα και ενέργεια.
- Συλλογή δεδομένων σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο περιβάλλον.

Αφού συλλέξουμε όλα τα δεδομένα σχετικά με τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανέγερση της κάθε κατοικίας, θα τα συγκεντρώσουμε όλα σε πίνακες ώστε να έχουμε ένα μέτρο σύγκρισης μεταξύ των κατοικιών αλλά και των δεδομένων. Η σύγκριση αυτή αφορά κυρίως την ποσοτικοποίηση των υλικών αφού για όλες τις κατοικίες χρησιμοποιούνται τα ίδια υλικά και τρόπος κατασκευής (ίδιος εργολάβος), άρα η ποιότητα θα είναι ίδια. Ανάλογα με τη ποσότητα των υλικών θα υπολογίζεται και η ενέργεια και η μάζα που απαιτείται, οι πρώτες ύλες και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη κατασκευή των προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε κατοικία. Για την ποσοτικοποίηση των υλικών ανά κατοικία θα υπολογίσουμε την ποσοστιαία κατανομή της μάζας των υλικών ως προς τη μάζα του συνολικού κτιρίου επί τοις εκατόν. Ο υπολογισμός της ενέργειας θα βασιστεί στη διεθνή βιβλιογραφία και στη βάση δεδομένων του προγράμματος GaBi 6.

Από τις μετρήσεις και τα δεδομένα των 6 κατοικιών θα χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος της ποσότητας του κάθε υλικού για μια τυπική κατοικία. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που θα συλλεχθούν και το πρόγραμμα GaBi 6 θα υπολογίσουμε το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μιας τυπικής κατοικίας σε ολόκληρο το κύκλο ζωής της. Οι εκπομπές κατά την χρήση-συντήρηση μπορούν να βρεθούν από το

πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός κτιρίου τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς παρουσιάζονται στο πίνακα 3.3.9.

Πίνακας 3.3.9 Βασικά χαρακτηριστικά μιας τυπικής κατοικίας στην Κύπρο

| | |
|-------------------------------------|---|
| Επίπεδα/Όροφοι | Ισόγειο και Α' όροφος |
| Ύψος Ορόφου | 3 μέτρα |
| Διάρκεια Ζωής | 80 έτη |
| Συνολική Επιφάνεια κατοικίας | 170-200 τ.μ + γκαράζ |
| Είδος Κατασκευής | Φ/Ο από οπλισμένο σκυρόδεμα |
| Εξωτερικό Περιβλήμα | Τοιχοποιία πληρώσεως από τούβλα πάχους 25cm |
| Εσωτερικοί Τοίχοι | Τοιχοποιία πληρώσεως από τούβλα πάχους 10cm |
| Θεμελίωση | Γενική κοιτόστρωση οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 40 cm |
| Πατώματα - σκάλες | Πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 20 cm με υλικό επίστρωσης κεραμικό και μάρμαρο αντίστοιχα |
| Οροφή | Επίπεδη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 20 cm και από πάνω κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια |
| Κουφώματα | Κουφώματα με αλουμίνιο πλαίσιο και γυαλί |

Στη συνέχεια γίνεται η ανάλυση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής. Στη φάση αυτή (LCIA) θα εκτιμηθεί το μέγεθος και η σπουδαιότητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η εκτίμηση αυτή θα γίνει μέσω τριών σταδίων: της επιλογής της μεθόδου κατηγοριοποίησης, της ταξινόμησης και του χαρακτηρισμού. Υπάρχουν επίσης και τα στάδια της κανονικοποίησης, της ομαδοποίησης και της στάθμισης τα οποία είναι προαιρετικά και δεν θα χρησιμοποιηθούν στη συγκεκριμένη διατριβή.

Αρχικά επιλέγονται οι κατηγορίες επιπτώσεων του κύκλου ζωής, οι οποίες αναφέρονται στη συνέχεια. Ακολούθως έχουμε τη φάση της ταξινόμησης κατά την οποία θα κατατάξουμε τα δεδομένα που καταγράφηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με τις επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσουν στο περιβάλλον σύμφωνα με τους εξής δείκτες:

- Περιβαλλοντικοί δείκτες

1. Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη - global warming potential (GWP).
2. Δυναμικό καταστροφής όζοντος - ozone depleting potential (ODP).
3. Δυναμικό αύξησης της οξύτητας - acidification potential (AP).
4. Δυναμικό ευτροφισμού χαιρσέων οικοσυστημάτων - eutrophication potential (EP).
5. Ευτροφισμός υδάτων/ νερού - eutrophication aquatic / freshwater (EP Water).
6. Δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος - photochemical oxygen creation potential (POCP).
7. Αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων - abiotic recourse depletion (ADP).
8. Συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων - Resource depletion - water.
9. Δυναμικό τοξικότητας υδάτων/ νερού - terrestrial ecotoxicity freshwater.

- Κοινωνικοί δείκτες - Ανθρώπινη υγεία και Περιβάλλον

10. Δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, μη καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, non cancer and cancer effects.
11. Δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, καρκινικές - human toxicity potential, cancer effects.
12. Αιωρούμενα σωματίδια - Particulate matter.
13. Επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία- ionising radiation / human health.

Ένα υλικό μπορεί να ταξινομηθεί σε περισσότερο από μια κατηγορίες δεικτών. Στη συνέχεια μέσω του σταδίου του χαρακτηρισμού οι ποσότητες εκπομπών πολλαπλασιάζονται με συγκεκριμένους συντελεστές ώστε να αναχθούν σε ισοδύναμες ποσότητες, όπως για παράδειγμα το ισοδύναμο CO₂ το οποίο αναφέρθηκε πιο πάνω και το οποίο χρησιμοποιείται για την περίπτωση του υπολογισμού της θέρμανσης του πλανήτη (GWP).

Τέλος θα γίνει η ερμηνεία των αποτελεσμάτων-εκτίμηση βελτιώσεων ώστε να ληφθούν αποφάσεις για μείωση της εμπεριεχόμενης ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από διάφορες κατοικίες σπλισμένου σκυροδέματος στη Κύπρο μέσω των πιο πάνω δεικτών.

3.4 Μέθοδος συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων


Για την συλλογή των δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της προσωπικής συνέντευξης ως μέσο ποιοτικής έρευνας. Η αξιοπιστία των δεδομένων θεωρείται δεδομένη αφού η εμπειρία του συγγραφέα ως πολιτικού μηχανικού του δίνει τη δυνατότητα να ελέγξει με μεγάλη ακρίβεια τα δεδομένα είτε μέσω των αρχιτεκτονικών σχεδίων είτε με απευθείας μετρήσεις στο εργοτάξιο και να συμπληρώσει όσα δεδομένα δεν μπορούν να παρθούν από τον εργολάβο καθώς και να επαληθεύσει όλα τα υπόλοιπα δεδομένα.

Για την επεξεργασία των δεδομένων και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα ανάλυσης κύκλου ζωής GaBi 6. Σύμφωνα με την ιστοσελίδα του λογισμικού, το λογισμικό αυτό χρησιμοποιεί βάσεις δεδομένων από ολόκληρο τον κόσμο για πάνω από 20 χρόνια. **Παρέχει πάνω από 8000 περιβαλλοντικά προφίλ υλικών** και διαδικασιών της σημερινής αγοράς τα οποία παίρνει μέσα από τις ίδιες τις βιομηχανίες. Το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιείται από εκατομμύρια ερευνητές σε ολόκληρο το κόσμο και διατίθεται επί πληρωμή ενώ **παρέχεται και δωρεάν εκπαιδευτική έκδοση για φοιτητές και καθηγητές πανεπιστημίων.**

Η δημιουργία του ερωτηματολογίου για την προσωπική συνέντευξη θα γίνει μέσα από την εμπειρία του συγγραφέα. Επιδιώκεται να παρθούν και να αξιοποιηθούν δεδομένα για τα υλικά τα οποία αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της κατασκευής και τα υλικά τα οποία χρειάζονται μεγάλα ποσά ενέργειας για να κατασκευαστούν όπως για παράδειγμα το έτοιμο σκυρόδεμα, ο χάλυβας τα τούβλα κλπ. Μέσα από προσωπική επαφή και συζήτηση του συγγραφέα και του εργολάβου συμφωνήθηκε ότι **τα περισσότερα δεδομένα θα παρθούν από τα τιμολόγια της κάθε κατοικίας** ενώ τα τιμολόγια για τα υλικά τα οποία δεν περιέχουν ακριβής ποσότητες **θα μετρηθούν επί τόπου στο εργοτάξιο.** Το ερωτηματολόγιο της συνέντευξης και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην συνέχεια σε πίνακες. **Όλα τα δεδομένα πρέπει να είναι σε κιλά** έτσι ώστε στην συνέχεια να μπορεί ο συγγραφέας να τα επεξεργαστεί στο πρόγραμμα GaBi 6 για να εξάγει αποτελέσματα.

3.4.1 Συλλογή δεδομένων μέσω ερωτηματολογίων - Πίνακες δεδομένων


Πίνακας 3.4.1.1 Δεδομένα για κατοικία 1.

|  ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ | | | |
|---|--|--------------------------|---|
| ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ | | | |
| ΟΝΟΜΑ: ΝΙΚΟΣ ΕΠΙΘΕΤΟ: ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑ: Ν. ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΛΤΔ ΚΑΤΟΙΚΙΑ Νο 1 - 178 m² | | | |
| Δομικά Υλικά Κατοικίας | Όγκος σε m ³ / επιφάνεια σε m ² / ποσότητα σε τεμάχια | Βάρος Υλικού σε κιλά | Ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικού του κτιρίου % |
| Κιλά χάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της κατοικίας | / | 17000 Kg | 2.48 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Πλάκες και δοκοί) | 123.5 m ³ | 123.5 * 2300 = 284050 Kg | 41.40 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 30/37 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Υποστυλώματα) | 17 m ³ | 17 * 2400 = 40800 Kg | 5.95 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (ΣΚΡΙΠ) | 18 m ³ | 18 * 2000 = 36000 Kg | 5.25 |

| | | | |
|---|---|------------------------------------|-------|
| Ποσότητα σε Μάρμαρο που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (σκάλα + πατούδες παραθύρων και πορτών) | $22.5 \text{ m}^2 * 0.03 \text{ m} = 0.675 \text{ m}^3$ | $0.675 * 2700 = 1822.5 \text{ Kg}$ | 0.26 |
| Ποσότητα σε Γρανίτη που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (κουζίνες και νιπτήρες) | $7 \text{ m}^2 * 0.02 \text{ m} = 0,14 \text{ m}^3$ | $0.14 * 2775 = 388.5 \text{ Kg}$ | 0.06 |
| Ποσότητα κεραμιδιών που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία | 1960 τεμάχια | $1960 * 3.19 = 6252.4 \text{ Kg}$ | 0.91 |
| Ποσότητα γυαλιού πάχους 4 mm που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία (παράθυρα και πόρτες) | 70 m^2 | $70 * 10 = 700 \text{ Kg}$ | 0.10 |
| Ποσότητα εξηλασμένης πολυστερίνης 3 cm που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | $150 \text{ m}^2 * 0,03 = 4.5 \text{ m}^3$ | $4.5 * 20 = 90 \text{ Kg}$ | 0.01 |
| Ποσότητα τσιμέντων που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 698 σάκοι των 25 Kg ο κάθε ένας | 17450 Kg | 2.54 |
| Ποσότητα στεγνής λεπτόκοκκης άμμου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 165 m^3 | $165 * 1500 = 247500 \text{ Kg}$ | 36.07 |
| Ποσότητα κεραμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατοικία (60 * 60 cm) | 255 m^2 | $255 * 15 = 3825 \text{ Kg}$ | 0.56 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 25 * 20 που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 2000 τεμάχια | $2000 * 11.5 = 23000 \text{ Kg}$ | 3.35 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 25 | 1000 τεμάχια | $1000 * 6.5 = 6500 \text{ Kg}$ | 0.95 |

| | | | |
|---|---------|----------------------------------|------|
| * 10 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | | | |
| Ποσότητα για μπογιές που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 294 Ltr | $294 * 1.53 = 449.82 \text{ Kg}$ | 0.07 |
| Ποσότητα αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | 350 Kg | 0.05 |


Πίνακας 3.4.1.2 Δεδομένα για κατοικία 2.

| <div style="text-align: center;">  <p>ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ</p> <p>ΟΝΟΜΑ: ΝΙΚΟΣ ΕΠΙΘΕΤΟ: ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑ: Ν. ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΛΤΔ ΚΑΤΟΙΚΙΑ Νο 2 - 173 m²</p> </div> | | | |
|---|--|----------------------------------|---|
| Δομικά Υλικά Κατοικίας | Όγκος σε m³/ επιφάνεια σε m²/ ποσότητα σε τεμάχια | Βάρος Υλικού σε κιλά | Ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικού του κτιρίου % |
| Κιλά γάλβα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της κατοικίας | | 18000 Kg | 2.99 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Πλάκες και δοκοί) | 115 m ³ | $115 * 2300 = 264500 \text{ Kg}$ | 43.94 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 30/37 που | 15.5 m ³ | $15.5 * 2400 = 37200 \text{ Kg}$ | 6.17 |

| | | | |
|---|--|-------------------------|-------|
| χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Υποστυλώματα) | | | |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (ΣΚΡΙΤ) | 16 m ³ | 16 * 2000 = 32000 Kg | 5.32 |
| Ποσότητα σε Μάρμαρο που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (σκάλα + πατούδες παραθύρων και πορτών) | 7.5 m ² * 0.03 m = 0.225m ³ | 0.225 * 2700 = 607.5 Kg | 0.10 |
| Ποσότητα σε Γρανίτη που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (κουζίνες και νιπτήρες) | 6.5 m ² * 0.02m = 0.13 m ³ | 0.13 * 2775 = 360.75 Kg | 0.06 |
| Ποσότητα κεραμιδιών που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία | 2000 τεμάχια | 2000 * 3.19 = 6380Kg | 1.06 |
| Ποσότητα γυαλιού πάχους 4 mm που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία (παράθυρα και πόρτες) | 80 m ² | 80 * 10 = 800 Kg | 0.13 |
| Ποσότητα εξηλασμένης πολυστερίνης 3 cm που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | 173 m ² * 0,03 = 5.25 m ³ | 5.25 * 20 = 105 Kg | 0.02 |
| Ποσότητα τσιμέντων που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 440 σάκοι των 25 Kg ο κάθε ένας | 11000 Kg | 1.83 |
| Ποσότητα στεγνής λεπτόκοκκης άμμου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 132 m ³ | 132 * 1500 = 198000 Kg | 32.90 |
| Ποσότητα κεραμικών που | 270 m ² | 225 * 15 = 4050 Kg | 0.67 |

| | | | |
|---|--------------|------------------------|------|
| χρησιμοποιήθηκαν στην κατοικία (60 * 60 cm) | | | |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 25 * 20 που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 2000 τεμάχια | 2000 * 11.5 = 23000 Kg | 3.82 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 25 * 10 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | 800 τεμάχια | 800 * 6.5 = 5200 Kg | 0.86 |
| Ποσότητα για μπουγιές που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 280 Ltr | 280 * 1.53 = 428.4 Kg | 0.07 |
| Ποσότητα αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | 360 Kg | 0.06 |


Πίνακας 3.4.1.3 Δεδομένα για κατοικία 3.

| <p style="text-align: center;">ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ</p> | | | |
|---|---|----------------------|--|
|  <p>ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ</p> <p>ΟΝΟΜΑ: ΝΙΚΟΣ ΕΠΙΘΕΤΟ: ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑ: Ν. ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΛΤΔ ΚΑΤΟΙΚΙΑ Νο 3 - 173 m²</p> | | | |
| Δομικά Υλικά Κατοικίας | Όγκος σε m ³ / επιφάνεια σε m ² / ποσότητα σε τεμάχια | Βάρος Υλικού σε κιλά | Ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικού του κτιρίου % |
| Κιλά γάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν για την | | 17500 Kg | 3.03 |

| | | | |
|--|--|--------------------------|-------|
| κατασκευή της κατοικίας | | | |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Πλάκες και δοκοί) | 127 m ³ | 127 * 2300 = 292100Kg | 50.63 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 30/37 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Υποστυλώματα) | 12.5 m ³ | 12.5 * 2400 = 30000 Kg | 5.19 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (ΣΚΡΙΤ) | 14.5 m ³ | 14.5 * 2000 = 29000 Kg | 5.03 |
| Ποσότητα σε Μάρμαρο που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (σκάλα + πατούδες παραθύρων και πορτών) | 18 m ² * 0.03 m = 0.54m ³ | 0.54 * 2700 = 1458 Kg | 0.25 |
| Ποσότητα σε Γρανίτη που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (κουζίνες και νιπτήρες) | 7 m ² * 0.02m = 0.14 m ³ | 0.14 * 2775 = 388.5 Kg | 0.07 |
| Ποσότητα κεραμιδιών που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία | 2350 τεμάχια | 2350 * 3.19 = 7496.5Kg | 1.30 |
| Ποσότητα γυαλιού πάχους 4 mm που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία (παραθύρα και πόρτες) | 80 m ² | 80 * 10 = 800 Kg | 0.14 |
| Ποσότητα εξηλασμένης πολυστερίνης 3 cm που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | 220 m ² * 0.03 = 6.6 m ³ | 6.6 * 20 = 132 Kg | 0.02 |
| Ποσότητα τσιμέντων που | 400 σάκοι των | 10000 Kg | 1.73 |

| | | | |
|--|--------------------|------------------------|-------|
| χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 25 Kg ο κάθε ένας | | |
| Ποσότητα στεγνής λεπτόκοκκης άμμου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 100 m ³ | 100 * 1500 = 150000 Kg | 25.99 |
| Ποσότητα κεραμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατοικία (60 * 60 cm) | 295 m ² | 295 * 15 = 4425 Kg | 0.77 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 25 * 20 που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 2300 τεμάχια | 2300 * 11.5 = 26450Kg | 4.58 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 25 * 10 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | 1000 τεμάχια | 1000 * 6.5 = 6500 Kg | 1.13 |
| Ποσότητα για μπουγιές που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 300 Ltr | 300 * 1.53 = 459 Kg | 0.08 |
| Ποσότητα αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | 360 Kg | 0.06 |

Πίνακας 3.4.1.4 Δεδομένα για κατοικία 4.

| | |
|---|---|
|  <p>ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ</p> | <p>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</p> <p>ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ</p> <p>Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα</p> <p>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ</p> |
| | <p>ΟΝΟΜΑ: ΝΙΚΟΣ</p> <p>ΕΠΙΘΕΤΟ: ΛΙΛΗΤΟΣ</p> <p>ΕΤΑΙΡΕΙΑ: Ν. ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΛΤΔ</p> |

| ΚΑΤΟΙΚΙΑ Νο 4 - 178 m² | | | |
|---|--|---------------------------------|---|
| Δομικά Υλικά Κατοικίας | Όγκος σε m³/ επιφάνεια σε m²/ ποσότητα σε τεμάχια | Βάρος Υλικού σε κιλά | Ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικού του κτιρίου % |
| Κιλά χάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της κατοικίας | | 15000 Kg | 2.07 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Πλάκες και δοκοί) | 140 m ³ | 140 * 2300 = 322000Kg | 44.46 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 30/37 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Υποστυλώματα) | 18 m ³ | 18 * 2400 = 43200 Kg | 5.96 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (ΣΚΡΙΠ) | 18 m ³ | 18 * 2000 = 36000 Kg | 4.97 |
| Ποσότητα σε Μάρμαρο που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (σκάλα + πατούδες παραθύρων και πορτών) | 25 m ² * 0.03 m = 0.75m ³ | 0.75 * 2700 = 2025 Kg | 0.28 |
| Ποσότητα σε Γρανίτη που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (κουζίνες και νιπτήρες) | 8 m ² * 0.02m = 0.16 m ³ | 0.16 * 2775 = 444 Kg | 0.06 |
| Ποσότητα κεραμιδιών που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία | 2200 τεμάχια | 2200 * 3.19 = 7018Kg | 0.97 |
| Ποσότητα γυαλιού πάχους 4 mm που χρησιμοποιήθηκε | 70 m ² | 70 * 10 = 700 Kg | 0.09 |

| | | | |
|--|--|----------------------------------|-------|
| για την κατοικία (παράθυρα και πόρτες) | | | |
| Ποσότητα εξηλασμένης πολυστερίνης 3 cm που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | $170 \text{ m}^2 * 0.03 = 5.1 \text{ m}^3$ | $5.1 * 20 = 102 \text{ Kg}$ | 0.01 |
| Ποσότητα τσιμέντων που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 668 σάκοι των 25 Kg ο κάθε ένας | 16700Kg | 2.30 |
| Ποσότητα στεγνής λεπτόκοκκης άμμου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 165 m ³ | $165 * 1500 = 247500 \text{ Kg}$ | 34.17 |
| Ποσότητα κεραμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατοικία (60 * 60 cm) | 270 m ² | $270 * 15 = 4050 \text{ Kg}$ | 0.56 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 25 * 20 που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 2000 τεμάχια | $2000 * 11.5 = 23000 \text{ Kg}$ | 3.17 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 25 * 10 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | 900 τεμάχια | $900 * 6.5 = 5850 \text{ Kg}$ | 0.81 |
| Ποσότητα για μπογιές που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 310 Ltr | $310 * 1.53 = 474.3 \text{ Kg}$ | 0.07 |
| Ποσότητα αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | 350 Kg | 0.05 |


Πίνακας 3.4.1.5 Δεδομένα για κατοικία 5.

| |
|--|
| <p>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</p> <p>ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ</p> |
|--|

| Δομικά Υλικά Κατοικίας | Όγκος σε m³/ επιφάνεια σε m²/ ποσότητα σε τεμάχια | Βάρος Υλικού σε κιλά | Ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικού του κτιρίου % |
|---|--|---------------------------------|---|
| Κιλά χάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της κατοικίας | | 17000 Kg | 2.74 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 30/37 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Υποστυλώματα) | 13.5 m ³ | 13.5 * 2400 = 32400Kg | 5.22 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Πλάκες-δοκοί) | 135.5 m ³ | 135.5 * 2300 = 311650 Kg | 50.26 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (ΣΚΡΙΤ) | 19.5 m ³ | 19.5 * 2000 = 39000 Kg | 6.28 |
| Ποσότητα σε Μάρμαρο που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (σκάλα + πατούδες παραθύρων και πορτών) | 13 m ² * 0.03 m = 0.39m ³ | 0.39 * 2700 = 1053 Kg | 0.16 |
| Ποσότητα σε Γρανίτη που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (κουζίνες και νιπτήρες) | 10 m ² * 0.02m = 0.2 m ³ | 0.2 * 2775 = 555 Kg | 0.08 |

| | | | |
|--|--|---------------------------------|-------|
| Ποσότητα κεραμιδιών που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία | 2430 τεμάχια | $2430 * 3.19 = 7751.7\text{Kg}$ | 1.25 |
| Ποσότητα γυαλιού πάχους 4 mm που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία (παράθυρα και πόρτες) | 100 m ² | $100 * 10 = 1000 \text{ Kg}$ | 0.16 |
| Ποσότητα εξηλασμένης πολυστερίνης 3 cm που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | $170 \text{ m}^2 * 0.03 = 5.1 \text{ m}^3$ | $5.1 * 20 = 102 \text{ Kg}$ | 0.01 |
| Ποσότητα τσιμέντων που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 20 σάκοι των 25 Kg ο κάθε ένας | 500Kg | 0.08 |
| Ποσότητα στεγνής λεπτόκοκκης άμμου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 33 m ³ | $33 * 1500 = 49500 \text{ Kg}$ | 7.98 |
| Ποσότητα πυλού για σοβά | 65 m ³ | $65 * 1800 = 117000 \text{ Kg}$ | 18.86 |
| Ποσότητα κεραμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατοικία (60 * 60 cm) | 245 m ² | $245 * 15 = 3675 \text{ Kg}$ | 0.59 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 20 * 10 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | 7180 τεμάχια | $7180 * 5.3 = 38054 \text{ Kg}$ | 6.13 |
| Ποσότητα για μπογιές που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 320 Ltr | $320 * 1.53 = 483.6 \text{ Kg}$ | 0.08 |
| Ποσότητα αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | 450 Kg | 0.07 |

Πίνακας 3.4.1.6 Δεδομένα για κατοικία 6.

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</p> <p>ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ</p> <p>Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα</p> <p>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ</p> </div> </div> <p>ΟΝΟΜΑ: ΝΙΚΟΣ ΕΠΙΘΕΤΟ: ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑ: Ν. ΛΙΛΗΤΟΣ ΕΡΓΟΛΗΠΤΙΚΗ ΛΤΔ ΚΑΤΟΙΚΙΑ Νο 6 - 180 m²</p> | | | |
|---|--|--------------------------|---|
| Δομικά Υλικά Κατοικίας | Όγκος σε m ³ / επιφάνεια σε m ² / ποσότητα σε τεμάχια | Βάρος Υλικού σε κιλά | Ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικού του κτιρίου % |
| Κιλά γάλβα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της κατοικίας | / | 18000 Kg | 2.93 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 30/37 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Υποστυλώματα) | 14.5 m ³ | 14.5 * 2400 = 34800Kg | 5.67 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Πλάκες και δοκοί) | 136 m ³ | 136 * 2300 = 312800 Kg | 50.99 |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (ΣΚΡΙΠ) | 20 m ³ | 20 * 2000 = 40000 Kg | 6.52 |
| Ποσότητα σε Μάρμαρο που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (σκάλα + πατούδες παραθύρων και πορτών) | 13.5 m ² * 0.03 m = 0.405m ³ | 0.405 * 2700 = 1093.5 Kg | 0.17 |

| | | | |
|--|---|---------------------------------|-------|
| Ποσότητα σε Γρανίτη που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (κουζίνες και νιπτήρες) | $10 \text{ m}^2 * 0.02\text{m} = 0.2 \text{ m}^3$ | $0.2 * 2775 = 555 \text{ Kg}$ | 0.09 |
| Ποσότητα κεραμιδιών που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία | 2450 τεμάχια | $2450 * 3.19 = 7815.5\text{Kg}$ | 1.27 |
| Ποσότητα γυαλιού πάχους 4 mm που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία (παράθυρα και πόρτες) | 100 m ² | $100 * 10 = 1000 \text{ Kg}$ | 0.16 |
| Ποσότητα εξηλασμένης πολυστερίνης 3 cm που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | $180 \text{ m}^2 * 0.03 = 5.4 \text{ m}^3$ | $5.4 * 20 = 108 \text{ Kg}$ | 0.01 |
| Ποσότητα τσιμέντων που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 20 σάκοι των 25 Kg ο κάθε ένας | 500Kg | 0.08 |
| Ποσότητα στεγνής λεπτόκοκκης άμμου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 33 m ³ | $33 * 1500 = 49500 \text{ Kg}$ | 8.07 |
| Ποσότητα πυλού για σοβά | 60 m ³ | $65 * 1800 = 108000 \text{ Kg}$ | 17.60 |
| Ποσότητα κεραμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατοικία (60 * 60 cm) | 260 m ² | $260 * 15 = 3900 \text{ Kg}$ | 0.63 |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 20 * 10 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | 6500 τεμάχια | $6500 * 5.3 = 34450 \text{ Kg}$ | 5.61 |
| Ποσότητα για μπογιές που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | 320 Ltr | $320 * 1.53 = 483.6 \text{ Kg}$ | 0.08 |
| Ποσότητα αλουμινίου που | | 450 Kg | 0.07 |

| | | | | |
|-----------------------------|------|--|--|--|
| χρησιμοποιήθηκε κατοικία | στην | | | |
|-----------------------------|------|--|--|--|

Όσον αφορά τα υλικά τα οποία οι ποσότητες στα τιμολόγια αναγράφονταν σε m² ή σε τεμάχια και δεν μπορούσε να μετρηθεί το βάρος τους κατευθείαν στο εργοτάξιο, **το βάρος υπολογίστηκε μέσο του ειδικού βάρους του υλικού (φαινόμενο βάρος)** το οποίο είτε πάρθηκε από το εργοστάσιο παραγωγής του υλικού είτε μέσω της διεθνούς βιβλιογραφίας. Τα ειδικά βάρη των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4.1.7.

Πίνακας 3.4.1.7 με τα ειδικά βάρη των υλικών (Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου σκυροδέματος, 2000; Καραγιάννης Χρ. Σχεδιασμός κατασκευών απο οπλισμένο σκυρόδεμα έναντι σεισμού)

| Υλικό | Ειδικό βάρος υλικού σε Kg/m ³ |
|----------------------------------|--|
| Έτοιμο σκυρόδεμα C 30/37 | 2400 |
| Έτοιμο σκυρόδεμα C 20/25 | 2300 |
| Έτοιμο σκυρόδεμα C 20/25 (ΣΚΡΙΤ) | 2000 |
| Μάρμαρο | 2700 |
| Γρανίτης | 2775 |
| Εξηλασμένη πολυστερίνη | 20 |
| Στεγνή λεπτόκοκκη άμμος | 1500 |
| Πυλός για επίχρισμα σοβά | 1800 |

Επίσης το βάρος γυαλιού πάχους 4mm ανά τετραγωνικό μέτρο είναι 10 Kg, το βάρος κεραμικού ανά τετραγωνικό μέτρο είναι 15 Kg και το βάρος της μπογιάς ανά λίτρο είναι 1.53 Kg. Τέλος κάθε τεμάχιο κεραμιδιού ζυγίζει 3.19 Kg, κάθε τεμάχιο τούβλου 30x20x25, 30x25x10 και 30x20x10 ζυγίζουν 11.5 , 6.5 και 5.5 κιλά αντίστοιχα.

Το πάχος τους μαρμάρου που χρησιμοποιήθηκε στις κατοικίες είναι 3cm, του γρανίτη 2cm και της εξηλασμένης πολυστερίνης 3cm.

3.4.2 Παρουσίαση δεδομένων σε γραφήματα

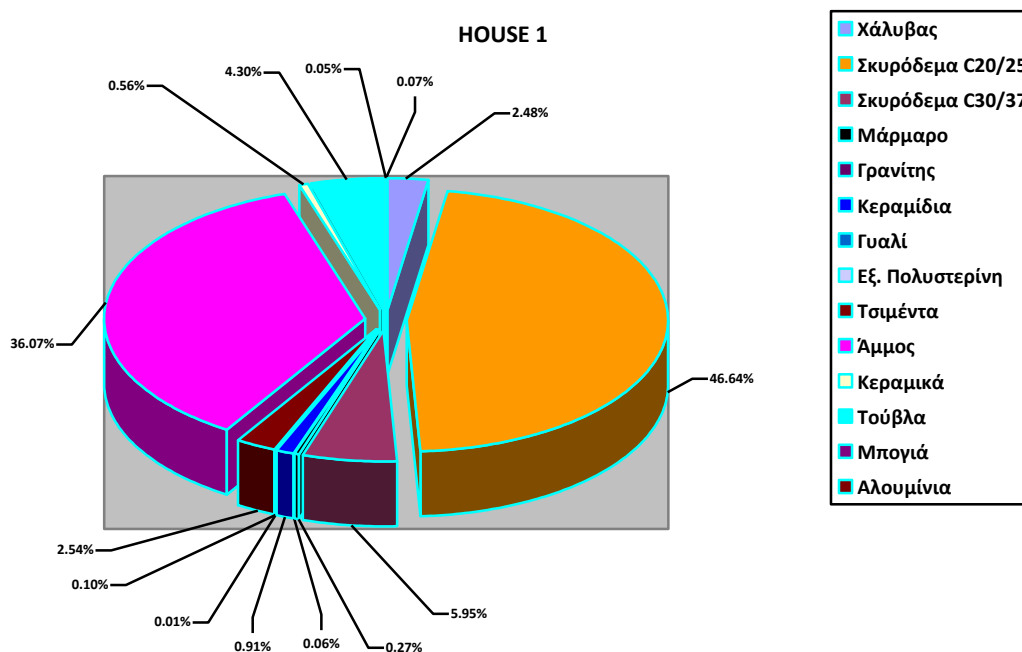
Πίνακας 3.4.2.1 με ποσοστιαία κατανομής μάζας υλικού του κτιρίου σε ποσοστό επί %.

| Υλικό A/A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Χάλυβας | 2.48 | 2.99 | 3.03 | 2.07 | 2.74 | 2.93 |
| Σκυρόδεμα C20/25 | 41.40 | 43.94 | 50.63 | 44.46 | 50.26 | 50.99 |
| Σκυρόδεμα C30/37 | 5.95 | 6.17 | 5.19 | 5.96 | 5.22 | 5.67 |
| Σκυρόδεμα C20/25 ΣΚΡΙΤ | 5.25 | 5.32 | 5.03 | 4.97 | 6.28 | 6.52 |
| Μάρμαρο | 0.26 | 0.10 | 0.25 | 0.28 | 0.16 | 0.17 |
| Γρανίτης | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.09 |
| Κεραμίδια | 0.91 | 1.06 | 1.30 | 0.97 | 1.25 | 1.27 |
| Γυαλί | 0.10 | 0.13 | 0.14 | 0.09 | 0.16 | 0.16 |
| XPS | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Τσιμέντα | 2.54 | 1.83 | 1.73 | 2.30 | 0.08 | 0.08 |
| Άμμος | 36.07 | 32.90 | 25.99 | 34.17 | 7.98 | 8.07 |
| Σοβάς | | | | | 18.86 | 17.60 |
| Κεραμικά | 0.56 | 0.67 | 0.77 | 0.56 | 0.59 | 0.63 |
| Τούβλα μεγάλα | 3.35 | 3.82 | 4.58 | 3.17 | 6.13 | 5.61 |
| Τούβλα μικρά | 0.95 | 0.86 | 1.13 | 0.81 | | |

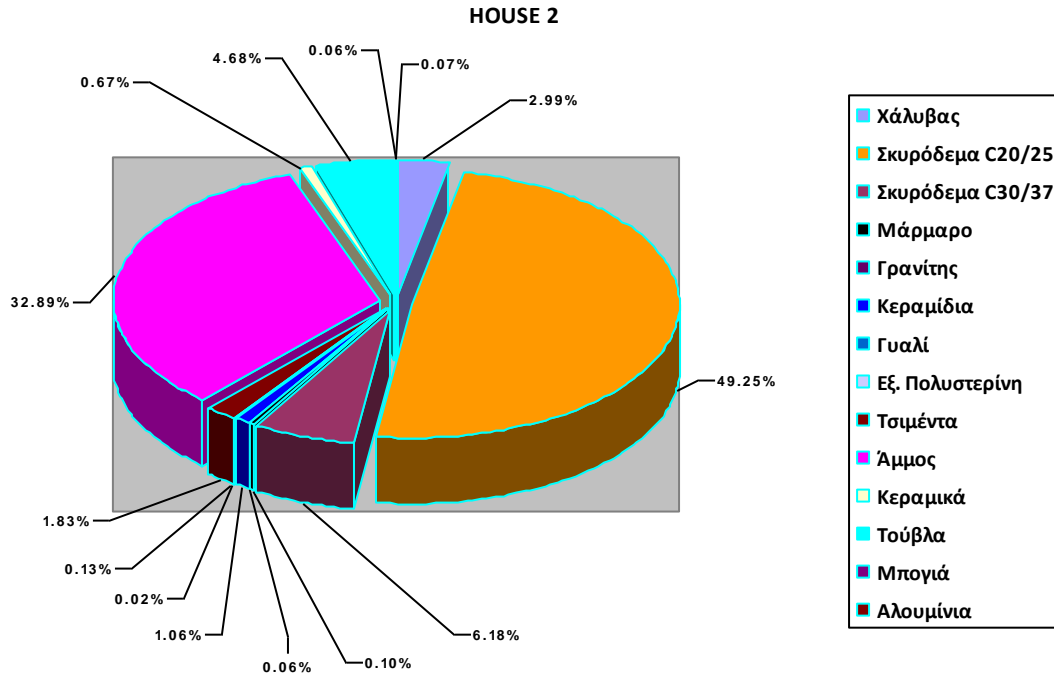
| | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Μπογιά | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.08 |
| Αλουμίνιο | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.07 |

Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά των υλικών κυμαίνονται περίπου στα ίδια επίπεδα και δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους για όλες τις κατοικίες. Αυτό άλλωστε αναμενόταν αφού όλες οι κατοικίες είναι σχεδόν του ίδιου μεγέθους και κατασκευάζονται με το ίδιο τρόπο.

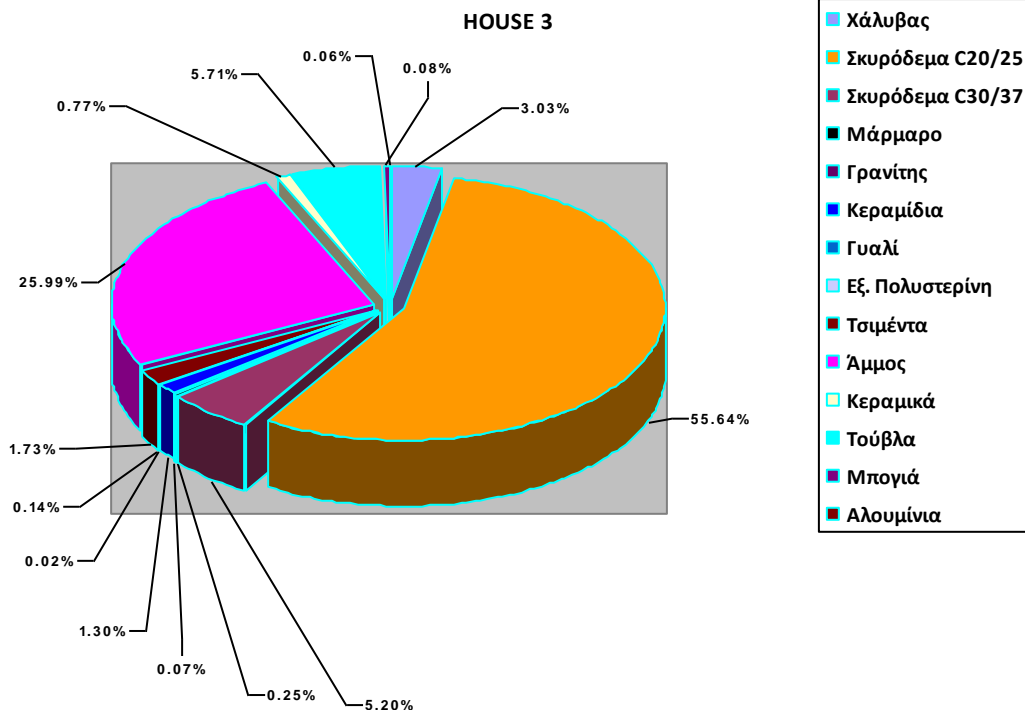
Πιο κάτω παρουσιάζονται τα γραφήματα με τη ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικών για όλες τις κατοικίες σύμφωνα με τους ως άνω πίνακες. Το σκυρόδεμα C20/25 αθροίζεται μαζί με το σκυρόδεμα C20/20 ΣΚΡΙΤ. Το ίδιο και τα τούβλα.



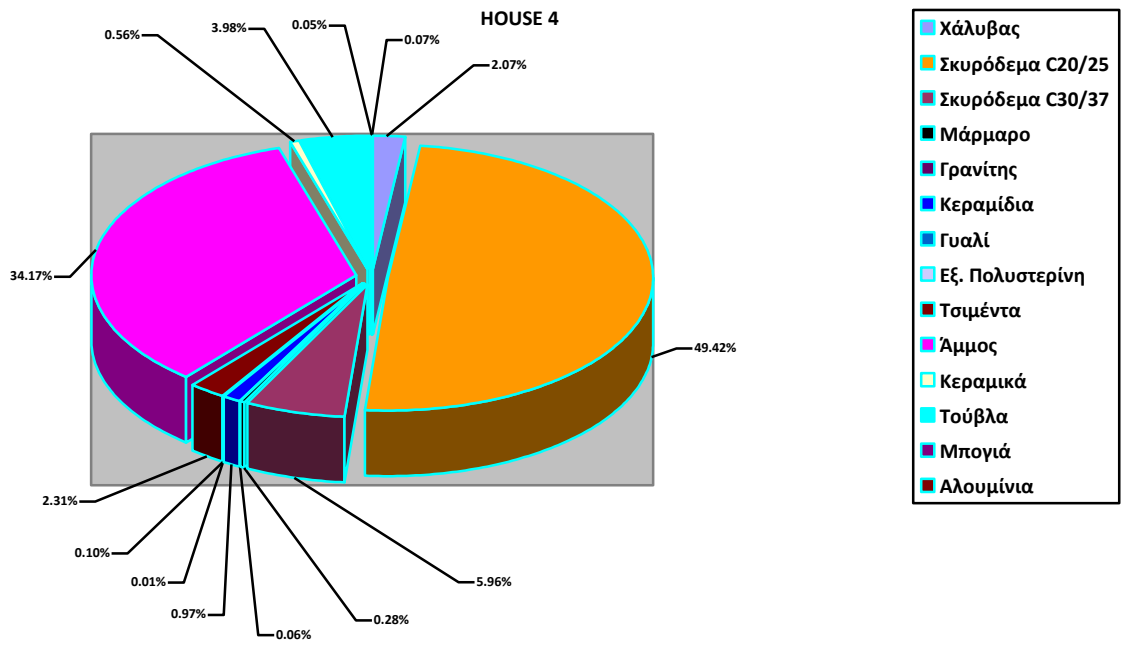
Εικόνα 3.4.2.1 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 1.



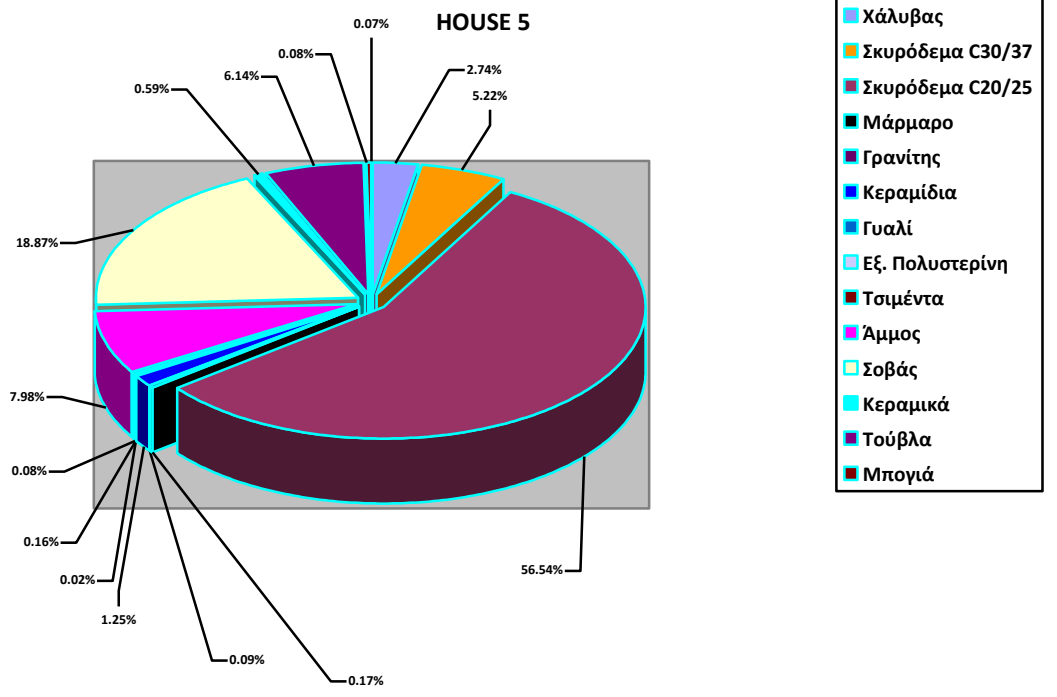
Εικόνα 3.4.2.2 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 2.



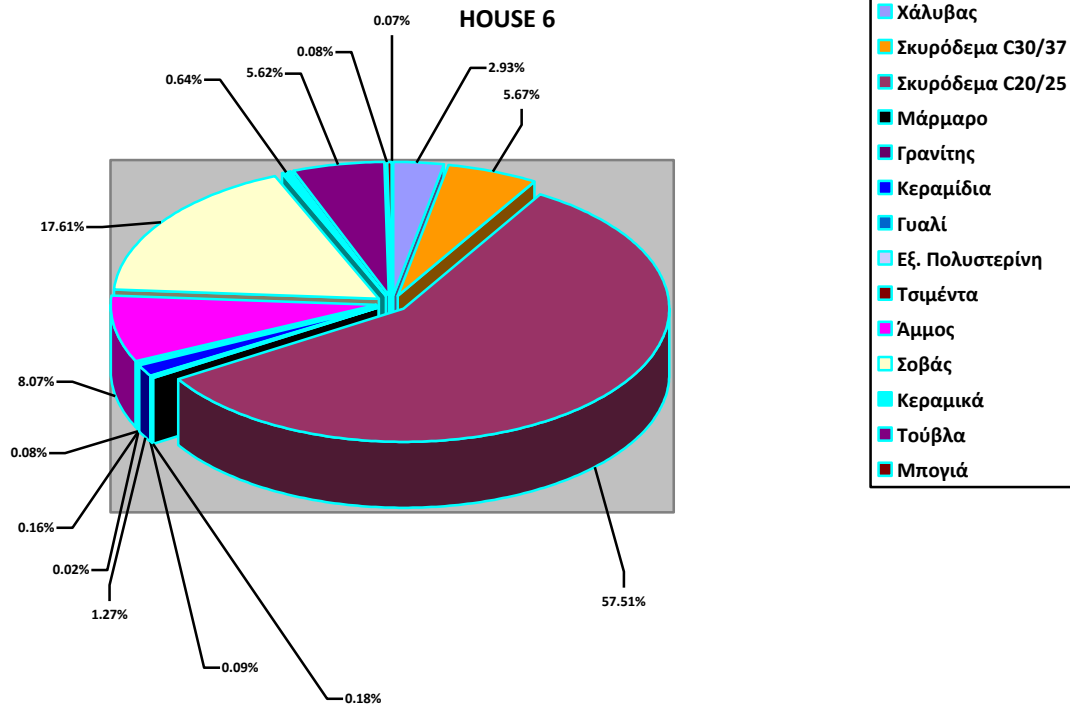
Εικόνα 3.4.2.3 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 3.



Εικόνα 3.4.2.4 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 4.



Εικόνα 3.4.2.5 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 5.



Εικόνα 3.4.2.6 με γράφημα για την ποσοστιαία κατανομή μάζας των υλικών του House 6.

Από τα πιο πάνω γραφήματα φαίνεται ότι το σκυρόδεμα, η άμμος, τα τούβλα ο χάλυβας και το τσιμέντο αποτελούν τα μεγαλύτερα ποσοστά των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μιας κατοικίας. Ακολουθούν το μάρμαρο, ο γρανίτης, τα κεραμίδια, το γυαλί, η εξηλασμένη πολυστερίνη, τα κεραμικά, η μπογιά και τα αλουμίνια πλαίσια με πολύ χαμηλότερα ποσοστά.

3.4.3 Παραδοχές για την επεξεργασία των δεδομένων

Για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών το σκυρόδεμα C20/25 και το ελαφροσκυρόδεμα C20/25 το οποίο χρησιμοποιείται ως 10cm επικάλυψη σωληνώσεων κλπ στα δάπεδα θεωρούνται ότι είναι το ίδιο υλικό. Επίσης τα τούβλα των διαφόρων μεγεθών με το ίδιο υλικό προσθέτονται για να καταλήξουμε σε ένα συνολικό βάρος τούβλων.

Από τα πιο πάνω γραφήματα διαφαίνεται ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά της κατανομής της μάζας σε μια κατοικία από οπλισμένο σκυρόδεμα τα έχουν το σκυρόδεμα, τα υλικά για την κατασκευή συνδετικού

πυλού μεταξύ τούβλων καθώς και του επιχρίσματος σοβά όπως η λεπτόκοκκη στεγνή άμμος και το τσιμέντο, τα τούβλα και ο χάλυβας. Όσον αφορά τις περιπτώσεις των κατοικιών 1 έως 4 το επίχρισμα σοβά φτιάχνεται στο εργοτάξιο, γι' αυτό έχουμε μεγάλες ποσότητες άμμου και τσιμέντου. Στις κατοικίες 5 και 6 το επίχρισμα σοβά είναι έτοιμο και φτιάχνεται στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος. Ως εκ τούτου το βάρος του έτοιμου σοβά θα διαχωριστεί σε βάρος τσιμέντου με ποσοστό 6.5% και στεγνής λεπτόκοκκης άμμου με ποσοστό 93.5% του συνολικού βάρους. Το ποσοστό αυτό έχει υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τα ποσοστά σε άμμο και τσιμέντο των πρώτων τεσσάρων κατοικιών.

Η απόσταση μεταφοράς των υλικών από το εργοστάσιο παραγωγής στο εργοτάξιο μέσω φορτηγών θεωρείται ως η δυσμενέστερη περίπτωση των 100 Km. Επιδή οι αποστάσεις στην Κύπρο είναι μικρές, για παράδειγμα η Λευκωσία απέχει από την επαρχία Αμμοχώστου είναι περίπου 100km, η απόσταση αυτή είναι η μέγιστη απόσταση η οποία μπορεί να διανύσει ένα όχημα για την μεταφορά υλικών. Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται κατά τη φάση της κατασκευής μιας κατοικίας είναι 150 kWh σύμφωνα με τα τιμολόγια της εργοληπτικής εταιρείας.

Όλα τα στοιχεία τα οποία αφορούν την φάση της χρήσης του κτιρίου παίρνονται από το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης ΠΕΑ της κατοικίας 1 και θεωρούνται ίδια για όλες τις κατοικίες. Όπως προαναφέραμε το ΠΕΑ εκδίδεται για κατοικία ενεργειακής απόδοσης κατηγορίας B με τις ελάχιστες απαιτήσεις που καθορίζονται από την νομοθεσία.

Θεωρούμε ότι στη φάση της χρήσης και συντήρησης της, η κατοικία θα μοιραζόμαστε μία φορά κάθε 8 έτη.

Τέλος θεωρούμε ότι δεν θα γίνει καμία ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας στην κατοικία κατά τη διάρκεια αυτών των 80 ετών του κύκλου ζωής της.

Σύμφωνα με το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων οι απαιτήσεις για θέρμανση/ψύξη του κτιρίου, ζεστό νερό, φωτισμό και οικιακό εξοπλισμό κυμαίνονται στις 171 kWh/m²/yr δηλαδή περίπου 171*120m²=20520 KWh το έτος για ολόκληρη την κατοικία (θεωρείται ωφέλιμος χώρος κατοικίας τα 120 m²). Άρα στα 80 έτη του χρόνου ζωής του κτιρίου απαιτούνται 1641600 KWh.

Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα GaBi 6 θα προκύψουν από το μέσο όρο των έξι κατοικιών οι οποίες περιγράφονται πιο πάνω μέσω του προγράμματος SPSS 21. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 3.4.3.1, 3.4.3.2 και 3.4.3.3

Πίνακας 3.4.3.1 Συνοπτικός πίνακας δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των μέσων όρων οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο GaBi 6 σε Kg.

| A/A | Χάλυβας | Σκυρόδεμα C20/25 | Σκυρόδεμα C30/37 | Μάρμαρο | Γρανίτης | Κεραμίδια | Γυαλί | XPS | Τσιμέντα | Άμμος | Κεραμικά | Τούβλα | Μπογά ιο | Αλουμίν ιο |
|-----|---------|---------------------|---------------------|---------|----------|-----------|-------|-----|----------|--------|----------|--------|-------------|---------------|
| 1 | 17000 | 320050 | 40800 | 1823 | 555 | 7816 | 700 | 90 | 17450 | 247500 | 3825 | 29500 | 450 | 350 |
| 2 | 18000 | 296500 | 37200 | 608 | 555 | 7752 | 800 | 105 | 11000 | 198000 | 4050 | 28200 | 429 | 360 |
| 3 | 17500 | 321100 | 30000 | 1458 | 444 | 7018 | 800 | 132 | 10000 | 150000 | 4425 | 32950 | 459 | 360 |
| 4 | 15000 | 358000 | 43200 | 2025 | 389 | 7496 | 700 | 102 | 16700 | 247500 | 4050 | 28850 | 475 | 350 |
| 5 | 17000 | 350650 | 32400 | 1053 | 361 | 6380 | 1000 | 102 | 8105 | 158895 | 3675 | 38054 | 484 | 450 |
| 6 | 18000 | 352800 | 34800 | 1094 | 389 | 6253 | 1000 | 108 | 7520 | 150480 | 3900 | 34450 | 484 | 450 |

Πίνακας 3.4.3.2 Μέσοι όροι των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα GaBi (Statistics)

| | | Ποσότητα χάλυβα σε κιλά | Ποσότητα σκυροδέματος C20/25 σε κιλά | Ποσότητα σκυροδέματος C30/37 σε κιλά | Ποσότητα Μαρμάρου σε κιλά | Ποσότητα Γρανίτη σε κιλά | Ποσότητα κεραμιδιών σε κιλά | Ποσότητα γυαλιού σε κιλά |
|-------------|---------|-------------------------------|--|--|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| N | Valid | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | Missing | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mean | | 17083.33 | 333183.33 | 36400.00 | 1343.50 | 448.83 | 7119.17 | 833.33 |
| | 25 | 16500.00 | 314162.50 | 31800.00 | 941.75 | 382.00 | 6348.25 | 700.00 |
| Percentiles | 50 | 17250.00 | 335875.00 | 36000.00 | 1276.00 | 416.50 | 7257.00 | 800.00 |
| | 75 | 18000.00 | 354100.00 | 41400.00 | 1873.50 | 555.00 | 7768.00 | 1000.00 |

Πίνακας 3.4.3.3 Μέσοι όροι των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα GaBi (Statistics)

| | | Ποσότητα εξυλασμένη ς πολυστερίν ης σε κιλά | Ποσότητα τσιμέντων σε κιλά | Ποσότητα στεγνής λεπτόκοκκης άμμου σε κιλά | Ποσότητα κεραμικών σε κιλά | Ποσότητα τούβλων τοιχοποιίας σε κιλά | Ποσότητα μπογιάς σε κιλά | Ποσότητα αλουμινίου κουφωμάτων σε κιλά |
|-------------|---------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|---|--------------------------------|---|
| N | Valid | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | Missing | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mean | | 106.50 | 11795.83 | 192062.50 | 3987.50 | 32000.67 | 463.50 | 386.67 |
| | 25 | 99.00 | 7958.75 | 150360.00 | 3787.50 | 28687.50 | 444.75 | 350.00 |
| Percentiles | 50 | 103.50 | 10500.00 | 178447.50 | 3975.00 | 31225.00 | 467.00 | 360.00 |
| | 75 | 114.00 | 16887.50 | 247500.00 | 4143.75 | 35351.00 | 484.00 | 450.00 |

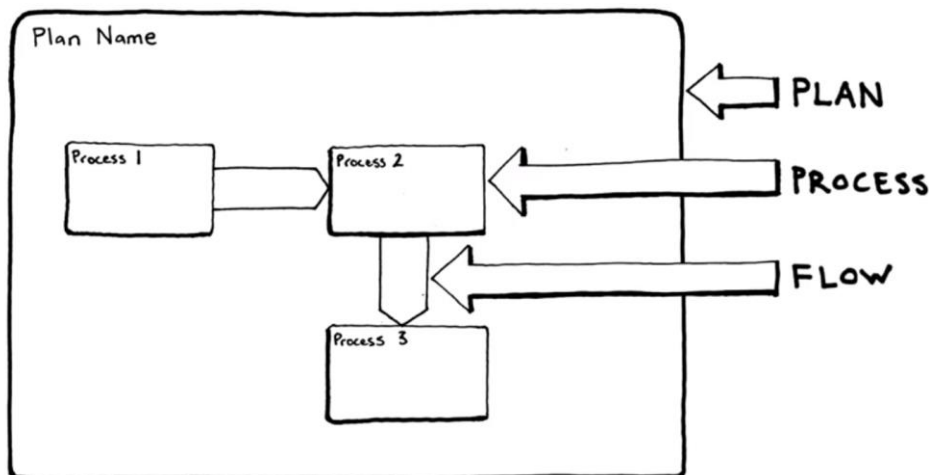
Κεφάλαιο Τέταρτο

4. Αποτελέσματα

4.1 Δημιουργία δύο μοντέλων στο πρόγραμμα GaBi 6 και εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Το πρόγραμμα GaBi 6 όπως προαναφέραμε έχει μία τεράστια βάση δεδομένων με διάφορα υλικά από πολλές βιομηχανίες. Μια από αυτές είναι και η οικοδομική βιομηχανία την οποία θα χρησιμοποιήσουμε στη συγκεκριμένη διατριβή. Τα δεδομένα συλλέγονται από την ομάδα του PE international κατευθείαν από τις βιομηχανίες μέσω της παγκόσμιας βιομηχανικής βάσης δεδομένων αλλά και μέσα από διάφορες βιβλιοθήκες. Σύμφωνα με την ομάδα του thinkstep η βιβλιοθήκη του προγράμματος αναβαθμίζεται συνεχώς κάθε χρόνο και σε αυτή προστίθενται όλο και περισσότερα νέα υλικά (www.thinkstep.com).

Το πρόγραμμα GaBi βασίζεται σε πλάνα (Plan), σε διεργασίες (Process) και σε ροές δεδομένων (Flow) όπως φαίνετε στο σχεδιάγραμμα 4.1.1.

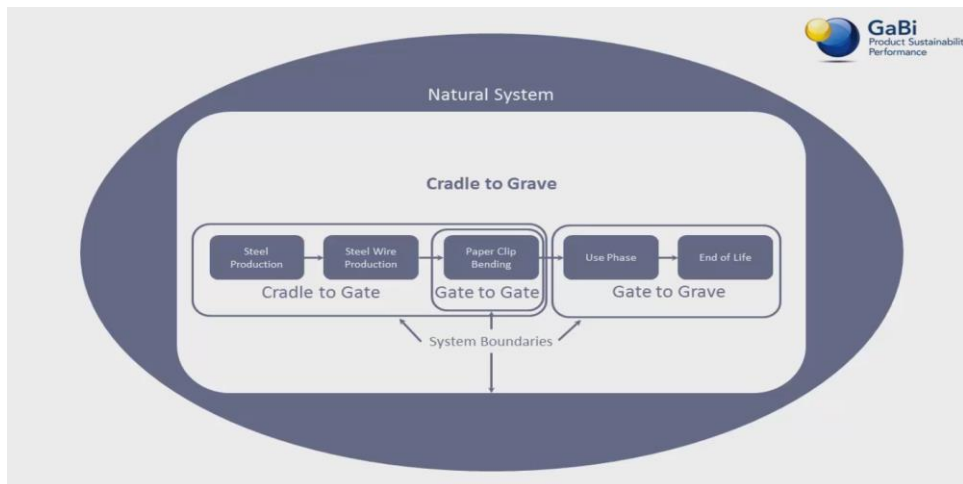


Εικόνα 4.1.1 Παρουσίαση λειτουργίας του προγράμματος GaBi

Η διαδικασία που ακολουθείται για την δημιουργία ενός μοντέλου στο συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι η εξής:

1. Ενεργοποίηση μιας βάσης δεδομένων, στην δική μας περίπτωση της βάσης δεδομένων της εκπαιδευτικής έκδοσης η οποία όπως προαναφέραμε παρέχεται δωρεάν σε φοιτητές και πανεπιστήμια μετά από αίτηση.
2. Δημιουργία ενός έργου (project) το οποίο πρέπει να ενεργοποιούμε κάθε φορά πριν το χρησιμοποιήσουμε και ενός ή πολλών πλάνων (plan) μέσα στο πρόγραμμα τα οποία θα αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο έργο που ενεργοποιήσαμε. Αυτό γίνεται ούτως ώστε σε περίπτωση που θελήσουμε, να μπορούμε να δημιουργήσουμε πολλά πλάνα μέσα σε ένα project χωρίς να προκαλείται κάποια σύγχυση. Ενεργοποιώντας το project ακολούθως όποιο πλάνο και να δημιουργήσουμε αυτό να εντάσσετε κατευθείαν στο συγκεκριμένο project.
3. Προσθήκη διεργασιών μέσα στο πλάνο το οποίο δημιουργήσαμε. Οι διεργασίες οι οποίες θα χρησιμοποιήσουμε μπορεί να υπάρχουν ήδη στη βάση δεδομένων ή να τις δημιουργήσουμε εμείς αφού το πρόγραμμα μας δίνει αυτή τη δυνατότητα. Υπάρχουν διαφόρων τύπων διεργασίες όπως μονάδες διεργασίας μονής λειτουργίας (U-so), μονάδες διεργασίας μαύρου κουτιού (U-bb), αποτελέσματα LCI (agg), μερικός τερματισμένα συστήματα (P-agg) και συστήματα προϊόντος προς αποφυγή (aps). Μέσα στις διεργασίες τις οποίες θα δημιουργήσουμε πρέπει να προσθέσουμε τις εισροές και τις εκροές για τις οποίες γνωρίζουμε εκ των προτέρων τι ποσό θα χρησιμοποιήσουμε πχ ποσότητα σε Kg. Οι ροές αυτές μπορεί να υπάρχουν ήδη μέσα στο πρόγραμμα αλλά το πρόγραμμα μας δίνει επίσης τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε δικές μας ροές. Οι ροές χωρίζονται σε στοιχειώδεις (δηλαδή οι ροές μεταξύ των διεργασιών) και μη στοιχειώδης ροές (δηλαδή οι ροές οι οποίες εισέρχονται και εξέρχονται από το πλάνο το οποίο δημιουργήσαμε).
4. Σύνδεση όλων των διεργασιών του πλάνου μεταξύ τους ούτως ώστε να δημιουργηθεί το μοντέλο μας. Οι εκροές μιας διεργασίας συνδέονται με τις εισροές μιας άλλης διεργασίας και μεταφέρονται. Στην περίπτωση που εκροές δεν έχουν κάποια σχέση με τις εισροές τότε η σύνδεση των διεργασιών δεν μπορεί να υλοποιηθεί. Το πρόβλημα μας δίνει οπτική δυνατότητα ούτως ώστε να βλέπουμε αν όλες οι εκροές μιας διεργασίας έχουν αντιστοιχιστεί με τις εισροές μια άλλης διεργασίας. Επίσης μας δίνει την δυνατότητα να επιλέξουμε χειροκίνητα την συγκεκριμένη συσχέτιση. Το πρόγραμμα μας δίνει επίσης την δυνατότητα να προσθέτουμε ένα πλάνο μέσα σε άλλο πλάνο ώστε να καταλήξουμε στο τελικό μας μοντέλο.
5. Υπολογισμός και εξαγωγή αποτελεσμάτων μέσω διαγραμμάτων και πινάκων τα οποία έχουμε τη δυνατότητα να τα επεξεργαστούμε εικονικά δημιουργώντας ένα καλαίσθητο και ευκολονόητο αποτέλεσμα.

Ένα απλό παράδειγμα ενός φυσικού συστήματος από το λίκνο μέχρι την ταφή στο πρόγραμμα GaBi 6, το οποίο παρουσιάζετε στην ιστοσελίδα του προγράμματος, παρορθιάζεται στην εικόνα 4.1.2.



Εικόνα 4.1.2 Παρουσίαση ενός φυσικού συστήματος στο πρόγραμμα GaBi

Τα όρια του συστήματος από το λίκνο μέχρι την ταφή όπως παρουσιάζονται στην πιο πάνω εικόνα στο συγκεκριμένο παράδειγμα χωρίζονται σε τρία στάδια. Στην εξαγωγή των πρώτων υλών και την παραγωγή του υλικού, στο τελικό προϊόν και στην χρήση και το τέλος ζωής του υλικού.

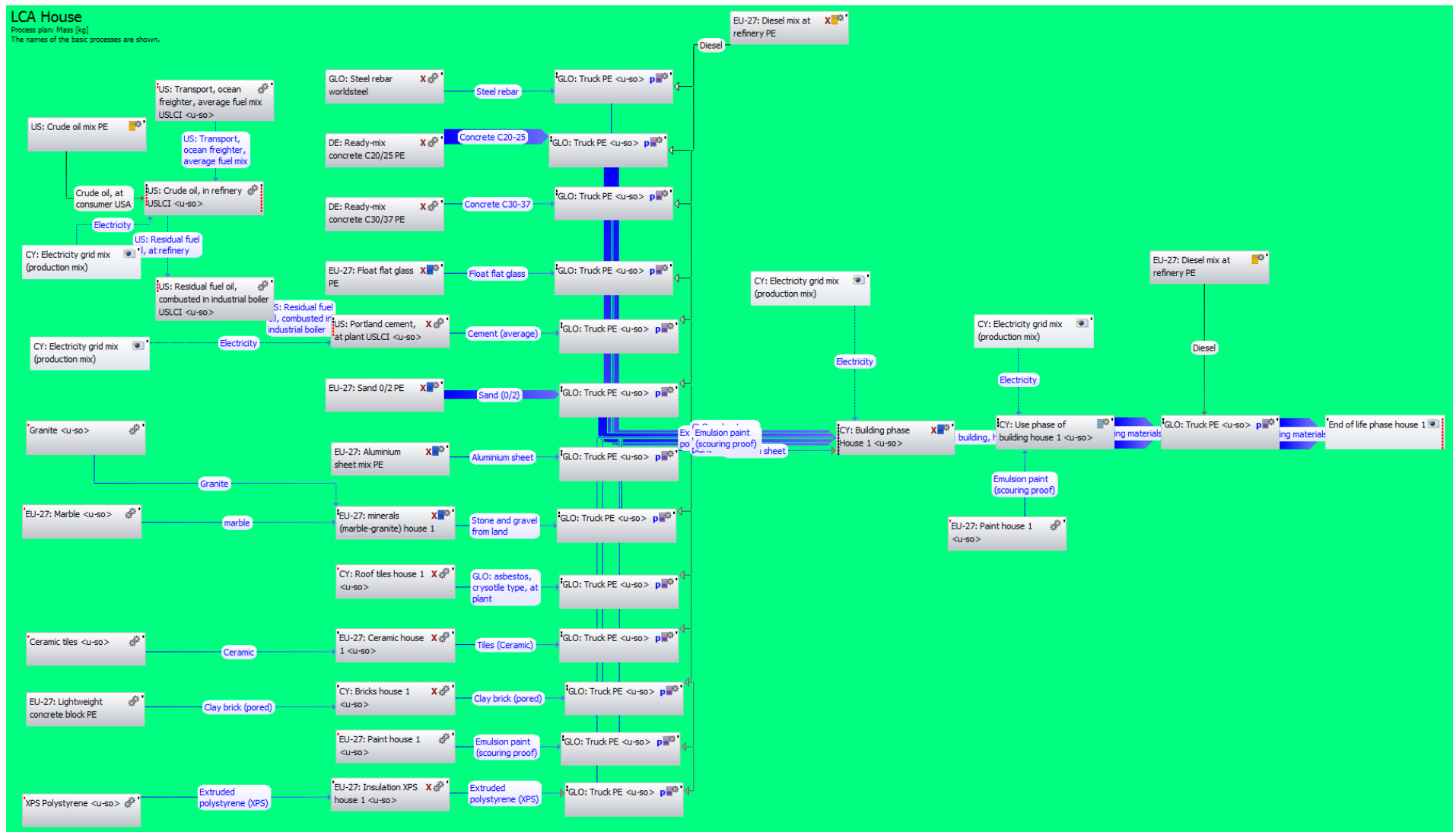
Στο GaBi υπάρχουν πολλές μέθοδοι της εκτίμησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής όπως:

1. AADP
2. CML 2001
3. EDIP 2003
4. Impact 2002+
5. ILCD recommendation
6. ReCiPe
7. TRACI 2.1
8. UBP 2013
9. USEtox
10. Eco-Indicator 99
11. PE LCIA Survey 2012
12. IPCC AR5

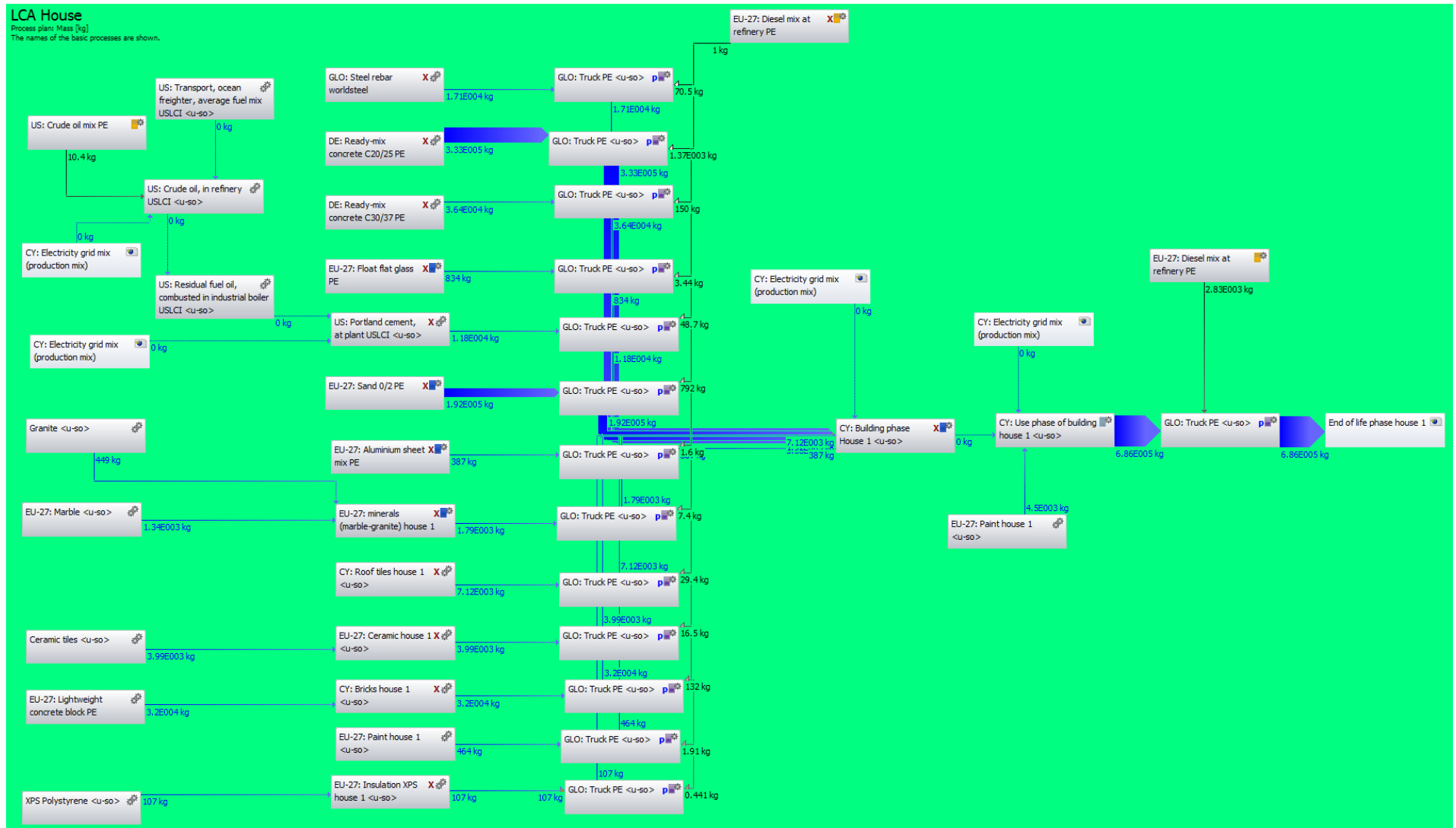
13. TRUCOST Natural Capital Accounting global coefficients

Η μέθοδος International Reference Life Cycle Data System (ILCD) βρίσκεται μέσα στις συστάσεις του Ευρωπαϊκού πλαισίου για την εκτίμηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής και τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου θα χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων της συγκεκριμένης διατριβής. Μάλιστα η Ε.Ε έχει εκδώσει και εγχειρίδιο χρήσης στο οποίο περιγράφεται η μέθοδος και η σημαντικότητα της χρήσης της στην βιομηχανία (europa.eu; Wolf et al. 2012). Το εγχειρίδιο αυτό περιέχει τέσσερα βασικά θέματα: τις γενικές κατευθυντήριες οδηγίες για την ΑΚΖ, την καθοδήγηση για την εκτίμηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής LCI, τις απαιτήσεις για περιβαλλοντική αξιολόγηση καθώς και τα μοντέλα και τους δείκτες για την ΑΚΖ και τέλος τα προγράμματα αξιολόγησης της ΑΚΖ (Pennington et al. 2010). Τα αποτελέσματα στις πιο πολύ διαδεδομένες μεθόδους, δηλαδή την IMPACT 2002+, ReCiPe 2008 και ILCD's δεν διαφέρουν και ιδιαίτερα οπότεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και μια από αυτές τις μεθόδους ως εναλλακτική (Owsianiak, Laurent, Bjorn and Hauschild, 2014).

Στο μοντέλο το οποίο δημιουργήσαμε για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων προσπαθήσαμε να συμπεριλάβουμε σχεδόν όλες τις διεργασίες του κύκλου ζωής μιας κατοικίας από οπλισμένο σκυρόδεμα με τον πιο αναλυτικό τρόπο. Το μοντέλο παρουσιάζεται πιο κάτω. Στην εικόνα 4.1.3 παρουσιάζεται το μοντέλο με τις ροές ενώ στην εικόνα 4.1.4 παρουσιάζεται το μοντέλο με τις ακριβείς ποσότητες σε Kg των ροών οι οποίες έχουν υπολογιστεί ως μέσος όρος για τις 8 κατοικίες. Ακολούθως παρουσιάζονται σε διαγράμματα και τα αποτελέσματα με την μέθοδο ILCD.



Εικόνα 4.1.3 Τελικό μοντέλο στο πρόγραμμα GaBi με ροές.



Εικόνα 4.1.4 Τελικό μοντέλο στο πρόγραμμα GaBi με ποσότητες υλικών.

Το πιο πάνω μοντέλο περιλαμβάνει τα περισσότερα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή μιας τυπικής κατοικίας καθώς και τη μεταφορά τους προς το εργοτάξιο σε απόσταση 100Km. Ξεκινώντας από τις πρώτες ύλες και σε ορισμένες περιπτώσεις από έτοιμα υλικά όπως το σκυρόδεμα, ο χάλυβας το γυαλί και το τσιμέντο πόρτλαντ ενώνουμε όλες τις διεργασίες με το μεταφορικό μέσο το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι φορτηγό το οποίο μπορεί να μεταφέρει μέχρι και 7.5tn υλικών στην κάθε διαδρομή. Το καύσιμο του συγκεκριμένου οχήματος είναι το πετρέλαιο. Ακολουθώς φτάνουμε στη φάση της κατασκευής του κτιρίου με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτήθηκε για αυτή τη φάση, στη φάση της χρήσης του κτιρίου με την απαιτούμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και την συντήρηση/μπαγιάντισμα, ακολούθησε η φάση της κατεδάφισης και της μεταφοράς των υλικών στους χώρους όπου θα ανακυκλωθούν/επαναχρησιμοποιηθούν ή θα ταφούν με τον ίδιο τύπο οχήματος που περιγράψαμε προηγουμένως. Σε αυτή τη φάση θεωρήσαμε ότι το αλουμίνιο, τα τούβλα, το τσιμέντο, το γυαλί, η μπόγια τοίχου, η XPS, ο χάλυβας, τα τούβλα και η άμμος θα πάνε προς τελική διάθεση ενώ το σκυρόδεμα θα ανακυκλωθεί. Το συγκεκριμένο πλάνο παρουσιάζεται στην εικόνα 4.1.5 ώστε να σχηματιστεί περίπου μια ιδέα πως λειτουργεί το συγκεκριμένο πρόγραμμα.

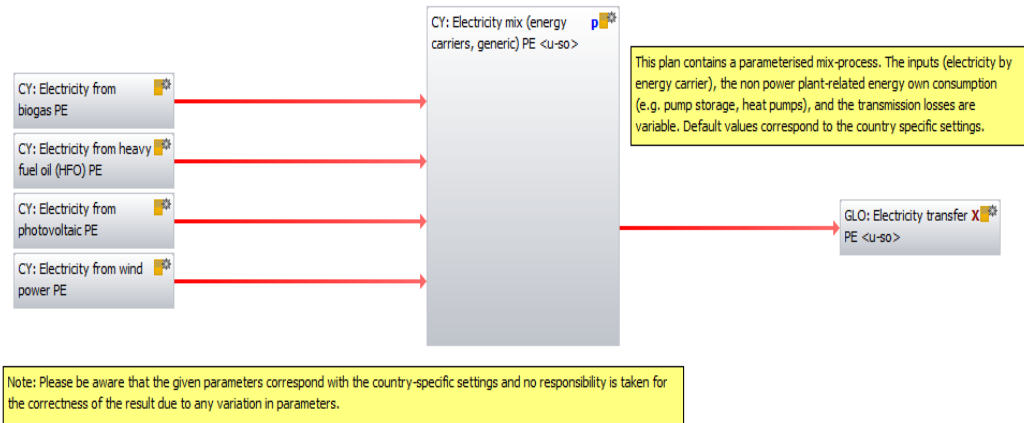
| Flow | Quantity | Amount | Unit | Tre | Standar | Origin | Comment |
|--|----------|----------|------|-----|---------|----------------|---------|
| building materials [Construction] | Mass | 6.03E005 | kg | X | 0 % | (No statement) | |
| CH: disposal, aluminium, 0% water, to sanitary landfill [sanitary landfill facility] | Mass | 387 | kg | X | 0 % | (No statement) | |
| CH: disposal, building, brick, to final disposal [building demolition] | Mass | 3.2E004 | kg | X | 0 % | Measured | |
| CH: disposal, building, cement (in concrete) and mortar, to final disposal [building demolition] | Mass | 1.18E004 | kg | X | 0 % | (No statement) | |
| CH: disposal, building, concrete, not reinforced, to recycling [Recycling] | Mass | 3.7E005 | kg | X | 0 % | Measured | |
| CH: disposal, building, glazing 2-IV, U<1.1W/m2K, to final disposal [building demolition] | Area | 62 | sqm | X | 0 % | (No statement) | |
| CH: disposal, building, paint on walls, to final disposal [building demolition] | Mass | 3.71E003 | kg | X | 0 % | (No statement) | |
| CH: disposal, building, polystyrene isolation, flame-retardant, to final disposal [building demolition] | Mass | 107 | kg | X | 0 % | Measured | |
| CH: disposal, building, reinforcement steel, to final disposal [building demolition] | Mass | 1.71E004 | kg | X | 0 % | (No statement) | |
| CH: disposal, limestone residue, 5% water, to inert material landfill [inert material landfill facility] | Mass | 1.29E004 | kg | X | 0 % | (No statement) | |
| US: Dummy_Disposal, sand, to sanitary landfill [Dummy Flows] | Mass | 1.92E005 | kg | X | 0 % | (No statement) | |

Εικόνα 4.1.5 Παρουσίαση της διεργασίας End Of Life στο πρόγραμμα GaBi.

Ως ηλεκτρική ενέργεια θεωρείται η ενέργεια από το συμβατικό σημερινό ηλεκτρικό δίκτυο της Κύπρου το οποίο περιλαμβάνει ενέργεια από βιοαέριο, την ενέργεια από συμβατικά καύσιμα, από φωτοβολταϊκά και από αιολικά πάρκα όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1.6.

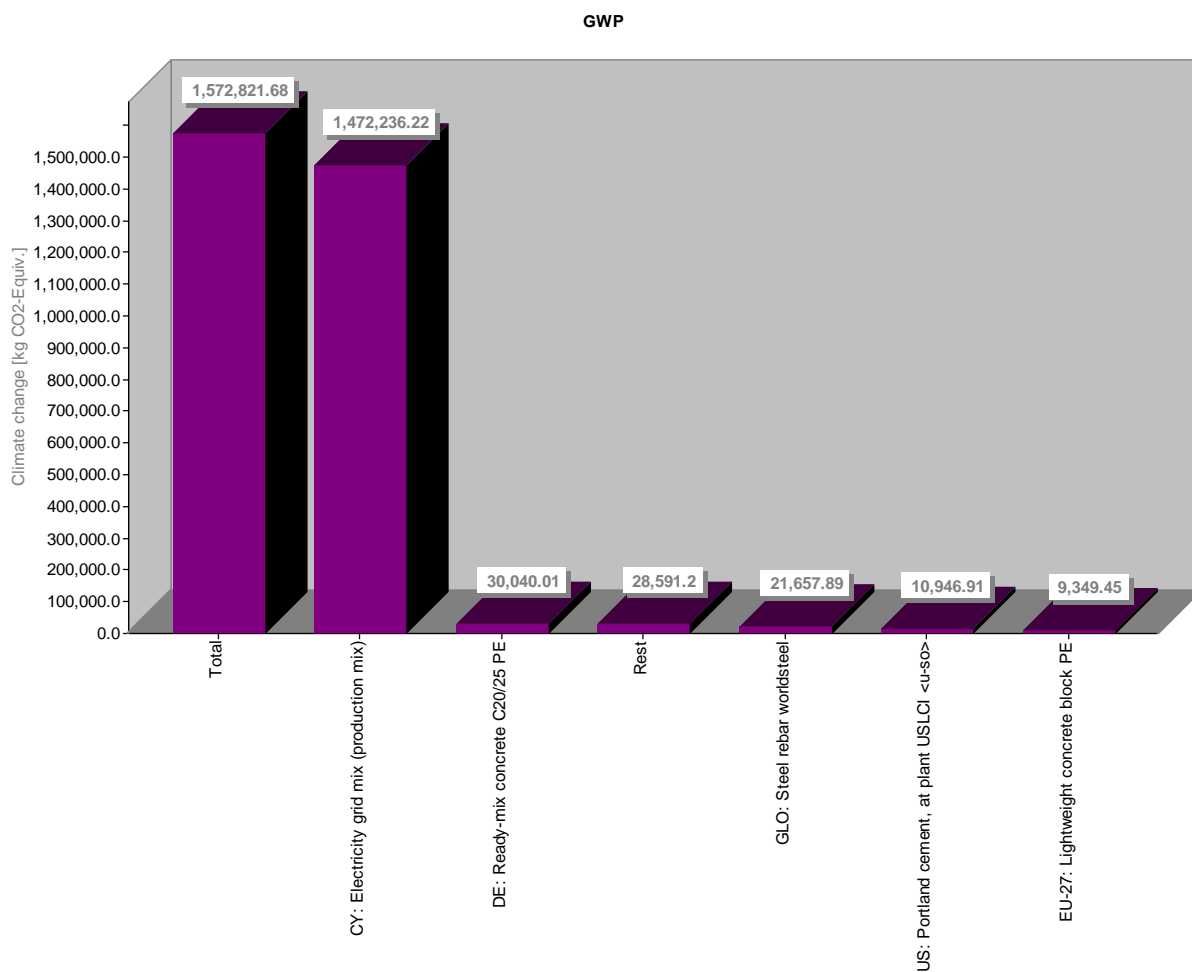
CY: Electricity grid mix (production mix)

Process plan/Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



Εικόνα 4.1.6 Παρουσίαση της διεργασίας CY: Electricity Grid Mix (Production Mix) στο πρόγραμμα GaBi.

4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων με την μέθοδο ILCD



Εικόνα 4.2.1 Αποτελέσματα για δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη - global warming potential (GWP) στο μοντέλο μας.

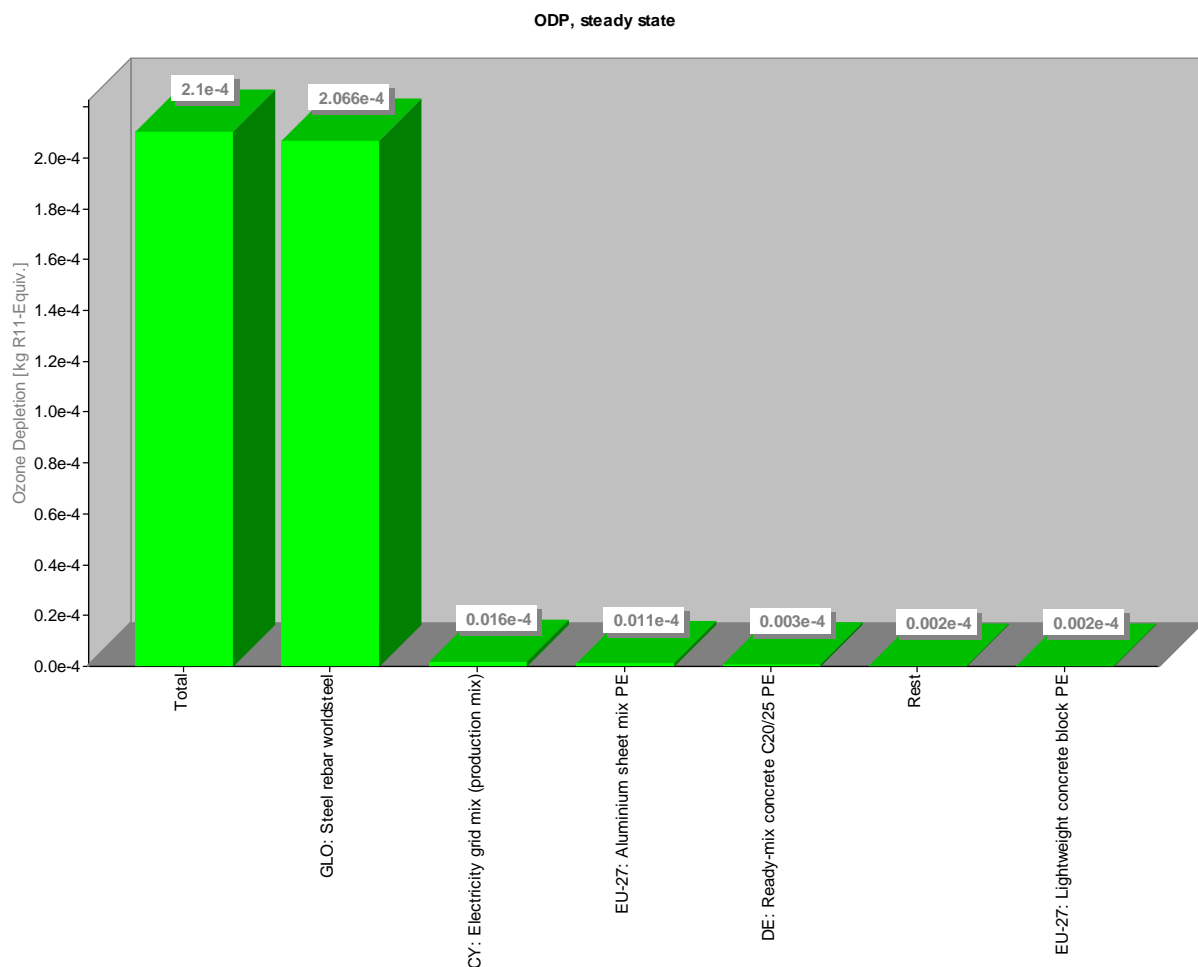
Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από δίκτυο: 1,472,236.22 Kg CO₂ - Equiv.
2. Έτοιμο σκυρόδεμα: C20/25: 30,040.01 Kg CO₂ - Equiv.
3. Χάλυβας: 21,657.89 Kg CO₂ - Equiv.
4. Τσιμέντο πόρτλαντ: 10,946.91 Kg CO₂ - Equiv.
5. Τούβλα: 9,349.45 Kg CO₂ - Equiv.
6. Υπόλοιπα υλικά 28,591.2 Kg CO₂ - Equiv.

Το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη μετρείται σε κιλά ισοδύναμου CO₂ όπως προαναφέραμε (Kg CO₂ - Equiv.) και είναι ο βασικός λόγος της παγκόσμιας κλιματικής

αλλαγής. Το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη συσχετίζει τη μάζα ενός αερίου με το CO₂ και υπολογίζει κατά πόσον επηρεάζει στην θέρμανση του πλανήτη. Υπάρχουν επίσης και εναλλακτικοί δείκτες του GWP όπως το δυναμικό αλλαγής θερμοκρασίας Global Temperature Change Potential (Shine, Fuglestvedt, Hailemariam and Stuber, 2005).

Το σημαντικότερο ρόλο όσον αφορά την κλιματική αλλαγή παίζει η παραγωγή ηλεκτρισμού για κάλυψη των αναγκών μιας κατοικίας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της με ποσοστό 93.6% ακολούθως η κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος C20/25 με ποσοστό 1.91% και ακολουθούν ο χάλυβας, το τσιμέντο και τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 4.49%. Όλα τα υλικά με πολύ μικρή επιρροή αθροίζονται και απεικονίζονται με την ονομασία rest.



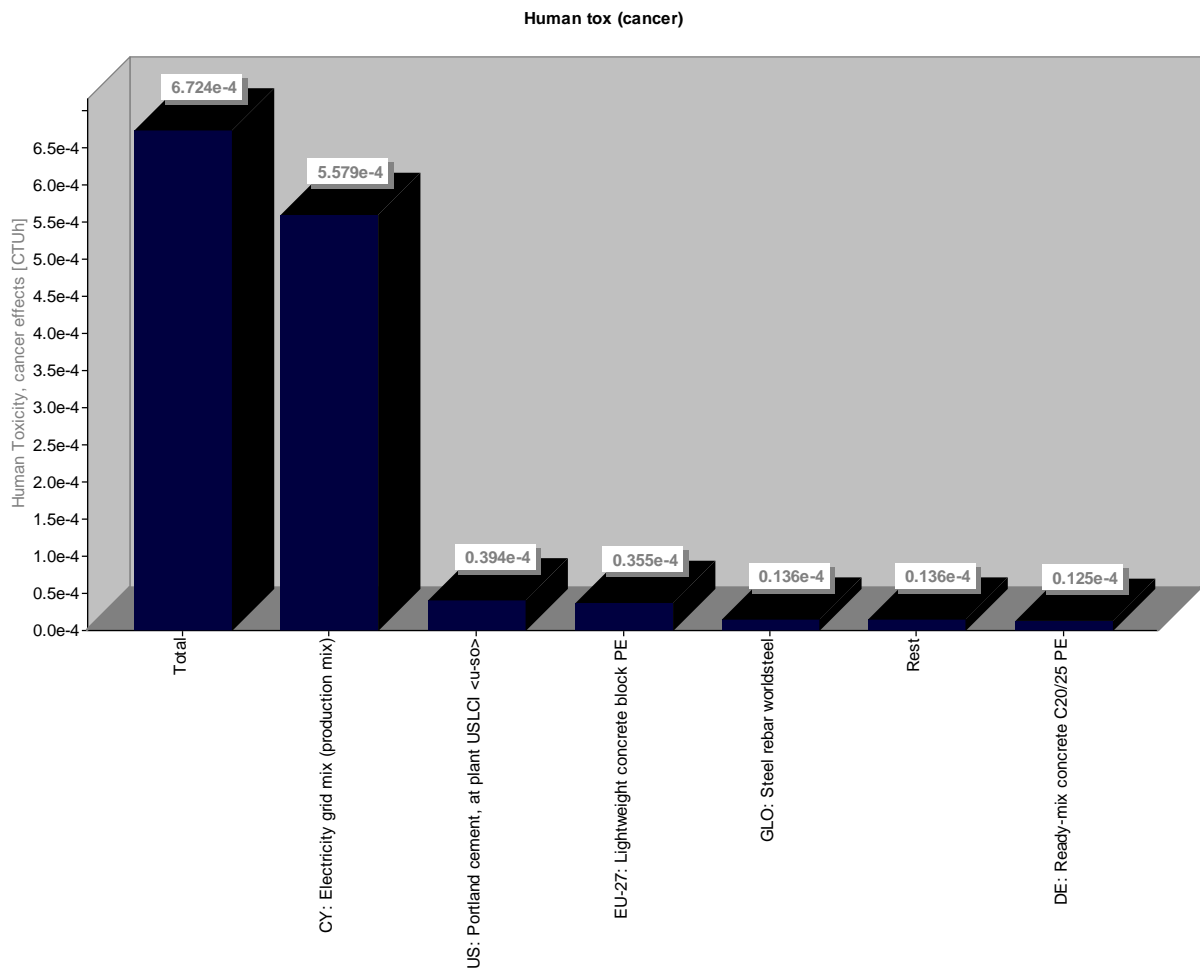
Εικόνα 4.2.2 Αποτελέσματα για Δυναμικό καταστροφής όζοντος - ozone depleting potential (ODP) στο μοντέλο μας.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Χάλυβας: 0.0002066 Kg R11 - Equiv.
2. Ηλεκτρισμός από δίκτυο: 0.0000016 Kg R11 - Equiv.
3. Αλουμίνιο: 0.0000011 Kg R11 - Equiv.
4. Σκυρόδεμα C20/25: 0.0000003 Kg R11 - Equiv.
5. Τούβλα: 0.0000002 Kg R11 - Equiv.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.0000002 Kg R11 - Equiv.

Το δυναμικό καταστροφής του όζοντος ODP μετριέται σε κιλά ισοδυνάμου R11 (Kg R11 - Equiv.) και υπολογίζει τα καταστροφικά αποτελέσματα των αερίων στην στιβάδα του όζοντος το οποίο οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη με την αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης και στο λιώσιμο των πάγων. Η συμφωνία για την μείωση των ουσιών που καταστέφει την στειβάδα του όζοντος έχει υπογραφεί στο πρωτόκολλο του Μόντρεαλ από εκπροσώπους 46 χωρών (Konopel'ko and Dayanov, 2014).

Το σημαντικότερο ρόλο παίζει ο χάλυβας με ποσοστό 98.4% και ακολουθούν η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, το αλουμίνιο, το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα καθώς και όλα τα υπόλοιπα υλικά τα οποία παρουσιάζονται με την ονομασία rest με ποσοστό 1.6%.



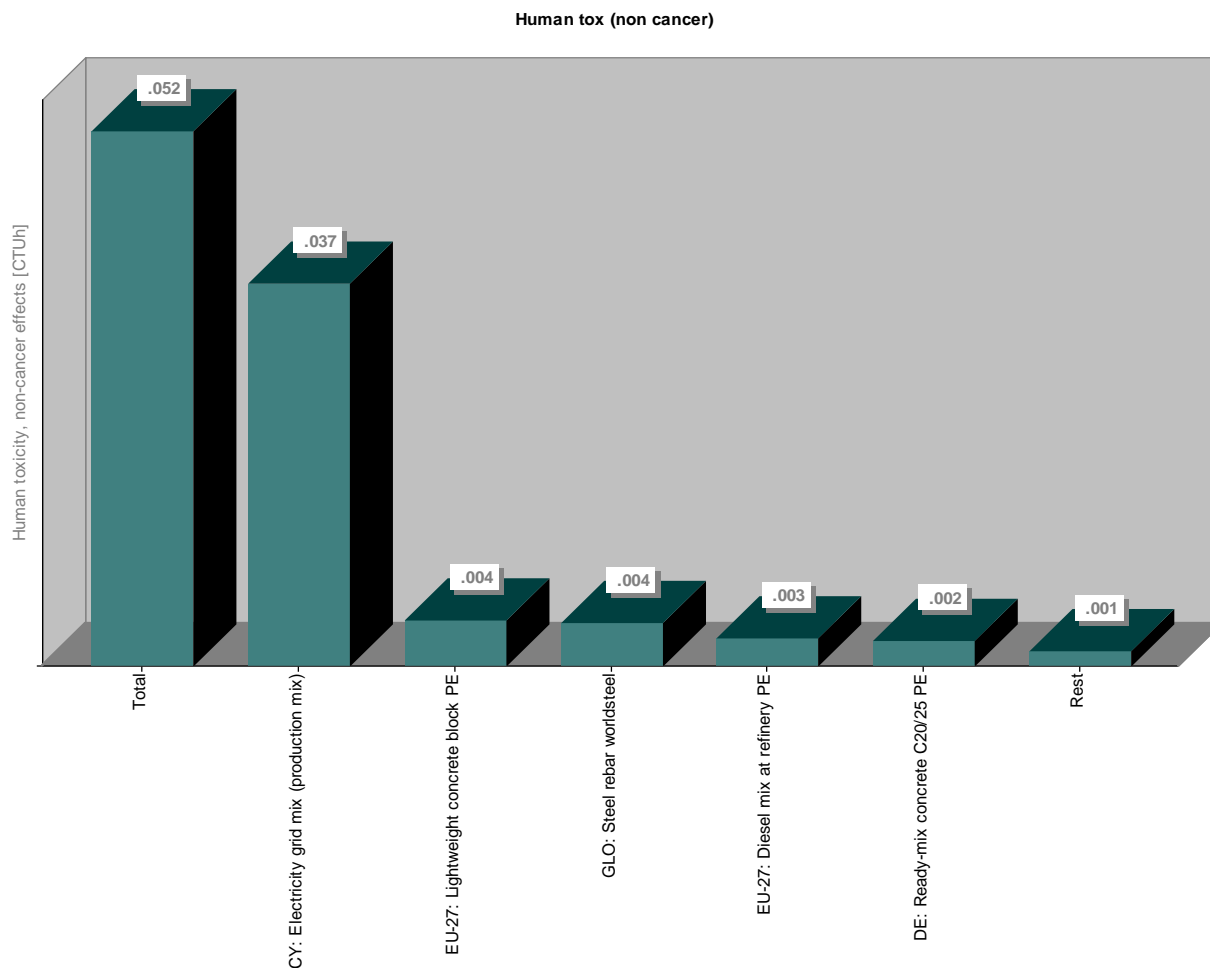
Εικόνα 4.2.3 Αποτελέσματα για δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, cancer effects (CTUh) στο μοντέλο μας.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 0.0005579 CTUh.
2. Τσιμέντο πόρτλαντ: 0.0000394 CTUh.
3. Τούβλα: 0.0000355 CTUh.
4. Χάλυβας: 0.0000136 CTUh.
5. Σκυρόδεμα C20/25: 0.0000125 CTUh.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.0000136 CTUh.

Το δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας - καρκινικές επιδράσεις μετρείται σε CTUh και περιγράφει τις επιπτώσεις από στην υγεία από την έκθεση σε επιβλαβείς παράγοντες (καρκινικούς και μη καρκινικούς) (McKone and Hertwich, 2001).

Από το πιο πάνω διάγραμμα φαίνεται ότι το σημαντικότερο ρόλο παίζει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με ποσοστό 82.9%, ακολουθεί το τσιμέντο με ποσοστό 5.9%, τα τούβλα με ποσοστό 5.2%, ο χάλυβας, το σκυρόδεμα C20/25 και όλα τα υπόλοιπα υλικά με πολύ χαμηλό ποσοστό, περίπου 6%.



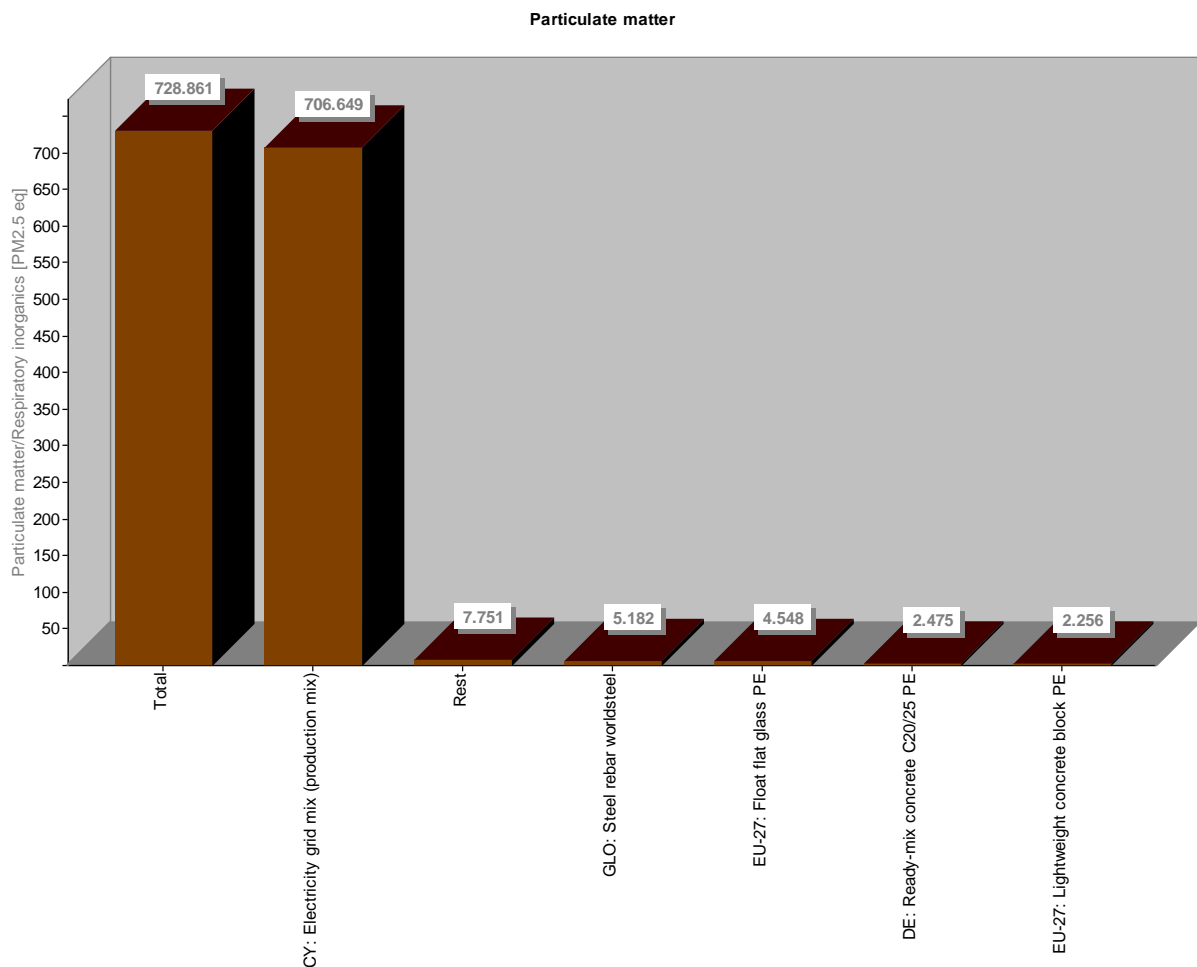
Εικόνα 4.2.4 Αποτελέσματα για δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, μη καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, non cancer effects (CTUh) στο μοντέλο μας.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 0.037 CTUh.
2. Τούβλα: 0.004 CTUh.
3. Χάλυβας: 0.004 CTUh.
4. Δημιουργία πετρελαίου στο διυλιστήριο: 0.003 CTUh.
5. Σκυρόδεμα C20/25: 0.002 CTUh.

6. Υπόλοιπα υλικά: 0.001 CTUh.

Το δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας -μη καρκινικές επιδράσεις μετρείται σε CTUh. Από το πιο πάνω διάγραμμα φαίνεται ότι το σημαντικότερο ρόλο παίζει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με ποσοστό 71.1%, ακολουθούν τα τούβλα και ο χάλυβας με ποσοστό 7.7%, το πετρέλαιο, το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25 και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 13.5%.



Εικόνα 4.2.5 Αποτελέσματα για αιωρούμενα σωματίδια - Particulate matter στο μοντέλο μας.

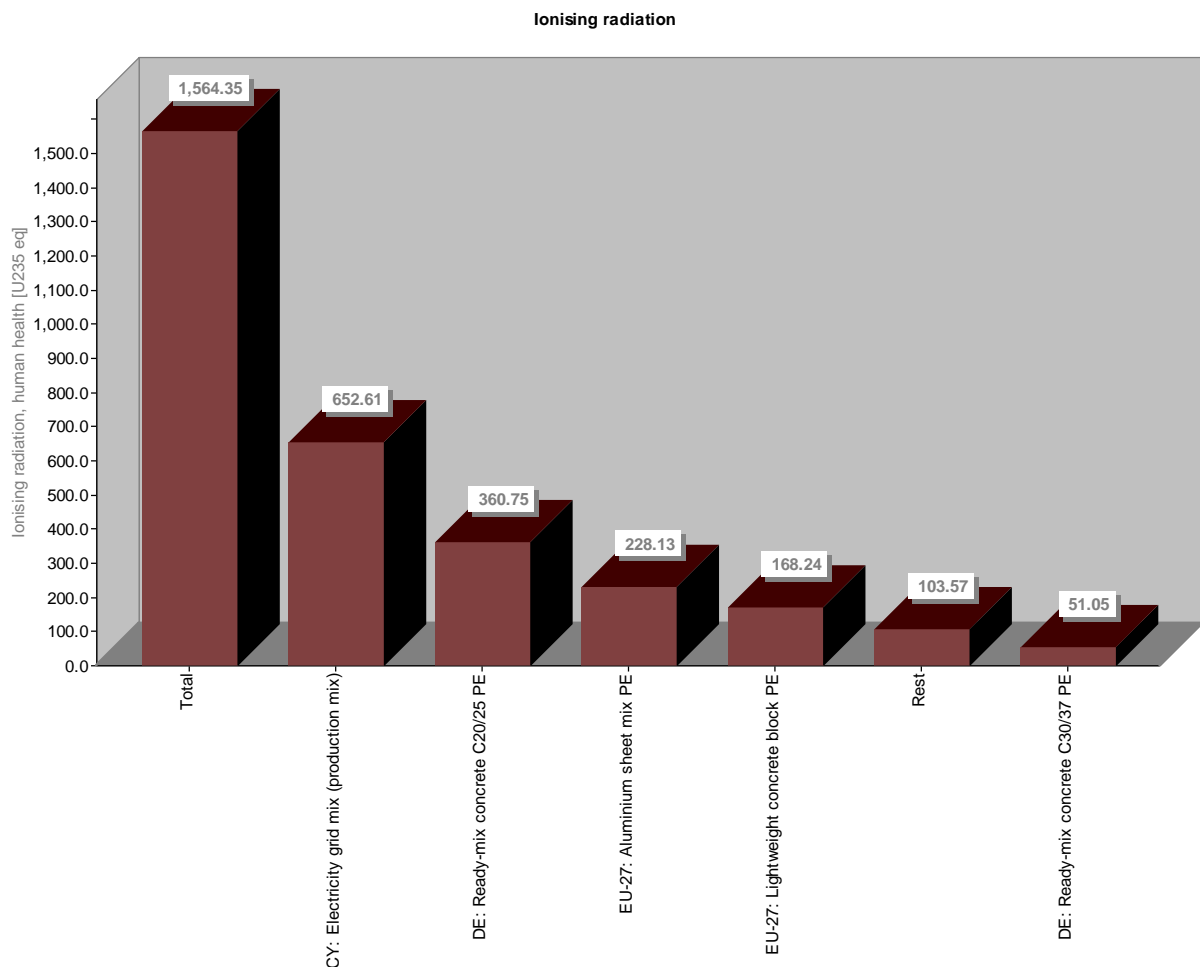
Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 706.649 PM2.5 eq.
2. Χάλυβας: 5.182 PM2.5 eq.
3. Γυαλί: 4.548 PM2.5 eq.

4. Σκυρόδεμα C20/25: 2.475 PM2.5 eq.
5. Τούβλα: 2.256 PM2.5 eq.
6. Υπόλοιπα υλικά: 7.751 PM2.5 eq.

Τα αιωρούμενα σωματίδια μετριοούνται σε ισοδύναμα PM2.5 (PM2.5 eq.) και είναι μια μίξη ρύπων στην ατμόσφαιρα με επικίνδυνα για την υγεία συστατικά όπως βαρέα μέταλλα, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, διοξίνες κλπ (Harisson and Yin, 2000).

Σημαντικό ρόλο στα αιωρούμενα σωματίδια παίζει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με ποσοστό 96.9% και ακολουθούν ο χάλυβας, το γυαλί, το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 3.1%.



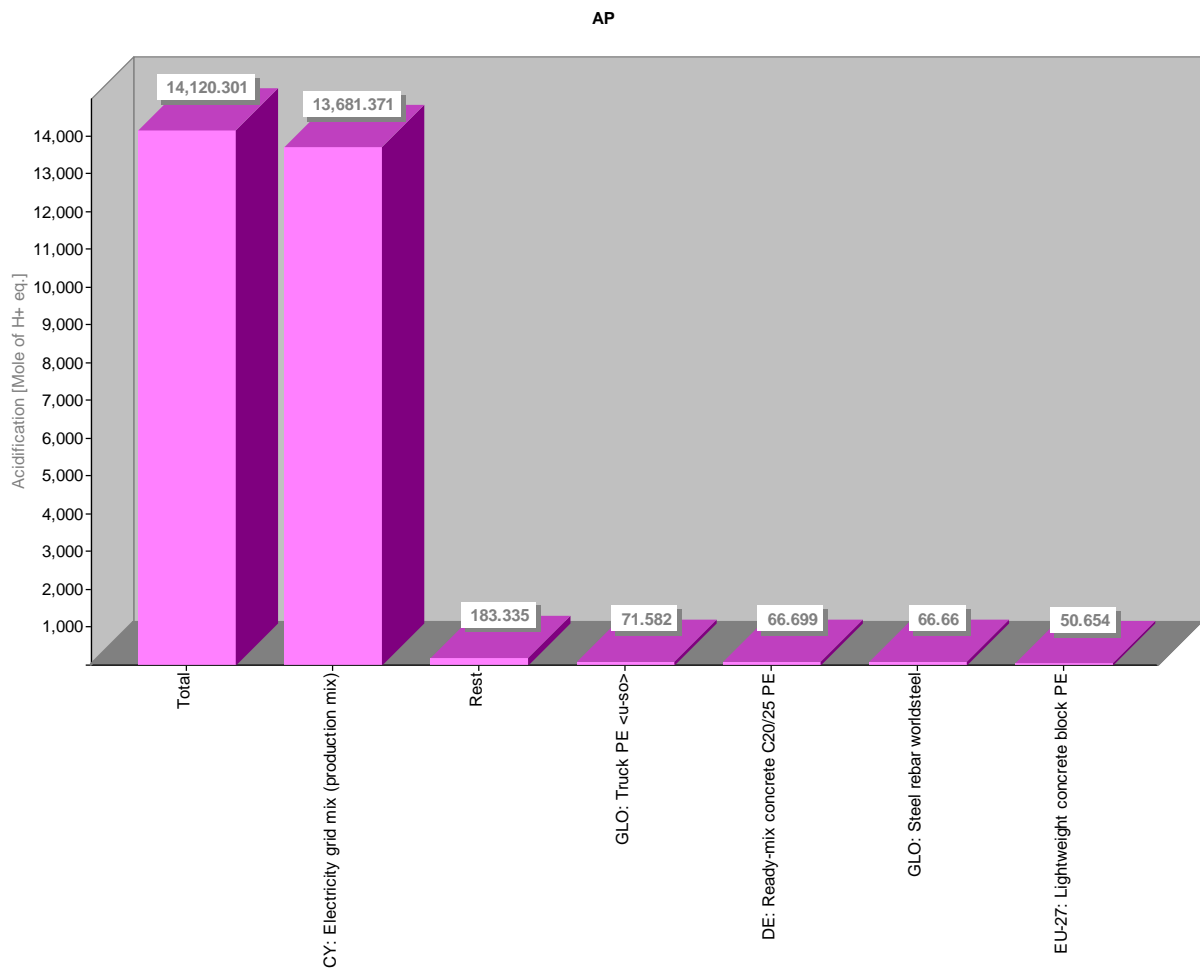
Εικόνα 4.2.6 Αποτελέσματα για Επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία- ionising radiation / human health στο μοντέλο μας.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 652.62 U235 eq.
2. Σκυρόδεμα C20/25: 360.75 U235 eq.
3. Αλουμίνιο: 228.13 U235 eq.
4. Τούβλα: 168.24 U235 eq.
5. Σκυρόδεμα C30/37: 51.05 U235 eq.
6. Υπόλοιπα υλικά: 103.57 U235 eq.

Η επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία μετριέται σε ισοδύναμο U235 (U235 eq.). Η υπερβολική έκθεση σε ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει καρκίνο, πνευμονικές παθήσεις και πολλά άλλα (Martin and Semelka, 2006).

Τη σημαντικότερη επίδραση έχει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με ποσοστό 41.7%, το σκυρόδεμα C20/25 με ποσοστό 23%, το αλουμίνιο με ποσοστό 14.5%, τα τούβλα με ποσοστό 10.7%, το σκυρόδεμα C30/37 και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 10.1%.



Εικόνα 4.2.7 Αποτελέσματα για δυναμικό αύξησης της οξύτητας - acidification potential (AP) στο μοντέλο μας.

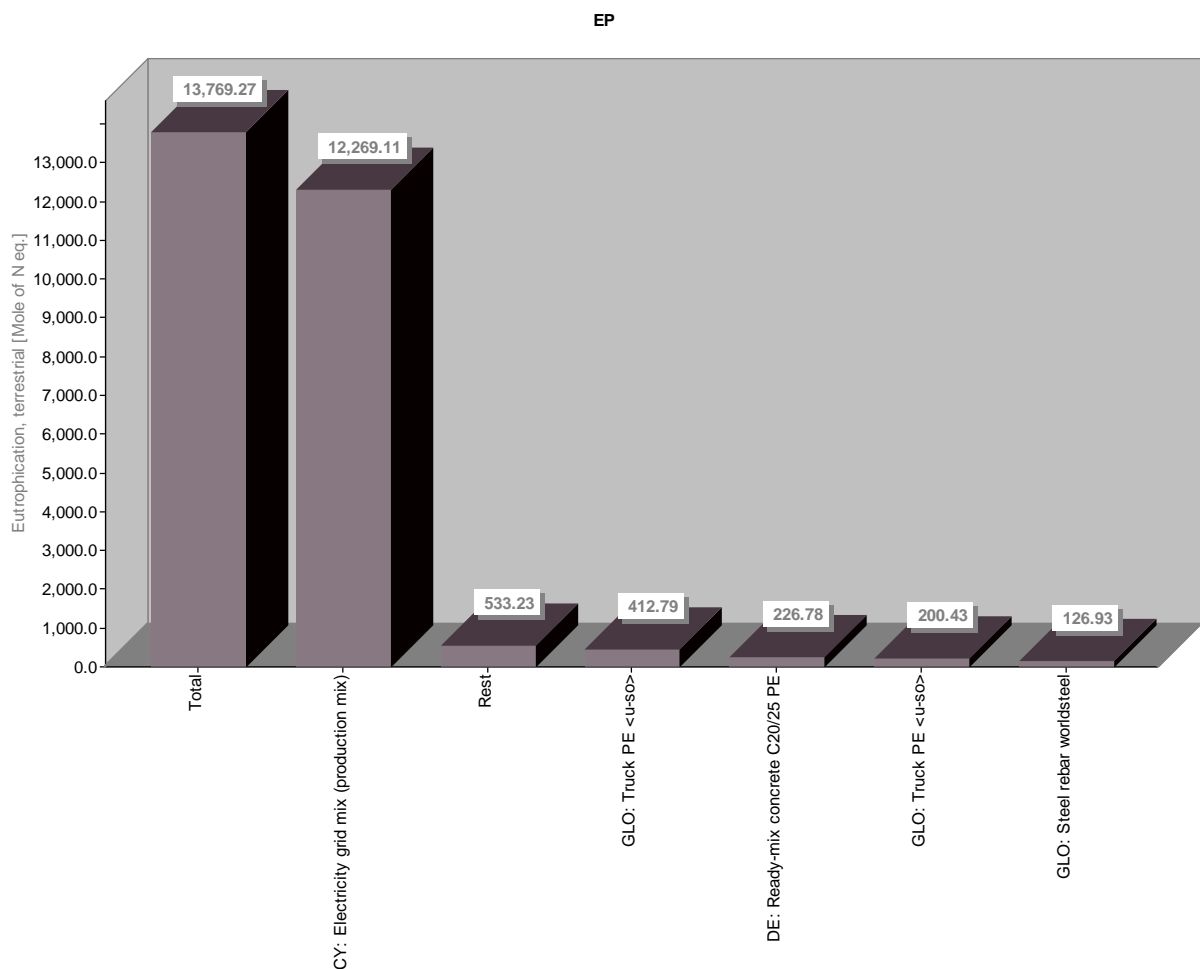
Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 13,681.371 Mole of H+ eq.
2. Μεταφορά με φορτηγό: 71.582 Mole of H+ eq.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 66.699 Mole of H+ eq.
4. Χάλυβας: 66.66 Mole of H+ eq.
5. Τούβλα: 50.654 Mole of H+ eq.
6. Υπόλοιπα υλικά: 183.335 Mole of H+ eq.

Το δυναμικό αύξησης της οξύτητας μετριέται σε ισοδύναμα mole H⁺ (Mole of H⁺ eq.) και είναι η αύξηση της οξύτητας υδάτων η οποία μπορεί να επιφέρει τεράστια καταστροφή σε όλο το οικοσύστημα ενός ωκεανού έως και εξαφάνιση πολλών ειδών ζωής της θάλασσας όπως αστακοί κλπ καθώς και η

αύξηση της οξύτητας των εδαφών (Widdicombe and Spicer, 2008; Lin and Melville, 1993). Όσο ψηλότερος είναι ο δείκτης AP τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος της όξινης βροχής και κατά συνέπεια όλων των επιπτώσεων από αυτή.

Τη σημαντικότερη επίδραση έχει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με ποσοστό 96.9% και ακολουθούν η μεταφορά των υλικών με φορτηγά οχήματα, το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας, τα τούβλα και τα λοιπά υλικά ποσοστό 3.1%.



Εικόνα 4.2.8 Αποτελέσματα για δυναμικό ευτροφισμού χερσαίων - eutrophication potential (EP) στο μοντέλο μας.

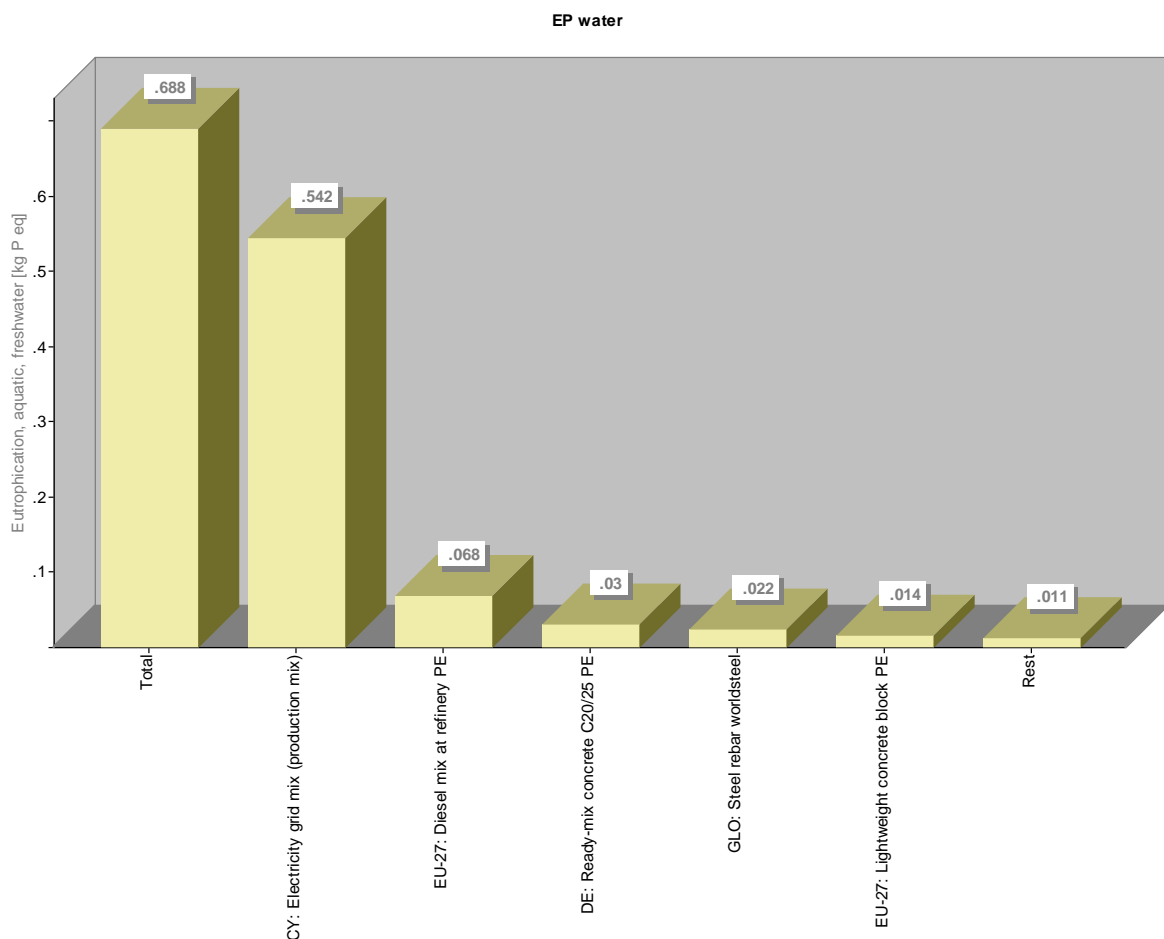
Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 12,269.11 Mole of N eq.
2. Μεταφορά με φορτηγό: 613.22 Mole of N eq.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 226.78 Mole of N eq.

4. Χάλυβας: 126.93 Mole of N eq.
5. Υπόλοιπα υλικά: 533.23 Mole of N eq.

Το δυναμικό ευτροφισμού χερσαίων οικοσυστημάτων μετριέται σε ισοδύναμα μολν νιτρικών Ν (Mole of N eq.) και οφείλεται στην υπέρμετρη αύξηση της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων - κρίσιμα φορτία (νιτρικά και φωσφορικά ιόντα). Ως χερσαία οικοσυστήματα λαμβάνονται τα δάση, οι θάμνοι, τα λιβάδια, οι έρημοι και η τούνδρα (Bouwman, Vuuren, Derwen and Posch, 2002).

Τη σημαντικότερη επίδραση έχει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με ποσοστό 89.1% και ακολουθούν η μεταφορά των υλικών με φορτηγά οχήματα με ποσοστό 3%, το σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας και τα λοιπά υλικά με ποσοστό 7.9%.



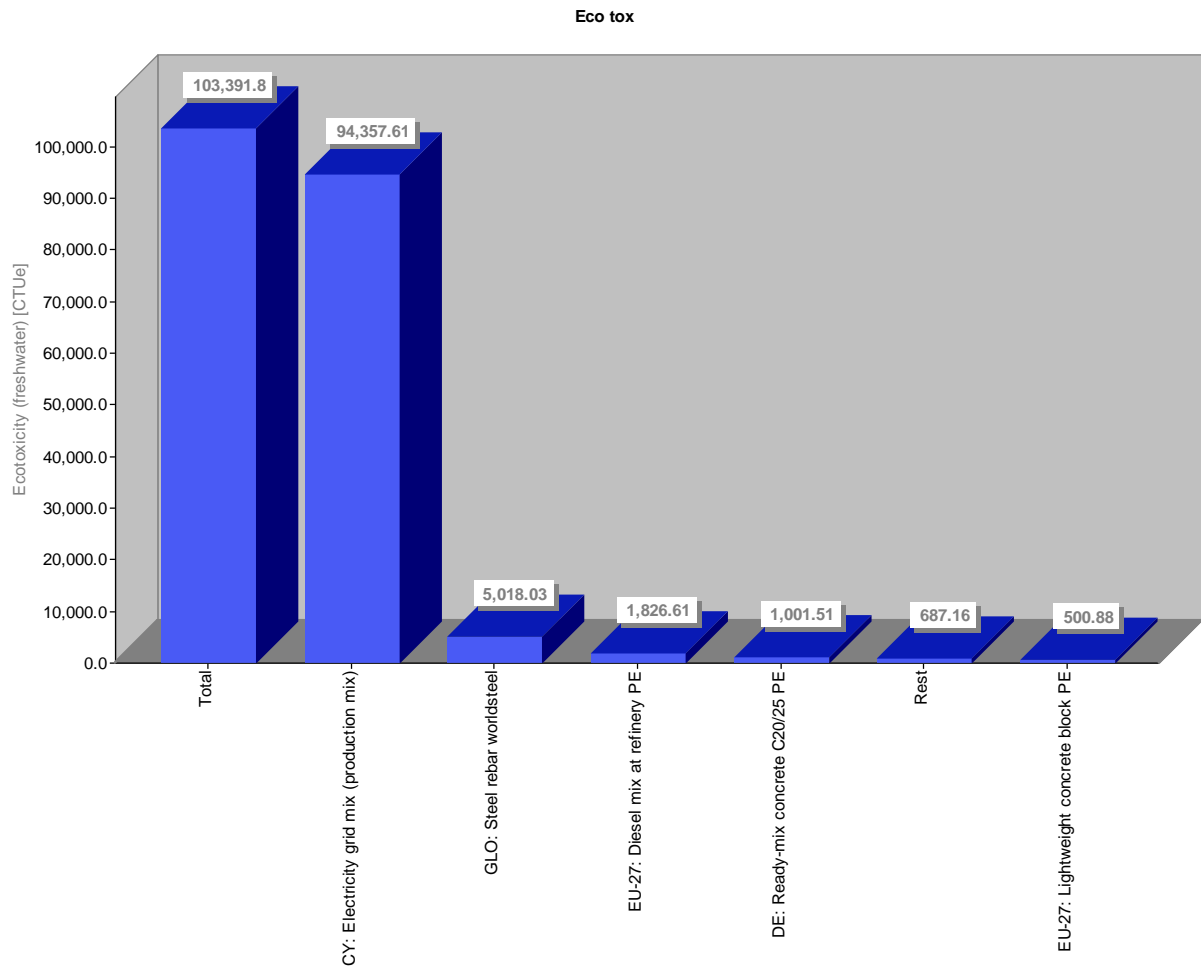
Εικόνα 4.2.9 Αποτελέσματα για Ευτροφισμό υδάτων/ νερού - eutrophication aquatic / freshwater (EP Water) στο μοντέλο μας.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 0.542 Kg P eq.
2. Δημιουργία πετρελαίου στο διυλιστήριο: 0.068 Kg P eq.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 0.03 Kg P eq.
4. Χάλυβας: 0.022 Kg P eq.
5. Τούβλα: 0.014 Kg P eq.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.011 Kg P eq.

Ο ευτροφισμός των υδάτινων-υδατικών οικοσυστημάτων μετριέται σε κιλά ισοδύναμου φωσφόρου P (Kg P eq.) και προκαλεί αύξηση ζιζανίων και φυκιών λόγω της αύξησης των θρεπτικών στοιχείων τα οποία προκαλούν μείωση του οξυγόνου, δηλαδή συνθήκες ασφυξίας στο πυθμένα και θάλασμα των υδάτων με αποτέλεσμα να επηρεάζεται όλο το οικοσύστημα και με αποκορύφωμα το θάνατο της υδρόβιας ζωής σε αυτά (Ahtiainen and Vanhatalo, 2012; Οδηγία της Ε.Ε για τη νιτρορρύπανση, 2010; Ευρωπαϊκή επιτροπή, 2013). Μπορεί να εισέλθει στο περιβάλλον μέσω της κατασκευής οικοδομικών προϊόντων αλλά και των εκπομπών καύσης οι οποίες ξεπλένονται με τις βροχές.

Σημαντικότερη επιρροή έχει η παραγωγή ηλεκτρισμού με ποσοστό 78.8%, το πετρέλαιο με ποσοστό 9.9%, το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας, τα τούβλα και τα λοιπά υλικά με ποσοστό 11.3%.



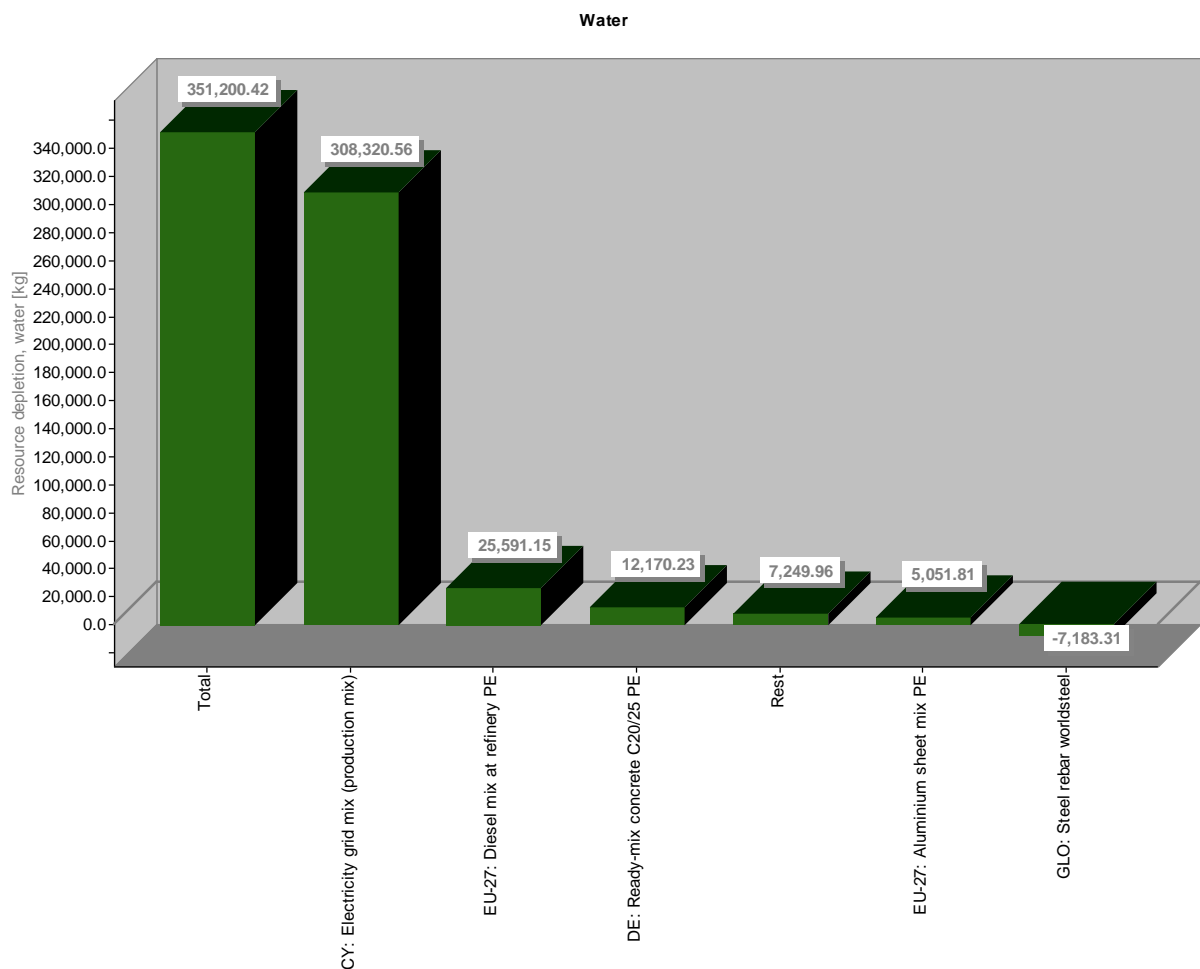
Εικόνα 4.2.10 Αποτελέσματα για δυναμικό τοξικότητας υδάτων/ νερού - ecotoxicity freshwater στο μοντέλο μας.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 94,357.61 CTUe.
2. Χάλυβας: 5,018.03 CTUe.
3. Δημιουργία πετρελαίου στο διυλιστήριο: 1,826.61 CTUe.
4. Σκυρόδεμα C20/25: 1,001.51 CTUe.
5. Τούβλα: 500.88 CTUe.
6. Υπόλοιπα υλικά: 687.16 CTUe.

Το δυναμικό τοξικότητας νερού μετριέται σε CTUe και έχει συσταθεί από το πρόγραμμα ηνωμένων εθνών για το περιβάλλον. Η τοξικότητα του νερού για ύδρευση και άρδευση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον (Rosenbaum et al., 2008).

Τη σημαντικότερη επιρροή έχει και πάλι η παραγωγή ηλεκτρισμού με ποσοστό 91.3% και ακολουθούν ο χάλυβας με ποσοστό 4.9%, το πετρέλαιο, το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα λοιπά υλικά με ποσοστό 3.8%.



Εικόνα 4.2.11 Αποτελέσματα για συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων - Resource depletion - water στο μοντέλο μας.

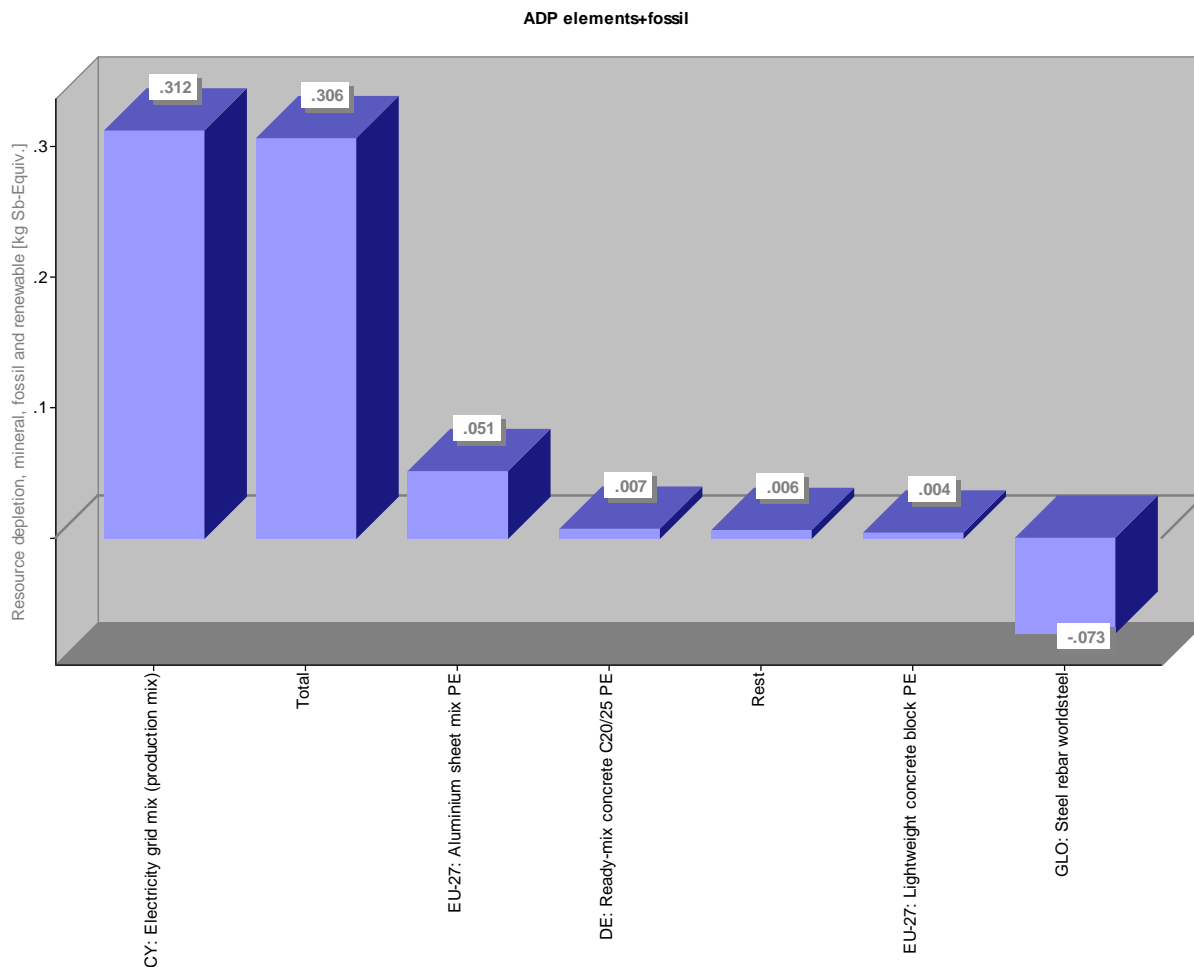
Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 308,320.56 Kg.
2. Δημιουργία πετρελαίου στο διυλιστήριο: 25,591.15 Kg.

3. Σκυρόδεμα C20/25: 12,170.23 Kg.
4. Αλουμίνιο: 5,051.81 Kg.
5. Χάλυβας: -7,183.31 Kg.
6. Υπόλοιπα υλικά: 7,249.96 Kg.

Η συνολική κατάσταση νερού συμπεριλαμβανομένων των όμβριων υδάτων μετριέται σε κιλά (Kg). το φαινόμενο της εξάντλησης των υπόγειων υδάτων έχει επιδεινωθεί τον τελευταίο μισό αιώνα, κυρίως λόγω των γεωτρήσεων άντλησης νερού (Konikow and Kendy, 2005). Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών η ζήτηση νερού ολοένα και αυξάνεται ενώ αποθέματα ολοένα και λιγοστεύουν. Υπολογίζεται ότι έως τα μέσα του αιώνα, πάνω από το 40% του πληθυσμού θα ζει σε περιοχές που αντιμετωπίζουν σοβαρή έλλειψη νερού.

Σημαντικότερη επίδραση στην κατάσταση του γλυκού νερού έχει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με ποσοστό 87.8% και ακολουθεί το πετρέλαιο με ποσοστό 7.3%, το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25 με ποσοστό 3.5%, το αλουμίνιο, ο χάλυβας και τα λοιπά υλικά ποσοστό 1.4%. Η επιρροή του χάλυβα έχει αρνητικό πρόσημο πράγμα το οποίο σημαίνει ότι έχει θετική επίδραση λόγω των εκροών νερού που προκύπτουν κατά την κατασκευή του σε ποταμούς, θάλασσες και για εμπορική χρήση.



Εικόνα 4.2.12 Αποτελέσματα για αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων - abiotic resource depletion (ADP) στο μοντέλο μας.

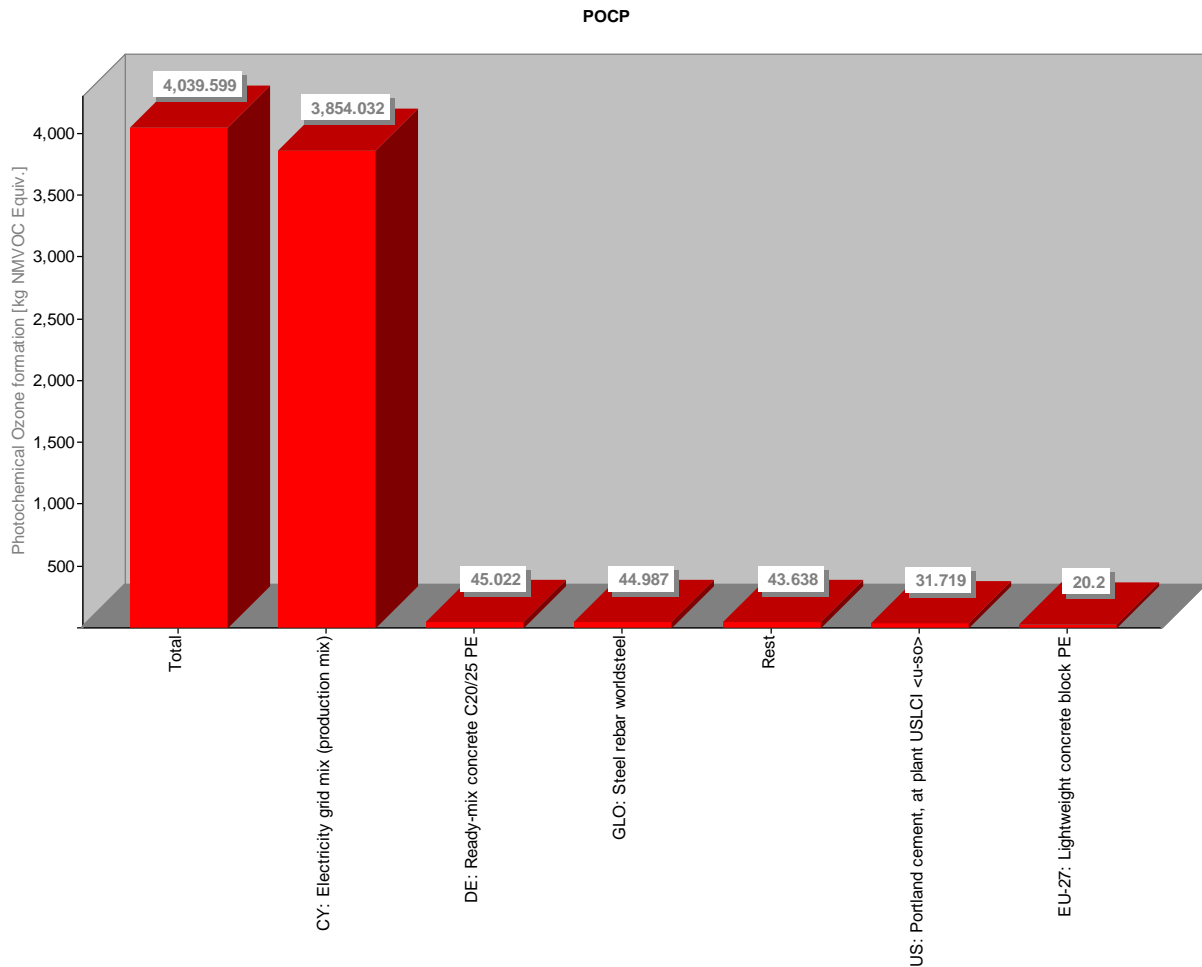
Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 0.312 Kg Sb - Equiv.
2. Αλουμίνιο: 0.051 Kg Sb - Equiv.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 0.007 Kg Sb - Equiv.
4. Τούβλα: 0.004 Kg Sb - Equiv.
5. Χάλυβας: -0.073 Kg Sb - Equiv.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.006 Kg Sb - Equiv.

Το αβιοτικά δυναμικό καταστροφής φυσικών πόρων μετρείται σε κιλά ισοδύναμου Sb (Kg Sb - Equiv.) και είναι ουσιαστικά η δεύτερη μεγαλύτερη περιβαλλοντική απειλή μετά την καταστροφή του όζοντος

(Steen, 2006). Η καταστροφή ορυκτών πόρων μη ανανεώσιμων θα οδηγήσει αναπόφευκτα στην εξαφάνισή τους.

Τη σημαντικότερη επιρροή έχει η παραγωγή ηλεκτρισμού με ποσοστό 82.32% και ακολουθεί το αλουμίνιο, το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα λοιπά υλικά με ποσοστό 17.68%. Ο χάλυβας όπως φαίνεται έχει θετική επίδραση λόγω της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του υλικού.



Εικόνα 4.2.13 Αποτελέσματα για δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος - photochemical oxygen creation potential (POCP) στο μοντέλο μας.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από το δίκτυο: 3,854.032 Kg NMVOC Equiv.
2. Σκυρόδεμα C20/25: 45.022 Kg NMVOC Equiv.
3. Χάλυβας: 44.987 Kg NMVOC Equiv.
4. Τσιμέντο πόρτλαντ: 31.719 Kg NMVOC Equiv.

5. Τούβλα 20.2 Kg NMVOC Equiv.
6. Υπόλοιπα υλικά: 43.638 Kg NMVOC Equiv.

Το δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος μετριέται σε κιλά ισοδύναμου NMVOC (Kg NMVOC Equiv.). Στις μεγάλες αστικές περιοχές εμφανίζεται κυρίως το τροποσφαιρικό όζον ως ρύπος. Δεν εκπέμπεται άμεσα στην ατμόσφαιρα αλλά παράγεται σαν προϊόν φωτοχημικών αντιδράσεων άλλων ρύπων όπως τα οξειδία του αζώτου (NO_x) το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις. Είναι αρκετά επικίνδυνος ρύπος καθώς προσβάλλει κυρίως το αναπνευστικό σύστημα των ανθρώπων σε υψηλές συγκεντρώσεις ενώ σε χαμηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει ζημιά στη βλάστηση. Με αυτό το τρόπο οδηγεί στην μείωση των δασών, την υποβάθμιση των υλικών καθώς συμβάλλει επίσης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Altenstedt and Pleijel, 1998).

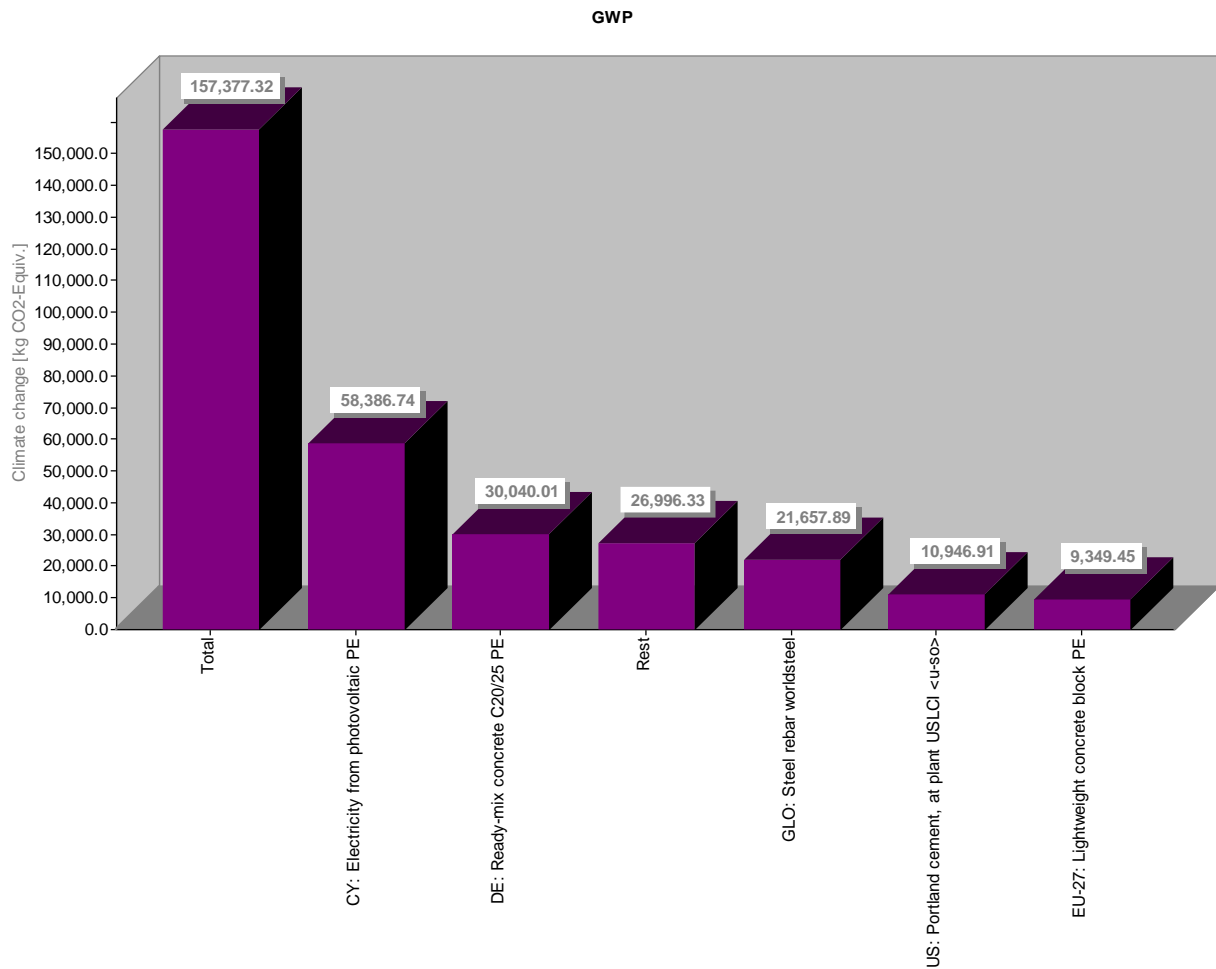
Σημαντικότερη επιρροή έχει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με ποσοστό 95.4% και ακολουθούν το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας, το τσιμέντο, τα τούβλα και τ λοιπά υλικά με ποσοστό 4.6%.

Στη συνέχεια ακολουθώντας τις οδηγίες για το στόχο της Ε.Ε 20-20-20 για την ενέργεια και το κλίμα το 2020 οι οποίες μας οδηγούν σε κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές CO₂ αντικαθιστούμε στο πρόγραμμα GaBi την ηλεκτρική ενέργεια από το σημερινό ηλεκτρικό δίκτυο της Κύπρου σε ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά όπως φαίνεται στο πιο κάτω μοντέλο στην εικόνα 4.2.14.



Εικόνα 4.2.14 Εναλλακτικό μοντέλο με ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά

Πιο κάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε διαγράμματα.

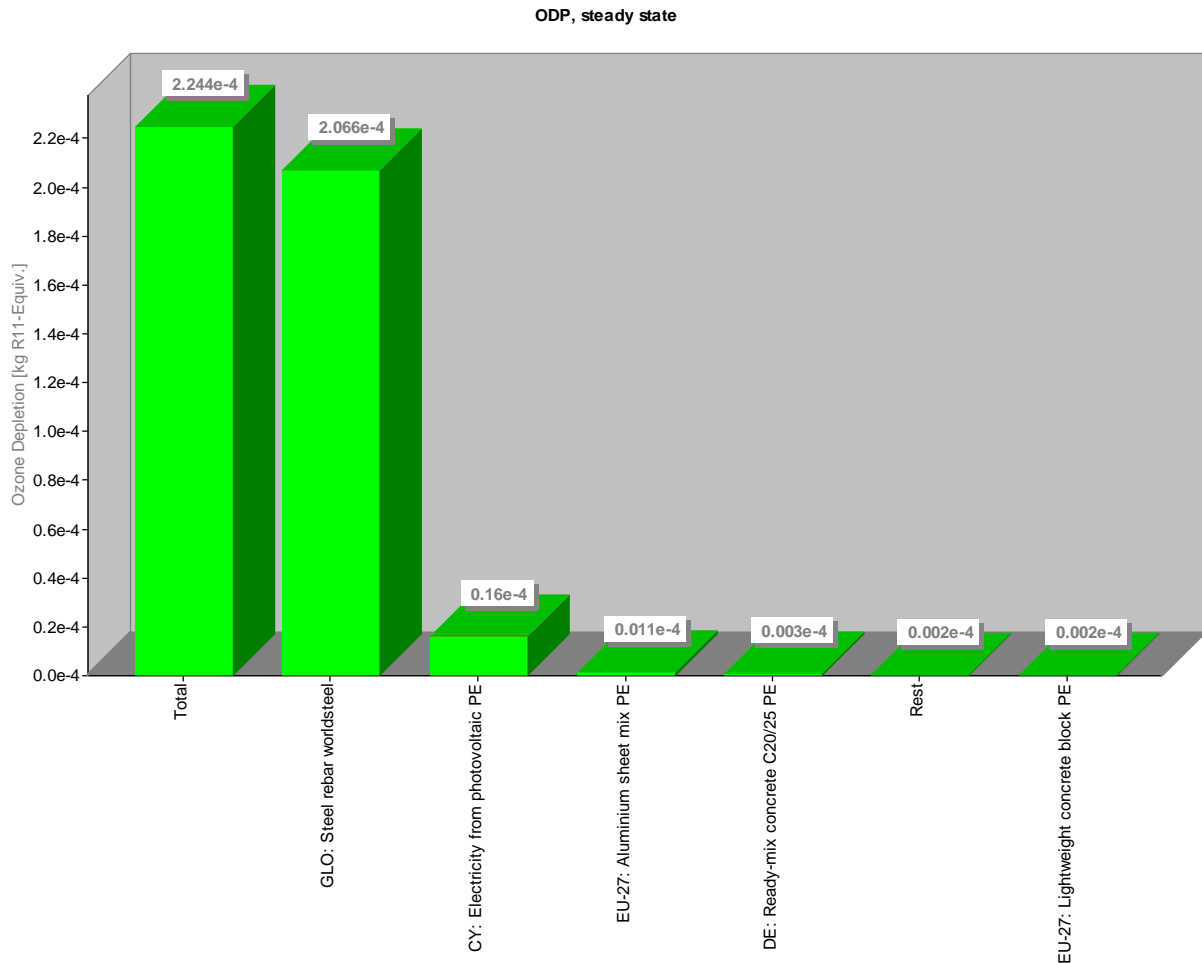


Εικόνα 4.2.15 Αποτελέσματα για δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη - global warming potential (GWP) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 58,386.74 Kg CO₂ - Equiv.
2. Έτοιμο σκυρόδεμα: C20/25: 30,040.01 Kg CO₂ - Equiv.
3. Χάλυβας: 21,657.89 Kg CO₂ - Equiv.
4. Τσιμέντο πόρτλαντ: 10,946.91 Kg CO₂ - Equiv.
5. Τούβλα: 9,349.45 Kg CO₂ - Equiv.
6. Υπόλοιπα υλικά: 26,996.33 Kg CO₂ - Equiv.

Στο πιο πάνω διάγραμμα έχουμε επίδραση του ηλεκτρισμού από φωτοβολταϊκά με ποσοστό 37.1%, του έτοιμου σκυροδέματος C20/25 με ποσοστό 19.1%, του χάλυβα με ποσοστό 13.8%, του τσιμέντου με ποσοστό 6.96%, των τούβλων με ποσοστό 5.94% και των υπόλοιπων υλικών με ποσοστό 17.1%.

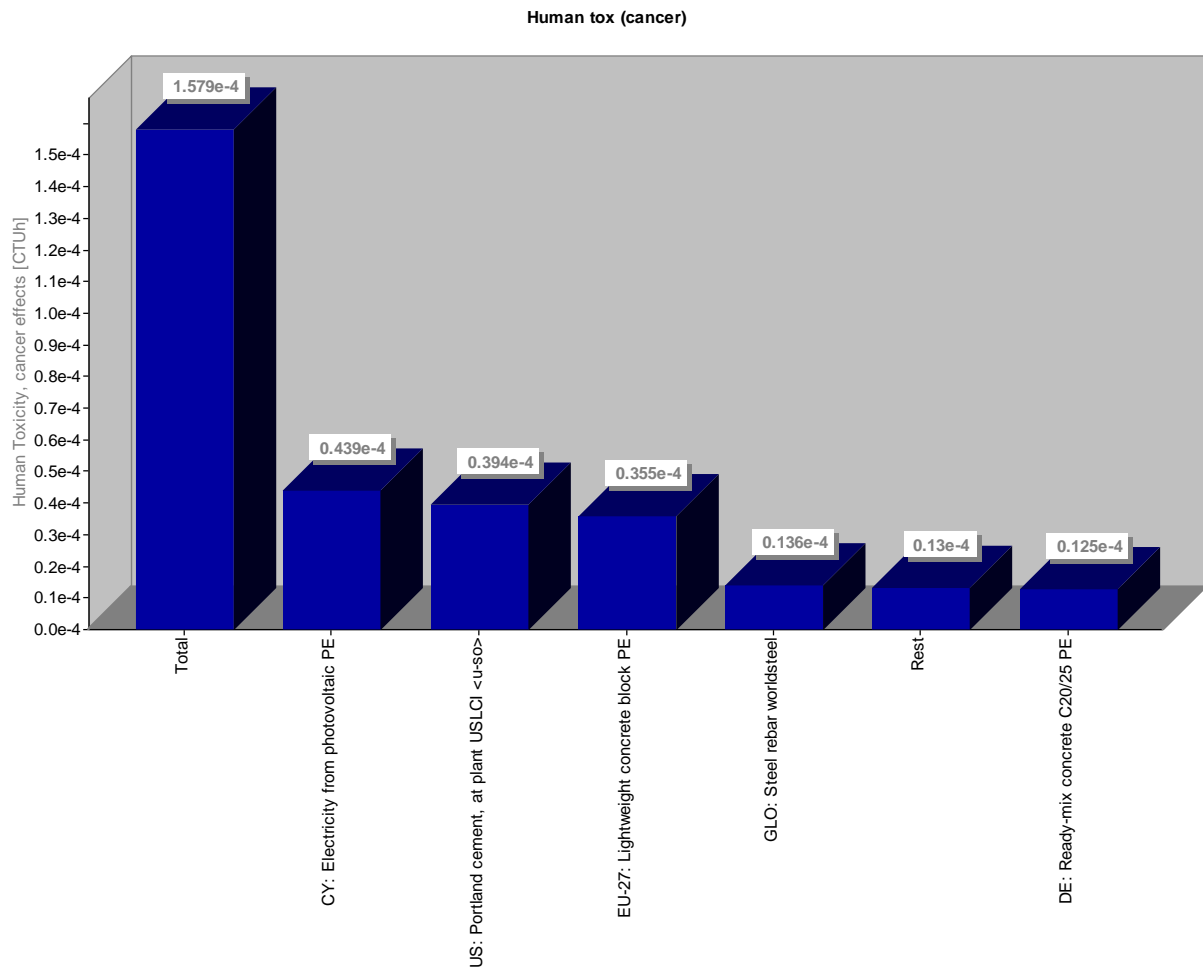


Εικόνα 4.2.16 Αποτελέσματα για δυναμικό καταστροφής όζοντος - ozone depleting potential (ODP) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Χάλυβας: 0.0002066 Kg R11 - Equiv.
2. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 0.000016 Kg R11 - Equiv.
3. Αλουμίνιο: 0.0000011 Kg R11 - Equiv.
4. Σκυρόδεμα C20/25: 0.0000003 Kg R11 - Equiv.
5. Τούβλα: 0.0000002 Kg R11 - Equiv.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.0000002 Kg R11 - Equiv.

Τα αποτελέσματα είναι ακριβώς τα ίδια με το πρώτο μοντέλο.



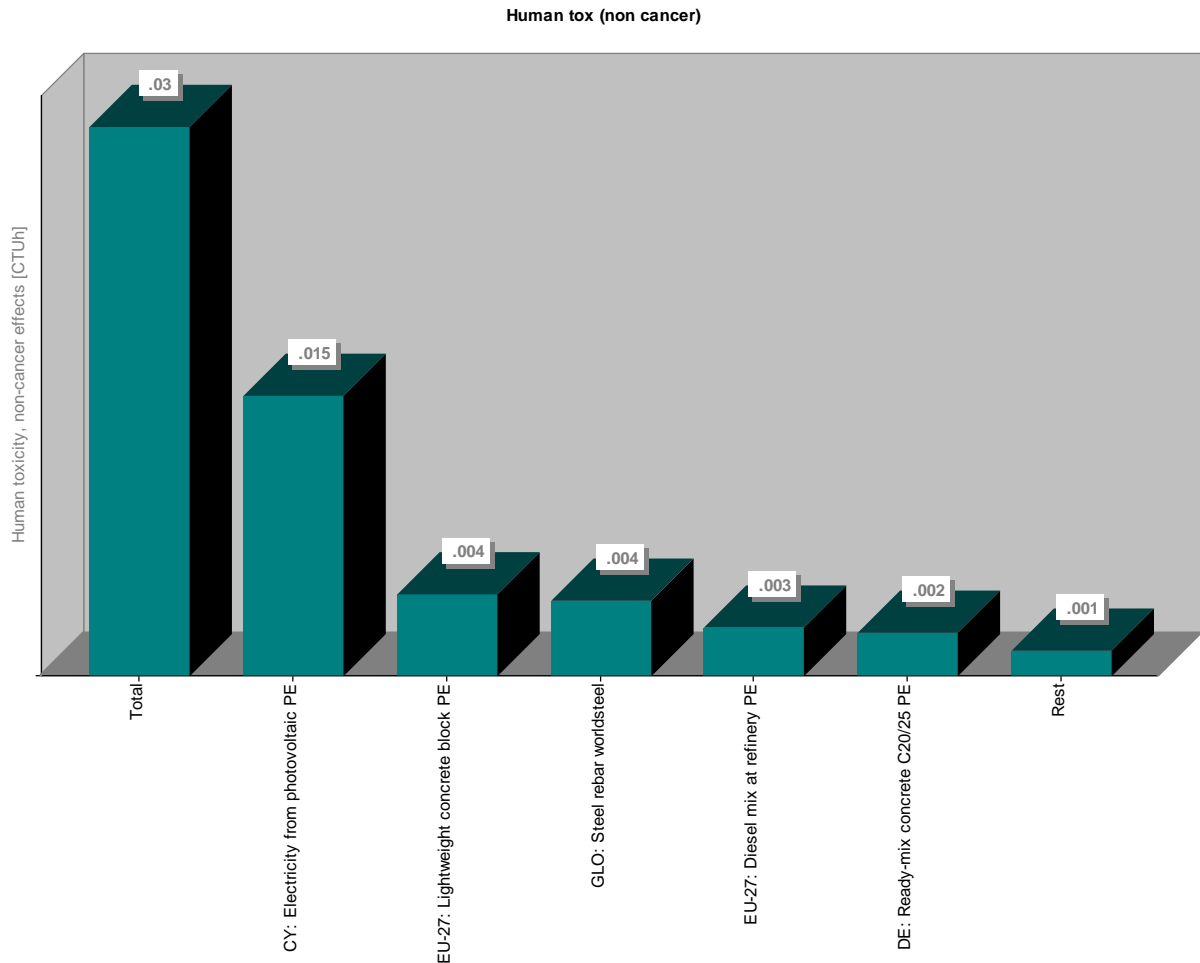
Εικόνα 4.2.17 Αποτελέσματα στο δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, cancer effects (CTUh) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 0.000439 CTUh.
2. Τσιμέντο πόρτλαντ: 0.0000394 CTUh.
3. Τούβλα: 0.0000355 CTUh.
4. Χάλυβας: 0.0000136 CTUh.
5. Σκυρόδεμα C20/25: 0.0000125 CTUh.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.0000136 CTUh.

Στο δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας (καρκινικές επιδράσεις) η επίδραση από ηλεκτρισμό με φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 27.8%, το τσιμέντο με ποσοστό 24.95%, τα τούβλα με ποσοστό 22.5%, ο

χάλυβας με ποσοστό 8.6% , το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25 με ποσοστό 7.92% και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 8.23%.

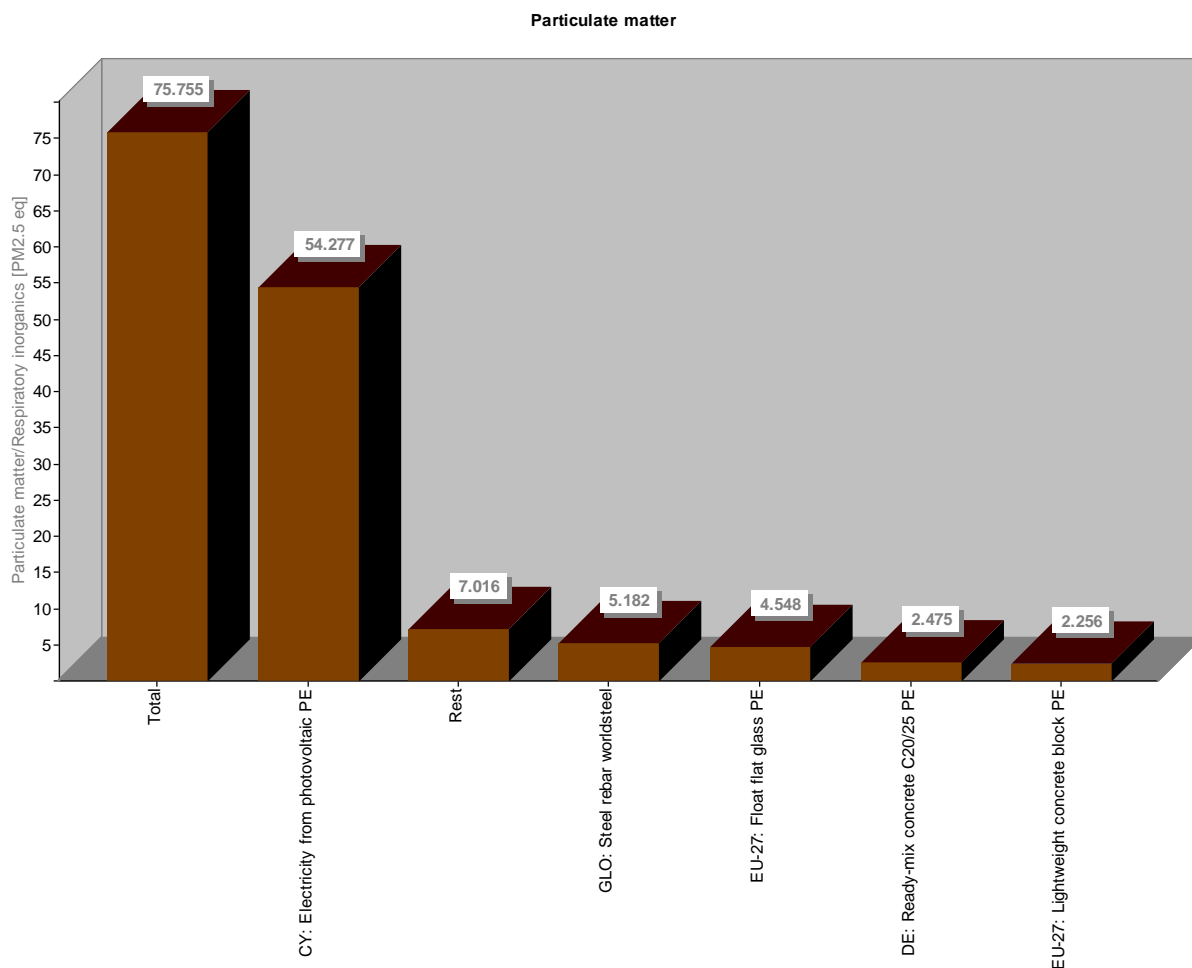


Εικόνα 4.2.18 Αποτελέσματα για δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, μη καρκινικές επιδράσεις - human toxicity potential, non cancer effects (CTUh) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 0.015 CTUh.
2. Τούβλα: 0.004 CTUh.
3. Χάλυβας: 0.004 CTUh.
4. Δημιουργία πετρελαίου στο διυλιστήριο: 0.003 CTUh.
5. Σκυρόδεμα C20/25: 0.002 CTUh.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.001 CTUh.

Στο δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας (μη καρκινικές επιδράσεις) η επίδραση του ηλεκτρισμού από φωτοβολταϊκά έχει ένα ποσοστό 51.8%, τα τούβλα και ο χάλυβας 13.5%, το πετρέλαιο 10.4%, το σκυρόδεμα C20/25 6.9% και όλα τα υπόλοιπα 3.9%.



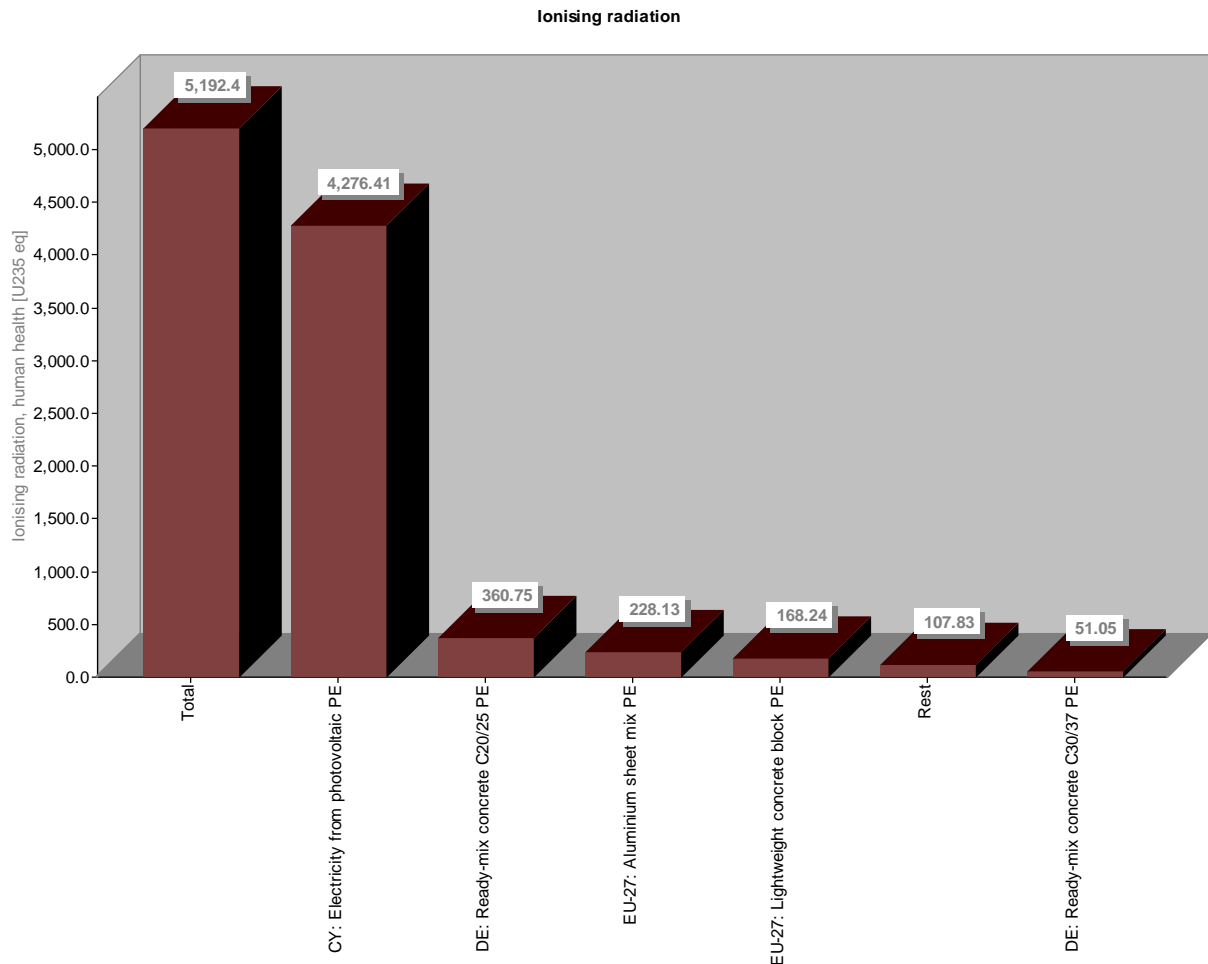
Εικόνα 4.2.19 Αποτελέσματα για αιωρούμενα σωματίδια - Particulate matter στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 54.277 PM2.5 eq.
2. Χάλυβας: 5.182 PM2.5 eq.
3. Γυαλί: 4.548 PM2.5 eq.
4. Σκυρόδεμα C20/25: 2.475 PM2.5 eq.
5. Τούβλα: 2.256 PM2.5 eq.

6. Υπόλοιπα υλικά: 7.016 PM2.5 eq.

Στα αιωρούμενα σωματίδια η επίδραση του ηλεκτρισμού από φωτοβολταϊκά είναι 71.65% ενώ ακολουθούν ο χάλυβας με ποσοστό 6.9%, το γυαλί με ποσοστό 6% , το σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 15.45%.



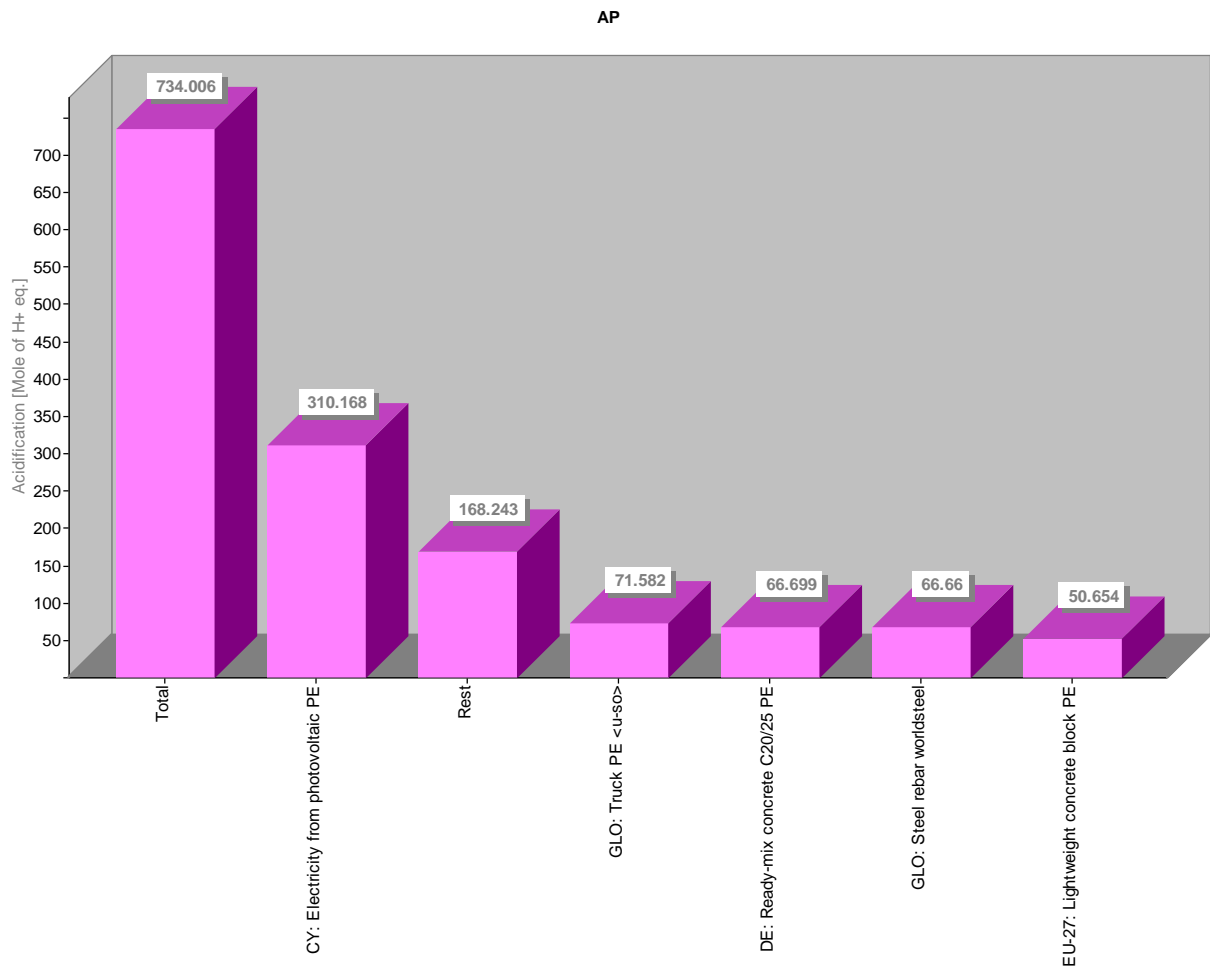
Εικόνα 4.2.20 Αποτελέσματα για επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία- ionising radiation / human health στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 4,276.41 U235 eq.
2. Σκυρόδεμα C20/25: 360.75 U235 eq.
3. Αλουμίνιο: 228.13 U235 eq.
4. Τούβλα: 168.24 U235 eq.
5. Σκυρόδεμα C30/37: 51.05 U235 eq.

6. Υπόλοιπα υλικά: 107.83 U235 eq.

Στη επίδραση της ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία βλέπου ότι το σημαντικότερο ποσοστό το έχει και πάλι ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά με ποσοστό 82.4% και ακολουθούν το σκυρόδεμα C20/25 με ποσοστό 6.9%, το αλουμίνιο με ποσοστό 4.4%, τα τούβλα, το σκυρόδεμα C30/37 και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 6.3%.



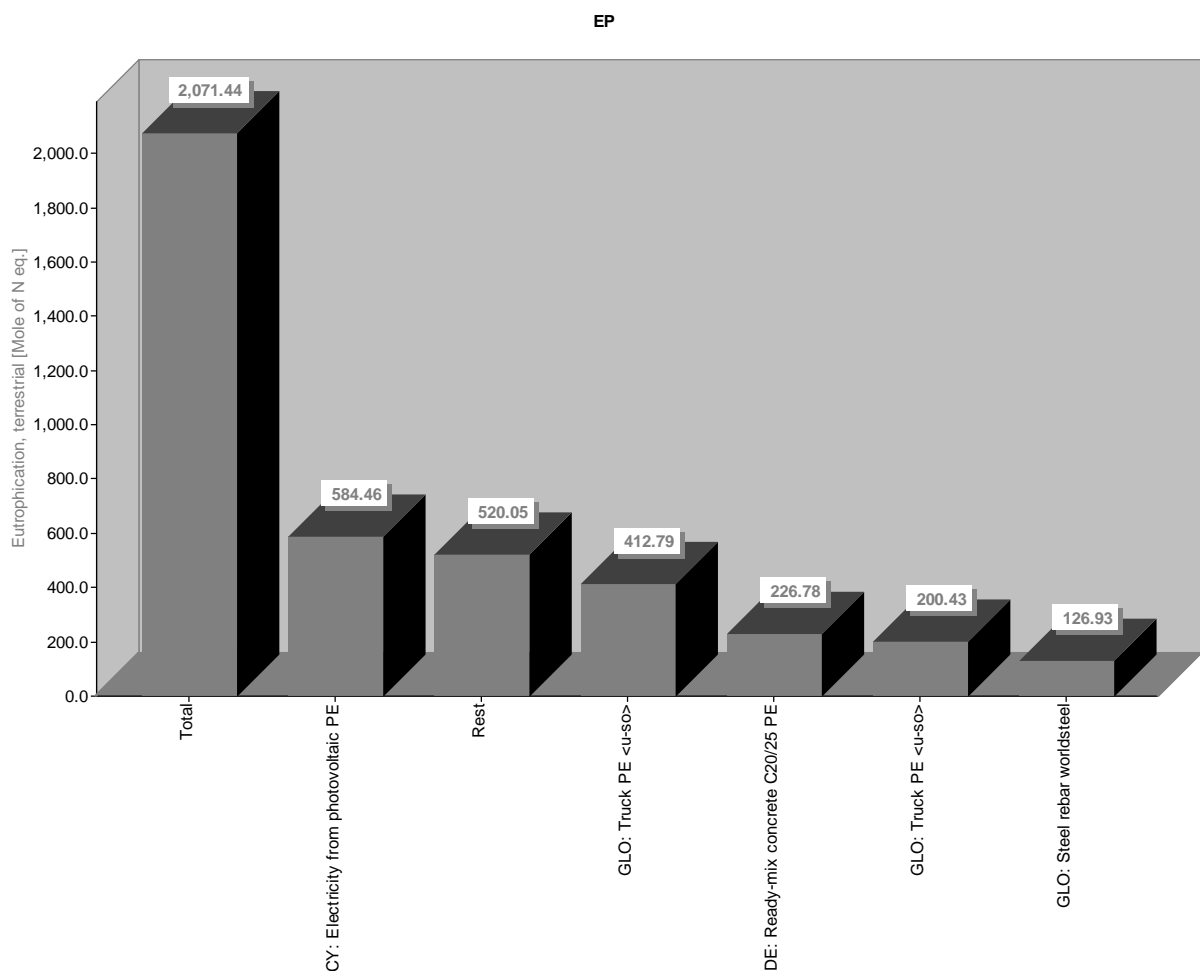
Εικόνα 4.2.21 Αποτελέσματα για δυναμικό αύξησης της οξύτητας - acidification potential (AP) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 310.168 Mole of H+ eq.

2. Μεταφορά με φορτηγό: 71.582 Mole of H+ eq.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 66.699 Mole of H+ eq.
4. Χάλυβας: 66.66 Mole of H+ eq.
5. Τούβλα: 50.654 Mole of H+ eq.
6. Υπόλοιπα υλικά: 168.243 Mole of H+ eq.

Στο δυναμικό αύξησης της οξύτητα ο ηλεκτρισμός με φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 42.26%, η μεταφορά με φορτηγά οχήματα έχει ποσοστό 9.75%, το σκυρόδεμα C20/25 και ο χάλυβας 9.1%, τα τούβλα 6.9% και τα υπόλοιπα υλικά 22.91%.

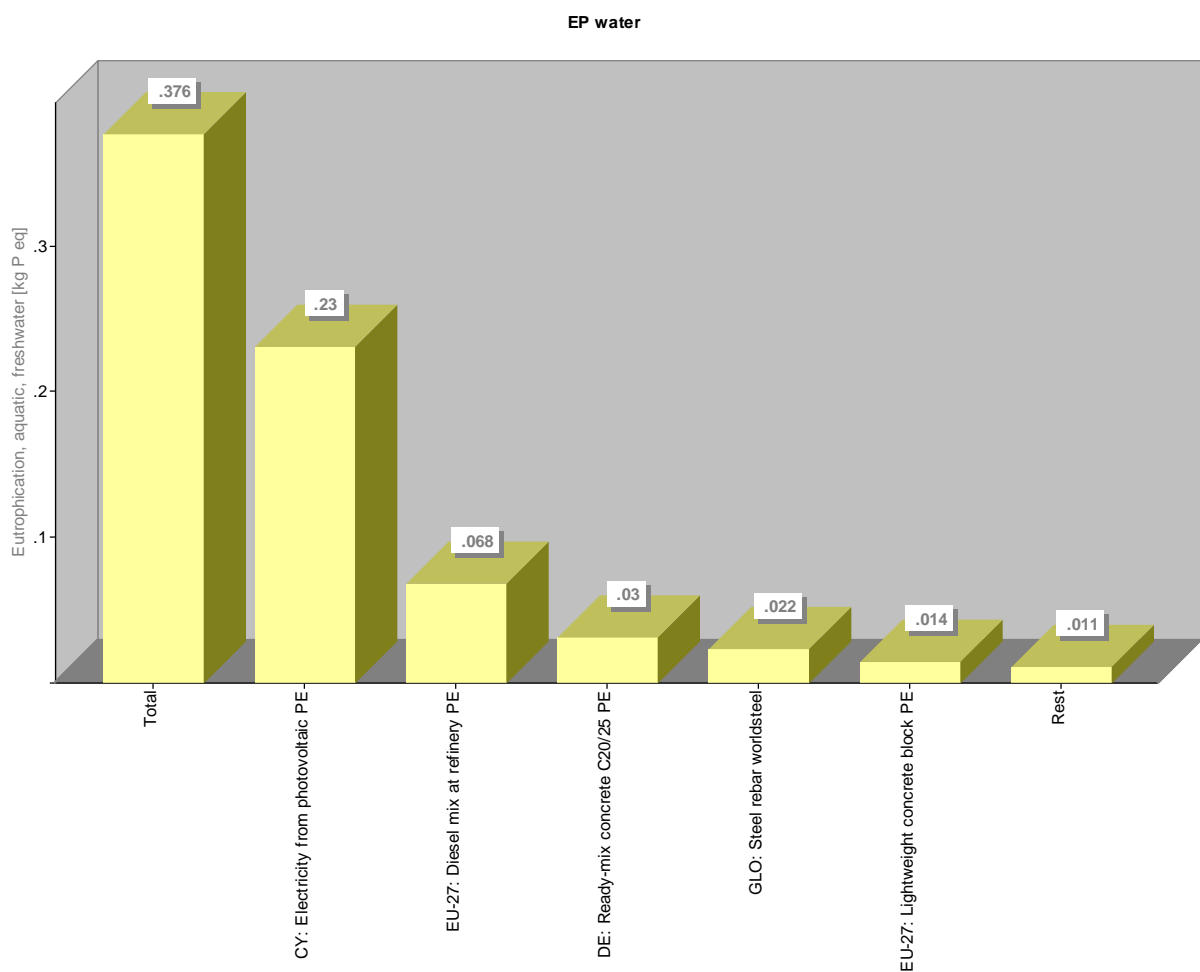


Εικόνα 4.2.22 Αποτελέσματα για δυναμικό ευτροφισμού χερσαίων οικοσυστημάτων - eutrophication potential (EP) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Μεταφορά με φορτηγό: 613.22 Mole of N eq.
2. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 584.46 Mole of N eq.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 226.78 Mole of N eq.
4. Χάλυβας: 126.93 Mole of N eq.
5. Υπόλοιπα υλικά: 520.05 Mole of N eq.

Στο δυναμικό ευτροφισμού η μεταφορά με φορτηγά οχήματα αθροιστικά έχει ποσοστό 29.6%, ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά 28.22%, το σκυρόδεμα C20/25 10.95%, ο χάλυβας 6.23% και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 25%.



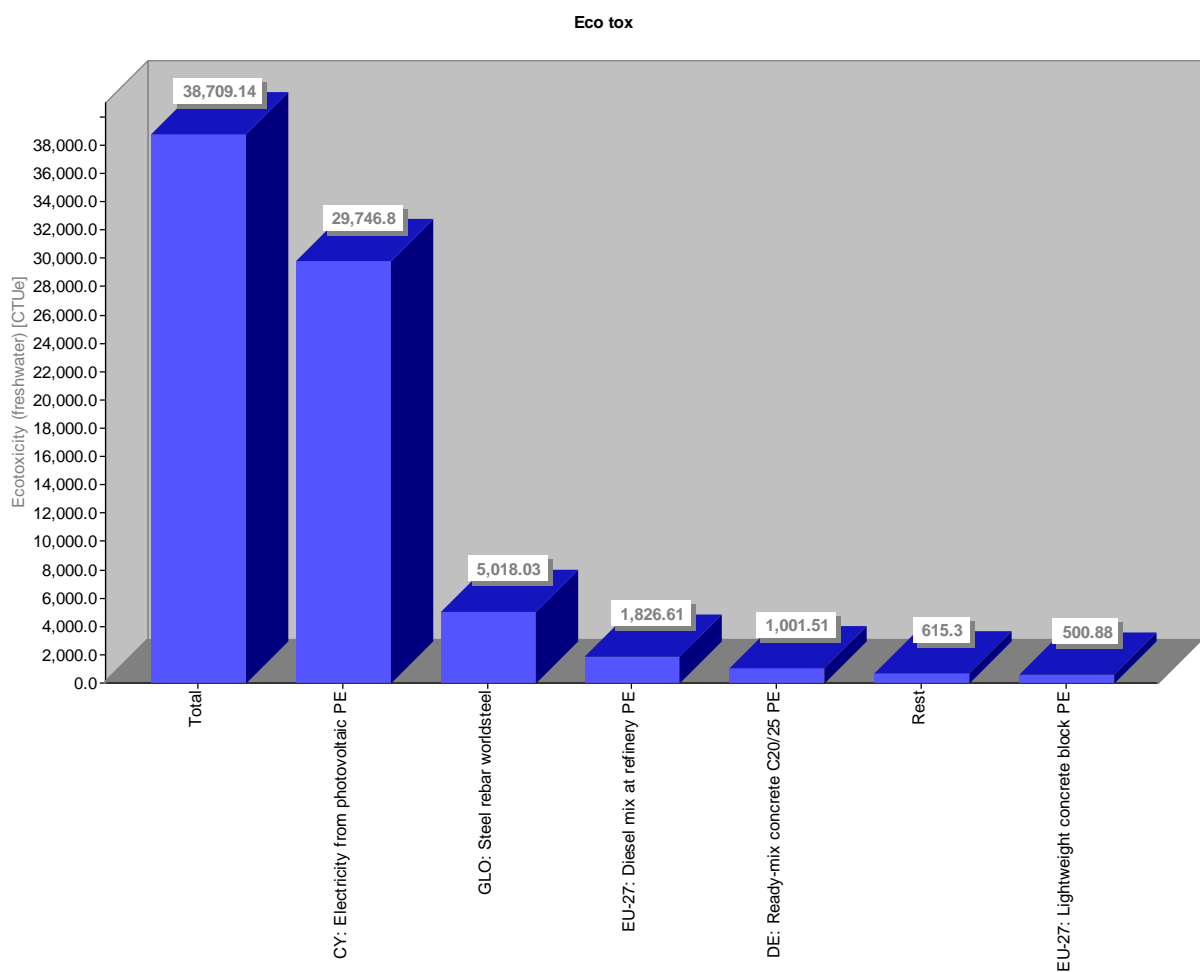
Εικόνα 4.2.23 Αποτελέσματα για ευτροφισμό υδάτων/ νερού - eutrophication aquatic / freshwater (EP Water) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 0.23 Kg P eq.

2. Δημιουργία πετρελαίου στο διυλιστήριο: 0.068 Kg P eq.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 0.03 Kg P eq.
4. Χάλυβας: 0.022 Kg P eq.
5. Τούβλα: 0.014 Kg P eq.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.011 Kg P eq.

Στον ευτροφισμό υδάτων ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 61.17%, το πετρέλαιο 18.1% ενώ ακολουθούν το σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 20.73%.



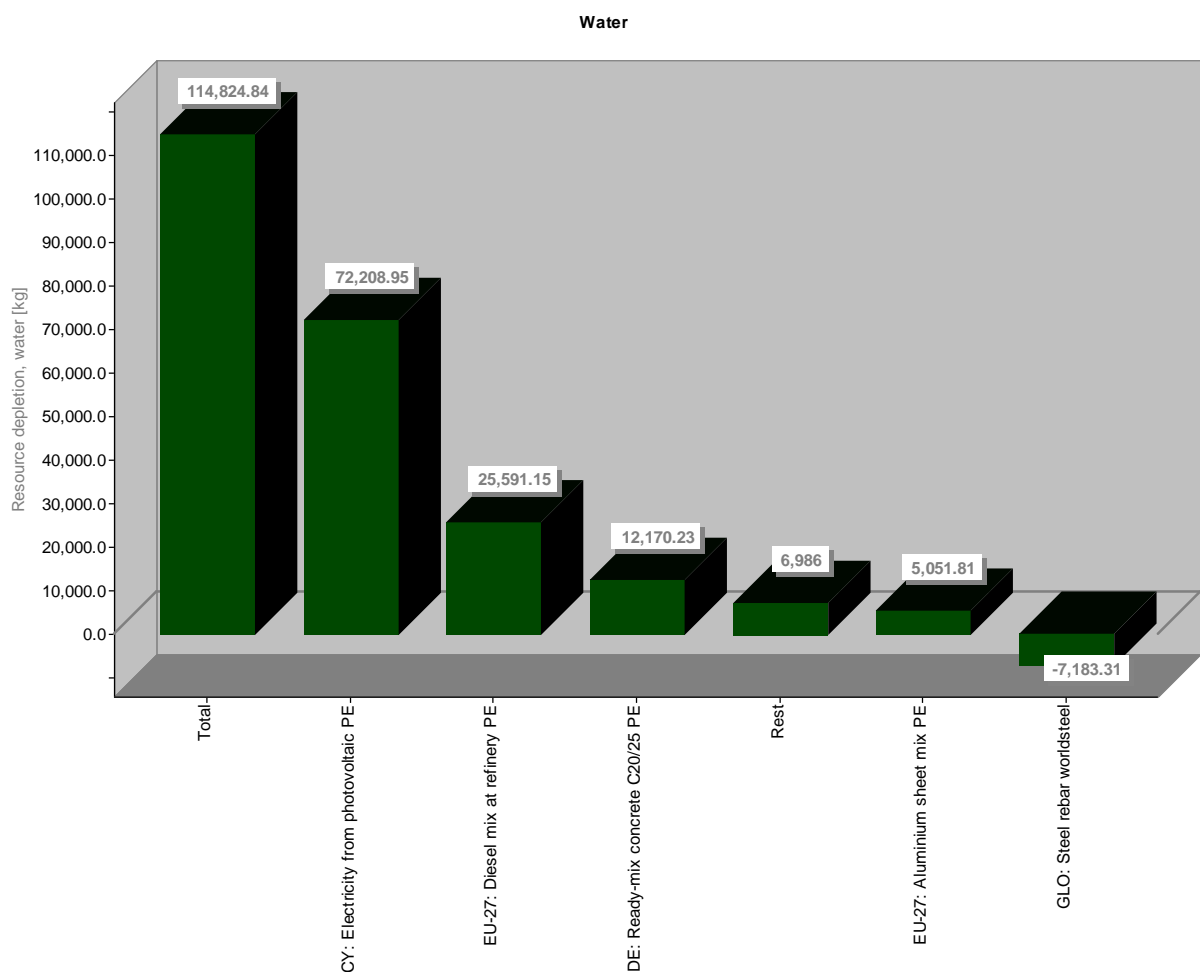
Εικόνα 4.2.24 Αποτελέσματα για δυναμικό τοξικότητας υδάτων/ νερού - terrestrial ecotoxicity freshwater στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 29,746.8 CTUe.

2. Χάλυβας: 5,018.03 CTUe.
3. Δημιουργία πετρελαίου στο διυλιστήριο: 1,826.61 CTUe.
4. Σκυρόδεμα C20/25: 1,001.51 CTUe.
5. Τούβλα: 500.88 CTUe.
6. Υπόλοιπα υλικά: 615.3 CTUe.

Στο δυναμικό τοξικότητα υδάτων το μεγαλύτερο ποσοστό το έχει ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά με ποσοστό 76.85%, ο χάλυβας με ποσοστό 12.96%, το πετρέλαιο με ποσοστό 4.7%, το σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 5.49%.



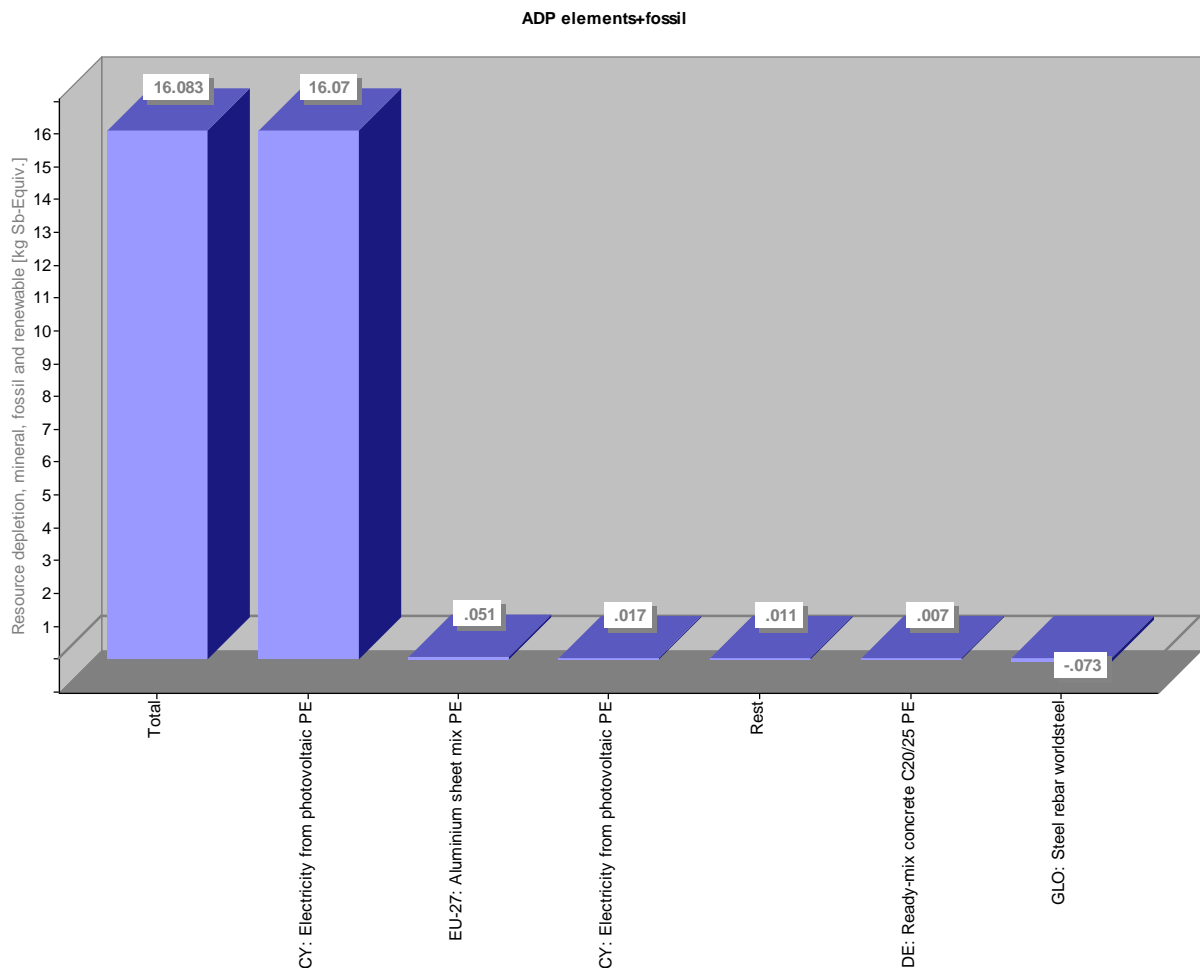
Εικόνα 4.2.25 Αποτελέσματα για συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων - Resource depletion - water στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 72,208.95 Kg.

2. Δημιουργία πετρελαίου στο διωλιστήριο: 25,591.15 Kg.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 12,170.23 Kg.
4. Αλουμίνιο: 5,051.81 Kg.
5. Χάλυβας: -7,183.31 Kg.
6. Υπόλοιπα υλικά: 6,986 Kg.

Στη συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων ο ηλεκτρισμός με φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 62.89%, το πετρέλαιο με ποσοστό 22.3%, το σκυρόδεμα C20/25 με ποσοστό 10.6%, το αλουμίνιο, ο χάλυβας και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 4.21%.

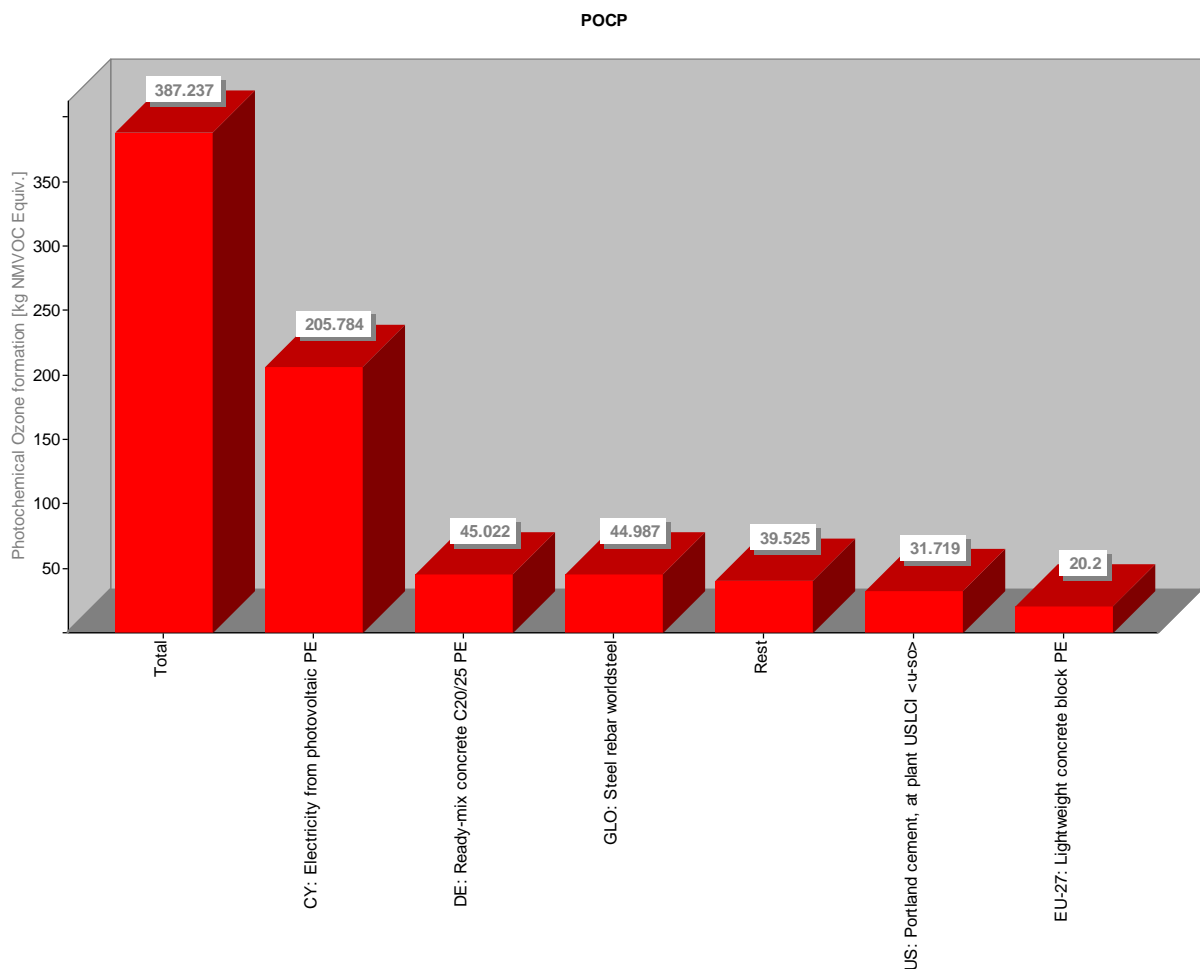


Εικόνα 4.2.26 Αποτελέσματα για αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων - abiotic recourse depletion (ADP) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 16.087 Kg Sb - Equiv.
2. Αλουμίνιο: 0.051 Kg Sb - Equiv.
3. Σκυρόδεμα C20/25: 0.007 Kg Sb - Equiv.
4. Τούβλα: 0.004 Kg Sb - Equiv.
5. Χάλυβας: -0.073 Kg Sb - Equiv.
6. Υπόλοιπα υλικά: 0.011 Kg Sb - Equiv.

Στο αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων το μεγαλύτερο ποσοστό το έχει ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά με ποσοστό 99.9% ενώ ακολουθούν το αλουμίνιο το έτοιμο σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα, ο χάλυβας και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 0.1%.



Εικόνα 4.2.27 Αποτελέσματα για δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος - photochemical oxygen creation potential (POCP) στο εναλλακτικό μοντέλο.

Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά: 205.784 Kg NMVOC Equiv.
2. Σκυρόδεμα C20/25: 45.022 Kg NMVOC Equiv.
3. Χάλυβας: 44.987 Kg NMVOC Equiv.
4. Τσιμέντο πόρτλαντ: 31.719 Kg NMVOC Equiv.
5. Τούβλα 20.2 Kg NMVOC Equiv.
6. Υπόλοιπα υλικά: 39.525 Kg NMVOC Equiv.

Στο δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 53.14%, το σκυρόδεμα C20/25 11.63%, ο χάλυβας 11.62%, το τσιμέντο 8.19%, και τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 15.42%.

Κεφάλαιο Πέμπτο

5.1 Συζήτηση

Τα ως άνω αποτελέσματα πρέπει να συγκριθούν ώστε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα και να προετοιμαστούμε για το επόμενο βήμα το οποίο θα είναι οι δράσεις και οι στρατηγικές οι οποίες πρέπει να ακολουθηθούν αφού επιτευχθούν οι στόχοι και τα σχέδια δράσης για το 2020 τα οποία έχουν καθοριστεί σε επίπεδο Ε.Ε αλλά και επίπεδο εθνικού σχεδίου της Κύπρου. Το τρίτο εθνικό σχέδιο δράσης ενεργειακής απόδοσης της Κύπρου θέτει ως στόχο εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας 14.3% μέχρι το 2020 (Υπουργείο Ενέργειας Εμπορίου και Βιομηχανίας Κύπρου).

Και στα δύο μοντέλα οι δείκτες διαχωρίζονται σε περιβαλλοντικούς και σε κοινωνικούς δείκτες οι οποίοι σχετίζονται με την υγεία του ανθρώπου όπως ήδη προαναφέραμε. Οι περιβαλλοντικοί δείκτες είναι το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, το δυναμικό καταστροφής του όζοντος, το δυναμικό αύξησης της οξύτητας AP, το δυναμικό ευτροφισμού EP, ο ευτροφισμός υδάτων EP Water, το δυναμικό τοξικότητας υδάτων/νερού, η συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων, το αβιοτικά δυναμικό καταστροφής ορυκτών πόρων και το δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος. Οι κοινωνικοί δείκτες που σχετίζονται με την υγεία είναι το δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας-καρκινικές επιδράσεις, το δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας-μη καρκινικές επιδράσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια και η επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία.

Όσον αφορά τους περιβαλλοντικούς δείκτες την μεγαλύτερη σημαντικότητα όπως αυτό φαίνεται από τα νούμερα, με μοναδικό κριτήριο την αριθμητική υπεροχή, έχει το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη το οποίο κυμαίνεται σε πολύ υψηλά επίπεδα κυρίως λόγω της παραγωγής ηλεκτρισμού που απαιτείται από το υπάρχον δίκτυο, το δυναμικό αύξησης της οξύτητας AP, το δυναμικό ευτροφισμού EP, το δυναμικό τοξικότητας υδάτων/νερού, η συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων, το δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος, το αβιοτικά δυναμικό καταστροφής ορυκτών πόρων, ο ευτροφισμός υδάτων EP Water και το δυναμικό καταστροφής του όζοντος.

Όσον αφορά τους κοινωνικούς δείκτες για την υγεία ο πιο σημαντικός με τα μεγαλύτερα νούμερα είναι τα αιωρούμενα σωματίδια και η επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία.

Ακολουθεί το δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας καρκινικές επιδράσεις και το δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας μη καρκινικές επιδράσεις.

Στη συνέχεια, στι πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των δύο μεθόδων μέσω των οποίων διαφαίνεται η σημαντικότητα της συγκεκριμένη μελέτης.

Πίνακας 5.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων με την μέθοδο ILCD για τις δύο περιπτώσεις που περιγράφηκαν πιο πάνω, δηλαδή το μοντέλο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με το σημερινό δίκτυο και της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με φωτοβολταϊκα.

| | CY: Electricity Grid Mix (Production Mix) | CY: Electricity from photovoltaic PE | Μείωση/Αύξηση της επίδρασης | Ποσοστό μείωσης/αύξησης |
|--|--|---|--|------------------------------------|
| Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη - GWP (Kg CO₂ - equiv) | 1.471.236,22 | 58.386,74 | -1.412.849,48 | Μείωση 96,03% |
| Δυναμικό καταστροφής του όζοντος ODP (Kg R11 - equiv) | 0,016 e ⁻⁴ | 0,16 e ⁻⁴ | +0,000014 | Αύξηση 875% |
| Δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, καρκινικές επιδράσεις-Homan tox - cancer (CTUh) | 5,579 e ⁻⁴ | 0,439 e ⁻⁴ | -0,000119 | Μείωση 21,33% |
| Δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας, μη καρκινικές επιδράσεις-Human tox - non cancer (CTUh) | 0,037 | 0,015 | -0.022 | Μείωση 59,5% |

| | | | | |
|---|------------|-----------|-------------|-----------------------------|
| Αιωρούμενα σωματίδια- Particulate Matter (PM 2.5 eq) | 706,649 | 54,277 | -652,372 | Μείωση 92,3% |
| Επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία- Ionising radiation (U 235 eq) | 652,61 | 4.276,41 | +3.623,8 | Αύξηση 555,2% |
| Δυναμικό αύξησης της οξύτητας-AP (Mole of H+ eq) | 13.681,371 | 310,168 | -13.371,2 | Μείωση 97,7% |
| Δυναμικό ευτροφισμού-EP (Mole of N eq) | 12.269,11 | 584,46 | -11.684,7 | Μείωση 95,23% |
| Ευτροφισμό υδάτων/ νερού-EP water (Kg P eq) | 0,542 | 0,23 | -0,312 | Μείωση 57,6% |
| Δυναμικό τοξικότητας υδάτων/ νερού-Eco Tox (CTUe) | 94.357,61 | 29.746,8 | -64.610,8 | Μείωση 68,5% |
| Συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων-Water (Kg) | 308.320,56 | 72.208,95 | -236.111,61 | Μείωση 76,6% |
| Αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων - ADP (Kg Sb - equiv) | 0,306 | 16,07 | +15,764 | Αύξηση 5.151,63% |
| Δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος-POCP (Kg NMVOC - equiv) | 3.854,032 | 205,784 | -3.648,25 | Μείωση 94,7% |

Σε όλες τις περιπτώσεις δεικτών εκτός από τους δείκτες δυναμικό καταστροφής του όζοντος ODP, επίδραση ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία - Ionising radiation και τον δείκτη αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων - abiotic resource depletion (ADP) οι οποίοι είναι φυσιολογικό να αυξάνονται λόγω της φύσης των φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία εκπέμπουν ακτινοβολία αλλά και των πρώτων υλών που απαιτούνται για την κατασκευή τους, έχουμε αισθητή μείωση την επίδρασης του ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο πρέπει να παραχθεί για της απαιτήσεις μιας τυπικής κατοικίας σε ολόκληρο το κύκλο ζωής της (Alsema et al., 2006).

Ακολουθώντας καταγράφοντας τα αποτελέσματα θα δείξουμε ότι περνώντας στη εποχή των σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων θα πρέπει να ξεκινήσουμε να σκεπτόμαστε το επόμενο βήμα.

Για παράδειγμα στην περίπτωση του GWP έχουμε μείωση της επίδρασης κατά 96.03% στο δεύτερο μοντέλο. Περνώντας λοιπόν στο στάδιο της μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης το 2020 με τις κατοικίες σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και χαμηλών εκπομπών άνθρακα θα μπορούμε σε μια νέα εποχή όπου θα πρέπει πλέον να ξεκινήσουμε να κινούμαστε προς υλικά "φιλικότερα" προς το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα το σκυρόδεμα από ανακυκλώσιμα υλικά, ώστε να μειωθεί η επίδραση τους στους πιο πάνω δείκτες στο ελάχιστο δυνατόν (Σέντζας, 2015). Ήδη σε χώρες όπως ο Καναδάς, η Αμερική, καθώς και στη βόρεια Ευρώπη έχει ξεκινήσει μια στροφή της οικοδομικής βιομηχανίας προς τα συγκεκριμένα υλικά. Οι κατοικίες αυτές μπορεί να είναι είτε κατοικίες κατασκευασμένες από υλικά της κατασκευαστικής βιομηχανίας τα οποία έχουν ως βάση το ξύλο ή από μεταλλικό σκελετό, ή ανακυκλώσιμα υλικά (Gustavsson and Sathre, 2005; Perez-Garcia et al., 2005). Οι προκατασκευασμένες κατοικίες από ανακυκλώσιμα κυρίως υλικά εκτός από πολύ πιο ενεργειακά αποδοτικές μπορούν να αποδειχτούν και φιλικότερες προς το περιβάλλον (Reddy and Jagadish, 2003). Μελέτη η οποία έγινε στην Καταλονία της Ισπανίας και η οποία αφορούσε 200 προκατασκευασμένα σχολεία τα οποία φτιάχτηκαν από το 2002 έως το 2011 κατέδειξε ότι τα απόβλητα σε ολόκληρο το κύκλο ζωής του κτιρίου μπορούν να μειωθούν κατά 60% ενώ η φάση με τις περισσότερες εκπομπές είναι η φάση της κατασκευή των προκατασκευασμένων υλικών και μέσω αυτό του συστήματος οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να μειωθούν μέχρι και 50% (Pons and Wadel, 2011). Επίσης σύμφωνα με την εμπειρία του συγγραφέα οι σημερινές τιμές για την κατασκευή μιας ενεργειακά αποδοτικής συμβατικής κατοικίας κατηγορίας B από σπλισμένο σκυρόδεμα όπως την περιγράψαμε πιο πάνω στοιχίζει 1100-1200 ευρώ το τετραγωνικό μέτρο ενώ μια προκατασκευασμένη κατοικία από

μεταλλικό σκελετό ψυχρής και θερμής έλασης με τοιχοποιίες από ξύλο OSB, γυψοσανίδα ή τσιμεντοσανίδα και πετροβάμβακα στο σκελετό ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό υλικό στοιχίζει γύρω στα 750-950 ευρώ το τετραγωνικό μέτρο. Έχουμε δηλαδή εκτός από περιβαλλοντικό και οικονομικό όφελος και προς το κατασκευαστή αλλά και προς τον αγοραστή-ιδιοκτήτη. Τέλος οι προκατασκευασμένες κατοικίες έχουν επίσης το πλεονέκτημα ότι κατασκευάζονται πάρα πολύ γρήγορα, δηλαδή μια συμβατική κατοικία χρειάζεται περίπου 12-14 μήνες για την πλήρη ανέγερση της ενώ μια προκατασκευασμένη κατοικία μπορεί να ανεγερθεί σε 6-8 μήνες άρα εξοικονομώντας χρόνο εξοικονομούμε και χρήματα ταυτόχρονα.

Όπως φαίνεται από τα ως άνω ραβδογράμματα στις περιπτώσεις του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη GWP, του δυναμικού ανθρώπινης τοξικότητας καρκινικές και μη καρκινικές επιδράσεις, στα αιωρούμενα σωματίδια Particulate matter, του δυναμικού αύξησης τοξικότητας AP, του δυναμικού ευτροφισμού EP, του ευτροφισμού υδάτων/νερού EP Water, του δυναμικού τοξικότητας υδάτων/νερού, της συνολικής κατάστασης νερού και του δυναμικού τροποσφαιρικού όζοντος POCP η επίδραση στο περιβάλλον από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο σημερινό δίκτυο μειώνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό (στις πλείστες περιπτώσεις πάνω από 90%) με την χρήση φωτοβολταϊκών ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Ταυτόχρονα αυξάνεται η σημαντικότητα της επίδρασης των άλλων υλικών στο κύκλο ζωής του κτιρίου όπως περιγράφονται στη συνέχεια. ως συνέπεια αυτής της μείωσης όπως προαναφέραμε.

Με την μείωση δηλαδή της επίδρασης στο περιβάλλον που έχει η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος για την κατασκευή των υλικών, την κατασκευή κατοικίας αλλά κυρίως τη χρήση της, μέσω της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά ή άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, βλέπουμε ότι αυξάνεται πλέον η σημαντικότητα της επίδρασης στο περιβάλλον των υλικών κατασκευής μια κατοικίας όπως του σκυροδέματος, του χάλυβα, του τσιμέντου αλλά και των υπόλοιπων υλικών σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Πιο κάτω περιγράφονται αναλυτικά τα αποτελέσματα ώστε να μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα με μεγαλύτερη ευκολία.

Στην περίπτωση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη με ηλεκτρισμό από το δίκτυο έχουμε επίδραση του ηλεκτρισμού με ποσοστό 93.6%, επίδραση του σκυροδέματος C20/25 με ποσοστό 1.91% και του χάλυβα, του τσιμέντου, των τούβλων και των υπόλοιπων υλικών με ποσοστό 4.49%. Στο δεύτερο μοντέλο έχουμε την επίδραση του ηλεκτρισμού από φωτοβολταϊκά με ποσοστό 37.1%, του σκυροδέματος C20/25 με ποσοστό 19.1%, του χάλυβα με ποσοστό 13.8%, του τσιμέντου με ποσοστό

6.96%, των τούβλων με ποσοστό 5.94% και των υπόλοιπων υλικών με ποσοστό 17.1%. Είναι φανερό ότι στο δεύτερο μοντέλο η επίδραση στο περιβάλλον όλων των υλικών είναι σημαντική.

Στη περίπτωση του δυναμικού καταστροφής του όζοντος ODP έχουμε στο πρώτο μοντέλο το χάλυβα να επιδρά με ποσοστό 98.4% και τον ηλεκτρισμό από το δίκτυο αλλά και από φωτοβολταϊκά, το αλουμίνιο, το σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά να επιδρούν με ποσοστό 1.6% ενώ στο δεύτερο μοντέλο ο χάλυβας επιδρά με ποσοστό 92.06% ενώ τα υπόλοιπα υλικά επιδρούν με ποσοστό 7.94%.

Στην περίπτωση του δυναμικού ανθρώπινης τοξικότητας (καρκινικές επιδράσεις) με ηλεκτρισμό από το δίκτυο έχουμε επίδραση του ηλεκτρισμού με ποσοστό 82.9%, του τσιμέντου με ποσοστό 5.9%, των τούβλων με ποσοστό 5.2% και του χάλυβα, του σκυροδέματος C20/25 και των υπόλοιπων υλικών με ποσοστό 6%. Στο δεύτερο μοντέλο η επίδραση από ηλεκτρισμό με φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 27,8%, το τσιμέντο 24.95%, τα τούβλα 22.5%, ο χάλυβας 8.6% , το έτοιμο σκυρόδεμα 7.92% και τα υπόλοιπα υλικά 8.23%, άρα όλα τα υλικά επιδρούν σε αρκετά μεγάλο βαθμό σε αντίθεση με το πρώτο μοντέλο.

Στο δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας (μη καρκινικές επιδράσεις) στο πρώτο μοντέλο η επίδραση από τον ηλεκτρισμό από το δίκτυο έχει ποσοστό 71.1%, τα τούβλα 7.7%, ο χάλυβας 7.7% και το πετρέλαιο, το σκυρόδεμα C20/25 και τα υπόλοιπα υλικά 13.5%. Η επίδραση του ηλεκτρισμού από φωτοβολταϊκά στο δεύτερο μοντέλο έχει ένα ποσοστό 51.8%, τα τούβλα 13.3%, ο χάλυβας 13.3%, το πετρέλαιο 10.4%, το σκυρόδεμα C20/25 6.9% και όλα τα υπόλοιπα υλικά 3.5%. Φαίνεται πως και στα δύο μοντέλα όλα τα υλικά επιδρούν σημαντικά.

Στα αιωρούμενα σωματίδια η επίδραση του ηλεκτρισμού από το δίκτυο έχει ποσοστό 96.9% και του χάλυβα, του γυαλιού, του σκυροδέματος C20/25, των τούβλων και των υπόλοιπων υλικών 3.1%. Στο δεύτερο μοντέλο ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά επιδρά κατά 71.65% ενώ ακολουθούν ο χάλυβας με ποσοστό 6.9%, το γυαλί με ποσοστό 6% , το σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 15.45%. Άρα και πάλι στο δεύτερο μοντέλο όλα τα υλικά έχουν σημαντική επίδραση όχι μόνο στο περιβάλλον αλλά και στον άνθρωπο.

Στην επίδραση της ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία στο πρώτο μοντέλο ο ηλεκτρισμός από το δίκτυο επιδρά κατά 41.7%, το σκυρόδεμα C20/25 κατά 23%, το αλουμίνιο κατά 14.5%, τα τούβλα κατά 10.7%, το σκυρόδεμα C30/37 και τα υπόλοιπα υλικά κατά 10.1%. Στο δεύτερο

μοντέλο το σημαντικότερο ποσοστό το έχει και πάλι ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά με ποσοστό 82,4%, δηλαδή περισσότερο από το πρώτο μοντέλο και ακολουθούν το σκυρόδεμα C20/25 με ποσοστό 6.9%, το αλουμίνιο με ποσοστό 4.4%, τα τούβλα, το σκυρόδεμα C30/37 και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 6.3%. Σε αυτή τη περίπτωση έχουμε αντίθετα αποτελέσματα από τους πιο πάνω δείκτες, δηλαδή στο πρώτο μοντέλο επιδρούν όλα τα υλικά με μεγαλύτερη σημαντικότητα από το δεύτερο, πράγμα το οποίο αποδεικνύει ότι **έπρεπε να είχαμε ήδη προβληματιστεί** και μελετήσει το θέμα αυτής της διατριβής από την πρώτη στιγμή που εφαρμόσαμε την νομοθεσία για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων μέσω της χρήσης φωτοβολταϊκών πάνελ.

Στο δυναμικό αύξησης της οξύτητα ο ηλεκτρισμός από το δίκτυο επιδρά με ποσοστό 96.9% και ακολουθούν η μεταφορά με φορτηγά, το σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με 3.1%. Ο ηλεκτρισμός με φωτοβολταϊκά στο δεύτερο μοντέλο έχει ποσοστό 42.26%, η μεταφορά με φορτηγά οχήματα έχει ποσοστό 9.75%, το σκυρόδεμα C20/25 και ο χάλυβας 9.1%, τα τούβλα 6.9% και τα υπόλοιπα υλικά 22.92% με τα γνωστά αποτελέσματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

Στο δυναμικό ευτροφισμού EP στο πρώτο μοντέλο ο ηλεκτρισμός από το δίκτυο έχει 89.1% ποσοστό, η μεταφορά με φορτηγά 3% και το σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας και τα υπόλοιπα υλικά 7.9%. Στο δεύτερο μοντέλο η μεταφορά με φορτηγά οχήματα αθροιστικά έχει ποσοστό 29.6%, ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά 28.22%, το σκυρόδεμα C20/25 10.95%, ο χάλυβας 6.23% και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 25%.

Στον ευτροφισμό υδάτων ο ηλεκτρισμός από το δίκτυο έχει ποσοστό 78.8%, το πετρέλαιο 9.9% και το σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά 11.3%. Στο δεύτερο μοντέλο ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 61.17%, το πετρέλαιο 18.1% ενώ ακολουθούν το σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 20.73%.

Στο δυναμικό τοξικότητα υδάτων το μεγαλύτερο ποσοστό στο πρώτο μοντέλο το έχει ο ηλεκτρισμός από το δίκτυο με 91.3%, ακολουθεί ο χάλυβας με 4.9% και τέλος το πετρέλαιο, το σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με 3.8%. Στο δεύτερο μοντέλο ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 76.85%, ο χάλυβας 12.96%, το πετρέλαιο 4.7%, το σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά 5.49%.

Στη συνολική κατάσταση του γλυκού νερού περιλαμβανομένων των όμβριων υδάτων ο ηλεκτρισμός από το δίκτυο έχει 87.8%, το πετρέλαιο 7.3% το σκυρόδεμα C20/25 3.5% και το αλουμίνιο, ο χάλυβας

και τα υπόλοιπα υλικά 1.4%. Στο δεύτερο μοντέλο ο ηλεκτρισμός με φωτοβολταϊκά έχει ποσοστό 62.89%, το πετρέλαιο 22.3%, το σκυρόδεμα C20/25 10.6%, το αλουμίνιο, ο χάλυβας και τα υπόλοιπα υλικά 4.21%. Ο χάλυβας όπως φαίνεται θετική επίδραση στη συνολική κατάσταση των όμβριων υδάτων.

Στο αβιοτικά δυναμικό καταστροφής των ορυκτών πόρων στο πρώτο μοντέλο ο ηλεκτρισμός έχει 82.32% και το αλουμίνιο, το σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα ο χάλυβας και τα υπόλοιπα υλικά 17.68%. Το μεγαλύτερο ποσοστό στο δεύτερο μοντέλο το έχει ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά με ποσοστό 99.9% ενώ ακολουθούν το αλουμίνιο το σκυρόδεμα C20/25, τα τούβλα, ο χάλυβας και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 0.1%. Έχουμε δηλαδή την ίδια περίπτωση με την επίδραση της ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία. Ο χάλυβας έχει θετική επίδραση λόγω της ανακύκλωσης του υλικού.

Στο δυναμικό δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος ο ηλεκτρισμός από το δίκτυο έχει ποσοστό 95.4% και το σκυρόδεμα C20/25, ο χάλυβας, το τσιμέντο, τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά 4.6%. Ο ηλεκτρισμός από φωτοβολταϊκά στο δεύτερο μοντέλο έχει ποσοστό 53.14%, το σκυρόδεμα C20/25 11.63%, ο χάλυβας 11.62%, το τσιμέντο 8.19%, και τα τούβλα και τα υπόλοιπα υλικά με ποσοστό 15.42%.

5.2 Περιορισμοί της μελέτης

Στη συγκεκριμένη διατριβή μελετήθηκε ολόκληρο το μοντέλο μιας κατοικίας από οπλισμένο σκυρόδεμα. Λόγο της πολυπλοκότητας του μοντέλου αλλά και των περιορισμών του προγράμματος αναγκαστήκαμε να κάνουμε ορισμένες παραδοχές οι οποίες αναφέρθηκαν πιο πάνω.

Επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις όπου οι διεργασίες για την Κύπρο δεν υπήρχαν, λάβαμε υπόψη διεργασίες παραπλήσιες με της Κύπρου, όπως για παράδειγμα διεργασίες με την ένδειξη EU, ή κάποια επιλογή που μας έδινε το πρόγραμμα η οποία φυσικά ελέγχθηκε σε βάθος πριν εφαρμοστεί, ώστε να τηρεί όλες τις προϋποθέσεις οι οποίες απαιτούνται. Για παράδειγμα η διεργασία του έτοιμου σκυροδέματος, της μεταφορά υλικών κλπ.

Σε πολλές περιπτώσεις επίσης αναγκαστήκαμε να δημιουργήσουμε δικές μας διεργασίες, λόγο του ότι δεν υπήρχαν στο πρόγραμμα, πάντα με τα δικά μας δεδομένα.

Γενικά όπου υπήρχαν διεργασίες έτοιμες τις χρησιμοποιήσαμε χωρίς να μπορούμε στη διαδικασία να ξεκινήσουμε από τις πρώτες ύλες και τη διαδικασία κατασκευής του υλικού ώστε λόγο της μεγάλης πολυπλοκότητας.

5.3 Συμπεράσματα

Μέχρι τώρα όπως είδαμε και από την υφιστάμενη βιβλιογραφία υπολογιζόταν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα υλικών, το καθένα χωριστά, με τη λειτουργική μονάδα να κυμαίνεται σε μικρές ποσότητες και να μην γίνεται αναγωγή στις πραγματικές ποσότητες ενός μοντέλου τυπικής κατοικίας. Εδώ έγκειται και η διαφορά αυτής της διατριβής με άλλες μελέτες οι οποίες έχουν εκπονηθεί. Ανάγοντας το αποτέλεσμα στο μοντέλο μιας τυπικής κατοικίας διαφαίνεται η σημαντικότητα του προβλήματος η οποία είναι τεράστια.

Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως στη διάρκεια της χρήσης ενός κτιρίου για τις ανάγκες μιας οικογένειας, το μπετό, ο χάλυβας και το τσιμέντο σε ολόκληρο το κύκλο ζωής μιας κατοικίας είναι οι βασικότεροι παράγοντες της τεράστιας περιβαλλοντικής καταστροφής που προκαλείται από την οικοδομική βιομηχανία, όπως αποδεικνύουν και οι περισσότερες υφιστάμενες μελέτες. Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης και η μεταφορά των υλικών από και προς το εργοτάξιο.

Όλα όσα αναλύονται πιο πάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι για να οδηγηθούμε πλέον στο στόχο, ο οποίος είναι η δημιουργία βιώσιμων και αειφόρων πόλεων θα πρέπει ως ένα πρώτο βήμα να μειώσουμε την επίδραση του σκυροδέματος μέσω της χρήσης σκυροδέματος από ανακυκλώσιμα υλικά. Σύμφωνα με την τελευταία οδηγία της Ε.Ε προδιαγράφεται ότι το ποσοστό ανακύκλωσης από διάφορες κατασκευές και καταδαφίσεις μέχρι το 2020 θα πρέπει να είναι της τάξεως του 70% (Saez et al., 2013).

Η συγκεκριμένη διατριβή όπως έχει αναφερθεί πολλές φορές, αφορά μόνο κατοικίες στη Κύπρο, με τις συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες και τα συγκεκριμένα υλικά κατασκευής. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση επιβάλλεται να μελετηθεί και να υπολογιστεί ξανά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα.

5.4 Εισηγήσεις

Προτείνεται σε αρχικό στάδιο, παράλληλα με την ενημέρωση του υπουργείου ενέργειας, εμπορίου, βιομηχανίας και τουρισμού για τις κατοικίες με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση, να γίνεται και μια ενημέρωση, ξεκινώντας από τους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες οι οποίοι είναι οι άμεσα εμπλεκόμενοι, σχετικά με τα εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης τα οποία χρησιμοποιούνται στο εξωτερικό και πως θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην Κύπρο. Αυτή η ενημέρωση μπορεί να γίνει από ακαδημαϊκούς είτε της Κύπρου, είτε του εξωτερικού οι οποίοι έχουν κάνει έρευνα στο συγκεκριμένο θέμα. Ήδη το Επιστημονικό Τεχνικό Επιμελητήριο Κύπρου (ΕΤΕΚ) έχει προχωρήσει σε δημιουργία ερευνητικής επιτροπής για αειφόρο, βιώσιμη και ορθολογική ανάπτυξη (ΕΤΕΚ). Η επιτροπή αυτή θα μπορούσε να αποτελέσει το συνδετικό κρίκο μεταξύ των ακαδημαϊκών εκπαιδευτών και των μηχανικών διαφόρων ειδικοτήτων.

Μέχρι το 2020 πρέπει να δημιουργηθούν κέντρα εκπαίδευσης στα οποία θα διδάσκονται συγκεκριμένα προγράμματα όπως το GaBi, το Athena impact estimator και άλλα, καθώς και να δημιουργηθεί και τεθεί σε λειτουργία νέο λογισμικό το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τα κλιματικά δεδομένα και της συνθήκες κατασκευής και λειτουργίας κατοικιών στη Κύπρο.

Αφού οι μηχανικοί και τα μελετητικά γραφεία ενημερωθούν κατάλληλα για το θέμα πρέπει με την σειρά τους κατά την εκπόνηση μιας μελέτης από το αρχικό στάδιο του σχεδιασμού να λαμβάνουν υπόψη το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και να ενημερώνουν κατάλληλα τους ιδιοκτήτες για τα πολλαπλά περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά οφέλη τα οποία θα έχουν εάν αντί της συμβατικής κατοικίας, προτιμήσουν μια κατοικία σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος (Basbagill, Flager, Lepech and Fischer, 2012).

Τέλος η ίδια η πολιτεία θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά σε αυτή την προσπάθεια δίνοντας κάποια κίνητρα. Όπως για παράδειγμα επιβάλλει χαμηλά τέλη κυκλοφορίας για αυτοκίνητα με χαμηλές

εκπομπές CO₂ και υβριδικά οχήματα, θα μπορούσε να επιβάλει χαμηλό έως και μηδενικό φόρο ακίνητης ιδιοκτησίας για τις κατοικίες που περιγράψαμε πιο πάνω και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως φιλικές προς το περιβάλλον. Ακόμη θα μπορούσε να δώσει κίνητρο με διάφορες επιδοτήσεις και χαμηλότοκα δάνεια τα οποία θα εξυπηρετούν το συγκεκριμένο σκοπό, δηλαδή την κατασκευή κατοικιών με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Εν συνεχεία αυτής της διατριβής επιβάλλεται να εξεταστεί και η περίπτωση κατοικίας από ξύλινο και μεταλλικό φέρον οργανισμό με διάφορα υλικά, όπως για παράδειγμα υλικά ξηράς δόμησης έναντι τούβλων, κουφωμάτων από ξύλο αντί αλουμινίου, πέτρας αντί επιχρίσματος σοβά, οικολογικά χρώματα για μπογιάντισμα και οτιδήποτε άλλο θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Σύμφωνα με τους Ng et al. 2011 μέσα από μελέτες έχει διαφανεί ότι μια πόρτα κατασκευασμένη από ανακυκλωμένο ξύλο εκλύει 12.8 Kg ισοδύναμου CO₂ σε σχέση με μια πόρτα από ξύλο η οποία εκλύει 16.2 Kg ισοδύναμου CO₂. Άρα οι ξύλινες κατοικίες θεωρούνται μια πολύ καλή επιλογή μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Βιβλιογραφία

Ahtiainen, H. and Vanhatalo, J. (2012), 'The value of reducing eutrophication in European marine areas - A Bayesian meta-analysis', *Ecological Economics* 83(0), 1-10.

Airaksinen M. and Matilainen P. (2011), ' A Carbon Footprint of an Office Building', *Energies*, 4, 1197-1210

Alsema E. A., Mariska J. and Scholten W. (2006), 'Environmental Impacts of Crystalline Silicon Photovoltaic Module Production', Copernicus Institute of Sustainable Development and Innovation, Utrecht University, The Netherlands, Energy research Centre of the Netherlands (ECN)

Altenstedt J. and Pleijel K. (1998), POCP for individual VOC under European Conditions

Athena Environmental Impact Estimator Athena Sustainable Materials Institute
<http://www.athenasmi.ca/>

Basbagill J., Flager F., Lepech M. and Fischer M. (2013), 'Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts', *Building and Environment*, 60, 81–92

Bastianoni S., Marchi M., Caro D., Casprini P. and Pulselli F. M. (2014), ' The connection between 2006 IPCC GHG inventory methodology and ISO 14064-1 certification standard – A reference point for the environmental policies at sub-national scale', *Environmental Science & Policy*, 44, 97–107

Baumann H., Tilman A-M., 2004. Guide to LCA.

Bayer C., Gamble M., Gentry R., Joshi S., 2010, AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice

BEES 3.0 (2015), Building for Environmental and Economic Sustainability) National Institute of Standards and Technology: <http://www.bfrl.nist.gov/oae/software/bees.html>

Bikas D, Milonas S. (1999) Evaluation of construction solutions of the external envelope of buildings based on environmental criteria. In: Proc. 3rd Int. Conf. HELECO 99—Environmental technologies for the 21st century; 430–7.

Bouwman A. F., Van Vuuren D. P., Derwent R. G. and Posch M. (2002), ' A Global Analysis of Acidification and Eutrophication of Terrestrial Ecosystems', Water, Air, and Soil Pollution, 141 (1), 349-382

BREEAM UK (2015), <http://www.breeam.com/>

Bribián I. Z., Capilla A. V. and Usón A. A. (2011), ' Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential', Building and Environment, 46 (5), 1133–114

CMLCA: SCIENTIFIC SOFTWARE FOR LCA, IOA, EIOA, AND MORE
<http://www.cmlca.eu/>

Eurocode 2., (2008): Design of concrete structures EN1992-1-1

Eurocode 8., (2008): Seismic Design of Buildings Worked examples

Europa., (2015). Efficient use of resources and waste

Europa., (2015). Integrated policy product – IPP

European Commission.,2010. Analysing of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment

Finkbeiner M. , Inaba A., Tan R., Christiansen K. and Klüppel H. J. (2006), 'The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044', The International Journal of Life Cycle Assessment, 11 (2), 80-85

GaBi.,2015. LCA Tools and LCA Databases for Product and Process Sustainability Analyse. www.gabi-software.com

Georgia Institute of Technology, Bayer C., Gamble M., Gentry R. and Joshi S. (2010), 'AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice - Executive Summary: The Future of Building Life Cycle Assessment in Practice ', p.p 9

Giama E., , Papadopoulos A. M. (2015), Assessment tools for the environmental evaluation of concrete, plaster and brick elements production, Journal of Cleaner Production, 99 (15), 75–85

Gustavsson L., Pingoud K. and Sathre R. (2006), 'Carbon dioxide balance of wood substitution: Comparing concrete - and wood - frame buildings', Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11(3), 667-691

Harrison R. M. and Yin J. (2000), 'Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?' Science of The Total Environment, 249 (1–3), 85–101

Heijungs R., Suh S. and Kleijn R. (2005), 'Numerical Approaches to Life Cycle Interpretation -The case of the Ecoinvent'96 database (10 pp)', The International Journal of Life Cycle Assessment 10 (2), 103-112

Heinonen J., Säynäjoki A. and Junnila S. (2011), ' A Longitudinal Study on the Carbon Emissions of a New Residential Development', Sustainability , 3(8), 1170-1189

IEA Anex 31, Energy Related Environmental Impact of Building
<http://www.iisbe.org/annex31/index.html>

International Decade for Action 'Water For Life' 2005-2015

<http://www.un.org/waterforlifedecade/>

IPCC (2008), Impacts of Europe's changing climate, indicator-based assessment 'Adaptation to climate change', chapter 6, pp.161-192.

ISO 14000 - Environmental management

ISO 14001:2015 sets out the criteria for an environmental management system and can be certified to. It maps out a framework that a company or organization can follow to set up an effective environmental management system.

ISO 14020:2000 Environmental labels and declarations -- General principles.

ISO 14024:1999 Environmental labels and declarations -- Type I environmental labelling -- Principles and procedures

ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures

ISO 14040:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework.

ISO 14044:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines.

ISO 14064-1:2006 Greenhouse gases -- Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals

ISO 14064-2:2006 Greenhouse gases -- Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements

ISO 14064-3:2006 Greenhouse gases -- Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions

ISO 14065:2007 Greenhouse gases -- Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition

ISO/TR 14069:2013 Greenhouse gases -- Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations -- Guidance for the application of ISO 14064-1

ISO/TS 14067:2013 Greenhouse gases -- Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification and communication

Jørgensen A., Bocq A. L., Nazarkina L. and Hauschild M. (2007), ' Methodologies for social life cycle assessment', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13 (2), 96-103

Klöppfer W. (2014), ' Introducing Life Cycle Assessment and its Presentation in 'LCA Compendium'', *Background and Future Prospects in Life Cycle Assessment, Part of the series LCA Compendium – The Complete World of Life Cycle Assessment* pp 1-37

Klöppfer, W. (1999), 'Life Cycle Assessment. From the begin to the current State'. *The Global Environment: Science, Technology and Management*, Vol. 1 & 2.

Konikow L. F. and Kendy E. (2005), ' Groundwater depletion: A global problem', *Hydrogeology Journal*, 13 (1), 317-320

Konopel'ko L. A. , Dayanov A. A. (2014), 'Measurement Assurance in the Identification of Ozone-Depleting Substances', *Measurement Techniques*, 57 (4), 472-476

Li D. Z., Chenb H. X., Huic E. C. M., Zhanga J. B. and, Li Q. M., (2013), ' A methodology for estimating the life-cycle carbon efficiency of a residential building' , *Building and Environment*, 59, 448–455

Lin C. and Melville M.D. (1993), 'Control of soil acidification by fluvial sedimentation in an estuarine floodplain, eastern Australia', *Sedimentary Geology*, 85 (1–4), 271–284

Martina R. D. and Semelkab R. C. (2006), 'Health effects of ionising radiation from diagnostic CT', *The Lancet*, 367 (9524), 1712–1714

McKoneAffiliated T. E. and Hertwich E. G. (2001), 'The human toxicity potential and a Strategy for Evaluating Model Performance in Life Cycle Impact Assessment', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 6 (2), 106-109

Ng R., Shi C. W. P., Low J. S. C., Lee H. M. and Song B. (2011), 'Comparative Carbon Footprint Assessment of Door made from Recycled Wood Waste versus Virgin Hardwood: Case Study of a Singapore Wood Waste Recycling Plant', *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing*, p.p 629-634

Nielsen C. V. (2008), 'Carbon Footprint of Concrete Buildings seen in the Life Cycle Perspective', Published in *Proceedings NRMCA Concrete Technology Forum*, 13 (2) , 87-88

Ortiza O., Castells F. and Sonnemann G. (2009), ' Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA', *Construction and Building Materials*, 23 (1), 28–39

Owsianiak M., Laurent A., Bjørn A. and Hauschild M. Z. (2014), 'IMPACT 2002+, ReCiPe 2008 and ILCD's recommended practice for characterization modelling in life cycle impact assessment: a case study-based comparison', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19 (5), 1007-1021

Pearlmutter D., Freidin C. & Huberman N. (2007), 'Alternative materials for desert buildings: a comparative life cycle energy analysis', *Building Research & Information*, 35 (2), 144-155

Pennington D. W., Chomkhamsri K., Pant R., Wolf M. A., Bidoglio G., Kögler K., Misiga P., Sponar M., Lorz B. and 9 more (2010), 'ILCD Handbook Public Consultation Workshop, International Reference Life Cycle Data System (ILCD)', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15 (3), 231-237

Perez-Garcia J., Lippke B., Briggs D., Wilson J. B., Bowyer J. and Meil J. (2005), 'The environmental performance of renewable building materials in the context of residential construction', *wood and fiber science*, 37

Pons O. and Wadel G. (2011), 'Environmental impacts of prefabricated school buildings in Catalonia', *Habitat International*, 35 (4), 553–563

Presented at 13th CIRP Intern. Conf. on Life Cycle Engineering, Leuven, 31 May- 2 June 2006

Proc. Int. Conf. Protection and Restoration of the Environment V, Thassos Island

Reddy B. V. V and Jagadish K.S (2003), ' Embodied energy of common and alternative building materials and technologies', *Energy and Buildings*, 35 (2), 129–137

PROCURA+ European Sustainable Procurement Network <http://www.procuraplus.org/>

Rosenbaum R. K., Bachmann T. M., Gold L. S., Huijbregts M. A. J., Jolliet O., Juraske R., Koehler A., Larsen H. F., MacLeod M. and 6 more (2008), ' USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13 (7), 532-546

Saez P. V., Merino M. R., González A. S. A. and Amores C. P., (2013), 'Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions', *Conservation and Recycling*, 75, 52–62

Saur K. (1997), 'Life cycle impact assessment', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2 (2), 66-70

SETAC Europe LCA Steering Committee, Standardisation efforts to measure greenhouse gases and 'carbon footprinting' for products 13 (2), 87-88

Shine K. P., Fuglestedt J. S., Hailemariam K., Stuber N., (2005), 'Alternatives to the Global Warming Potential for Comparing Climate Impacts of Emissions of Greenhouse Gases', *Climatic Change*, 68 (3), 281-302

SimaPro | World's Leading LCA Software <https://www.pre-sustainability.com/simapro>

Simonds Building and Trade Program (2015), <http://sedagroup.com.au/simonds-building-trade/>

Steen A. B., (2006), 'Abiotic Resource Depletion Different perceptions of the problem with mineral deposits', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11 (1), 49-54

Suh S. and Huppes G. (2005), 'Methods for Life Cycle Inventory of a product', *Journal of Cleaner Production*, 13 (7), 687–697.

Svanes E. and Aronsson A. K. S. (2013), 'Carbon footprint of a Cavendish banana supply chain', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18 (8), 1450-1464

Thormark C. (2001), 'Conservation of energy and natural resources by recycling building waste', *Conservation and Recycling*, 33 (2), 113–130

US GREEN BUILDING COUNCIL USGBC (2015), <http://www.usgbc.org/leed>

WCED (World commission on Environment and Development – the Brundtland Commission). 1987. Our common Future, New York, Oxford University Press.

Widdicombe S. and Spicer J. I. (2008), 'Predicting the impact of ocean acidification on benthic biodiversity: What can animal physiology tell us?' *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366 (1–2), 187–197

Wolf M.A., Pant R., Chomkamsri K., Sala S., Pennington D., 2012. The International Reference Life Cycle Data System (ILCD)

Zhang Y., Zheng X., Zhang H., Chen G. and Wang X., (2014), 'Carbon emission analysis of a residential building in China through life cycle assessment', *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 10 (1), 150-158

Γνωμοδότηση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής (2013) με θέμα: Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών: Η διεθνής συμφωνία του 2015 για την κλιματική αλλαγή: Η διαμόρφωση της διεθνούς πολιτικής για το κλίμα μετά το 2020

Δημούδη Α. (2006), 'Οικολογικά Δομικά Υλικά', Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Περιβαλλοντικού και Ανθρωπογενούς Σχεδιασμού

Εγχειρίδιο Procura+ 2015 - Ένας Οδηγός για Βιώσιμες και Συμφέρουσες Δημόσιες Προμήθειες – www.procuraplus.org

Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός ΕΑΚ, 2000

Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος ΕΚΩΣ 2000

Επιστημονικό Τεχνικό Επιμελητήριο Κύπρου (ΕΤΕΚ) <http://www.etek.org.cy/>

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2010), 'Η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη νιτρορρύπανση'.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2013), Έκθεση της επιτροπής προς το συμβούλιο και το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας 91/676/ΕΟΚ του συμβουλίου για τη προστασία των υδάτων από τη νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης, βασισμένη στις εκθέσεις που υπέβαλαν τα κράτη μέλη για τη περίοδο 2008-2011.

Η Εθνική στρατηγική ανάπτυξης με χαμηλές εκπομπές της Κύπρου (2015).

Ιστοσελίδα Euroconstruct <http://www.euroconstruct.org>

Ιστοσελίδα Europa.eu http://europa.eu/index_en.htm

Ιστοσελίδα PE International <https://www.thinkstep.com/>

Ιστοσελίδα Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου
http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLforecast_general_gr/DMLforecast_general_gr?opendocument

Ιστοσελίδα Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου
http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/index_gr/index_gr?OpenDocument

Ιστοσελίδα Τμήματος περιβάλλοντος Κύπρου
http://www.moa.gov.cy/moa/agriculture.nsf/index_gr/index_gr?opendocument

Ιστοσελίδα Υπουργείου Ενέργειας, Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού Κύπρου
http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlperformance_gr/dmlperformance_gr?OpenDocument

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, Τζανάκη Ε., Ολοκληρωμένος σχεδιασμός κτιρίων και παρεμβάσεις στη κατεύθυνση της σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας

Κορωναίος Χ., Μπούρα Α., Μουσιόπουλος Ν. και Μπαλλά Χ. (2000), Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη προσέγγιση, Τεχνολογία, Τεύχος 7, 42-43. Δ

Μυλωνάς Σ.Κ. (2000), 'Δυνατότητες αξιοποίησης της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής δομικών στοιχείων σκυροδέματος στον κτιριοδομικό σχεδιασμό', Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο

Ξανθάκης Γ. και Σφακιανάκη Ε. (2010), 'Ανάλυση κύκλου ζωής σε κτίρια. Το παράδειγμα μιας κατοικίας στην Ελλάδα'.

ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση).

Ο περί ρύθμισης της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων νόμος 2006 και τροποποιητικοί 2009 και 2012.

Σέντζας Κ. (2015), Περιβαλλοντική αξιολόγηση συμβατικών δομικών υλικών με συνδυασμό των μεθόδων ανάλυσης κύκλου ζωής και πολύ- κριτηριακής ανάλυσης, Μεταπτυχιακή διατριβή, Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Τσιτσιφλή Σ. (2013), 'Επιχειρηματικότητα και Περιβαλλοντικές Πολιτικές', Μονάδα καινοτομίας και επιχειρηματικότητας - ΤΕΙ Θεσσαλίας.


ΥΠΕΚΑ, 2015. Ανανεωμένο πρόγραμμα «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον»

Χρ. Κορωναίος, Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Προσέγγιση στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη, Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (.Π.Μ.Σ.) του Ε.Μ.Π. “ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ”.

Χρίστος Κ., Σχεδιασμός κατασκευών από ωπλισμένο σκυρόδεμα, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Ερωτηματολόγια

| | |
|---|--|
|  <p>ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ</p> | <p>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</p> <p>ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ</p> <p>Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα</p> <p>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ</p> <p>ΟΝΟΜΑ:</p> <p>ΕΠΙΘΕΤΟ:</p> <p>ΠΟΛΗ/ΧΩΡΙΟ:</p> |
| <p>Α) Ποιά είναι το μέγεθος της μόνιμης κατοικίας διαμονής σας;</p> <p>1) <140 m²</p> <p>2) 140-170 m²</p> <p>3) 170-200 m²</p> <p>4) 200-230 m²</p> <p>5) > 230 m²</p> | |
| <p>Β) Από πόσους ορόφους αποτελείται η κατοικία σας;</p> <p>1) Ισόγειο μόνο</p> <p>2) Ισόγειο και έναν όροφο</p> <p>3) Ισόγειο και δύο ορόφους</p> <p>4) Περισσότερους από δύο ορόφους</p> | |
| <p>Γ) Ποιά είναι το υλικό κατασκευής της μόνιμης κατοικίας σας;</p> <p>1) Οπλισμένο Σκυρόδεμα</p> <p>2) Μεταλλική κατασκευή</p> <p>3) Ξύλινη κατασκευή</p> <p>4) Άλλο</p> | |
| <p>Δ) Ποιά είναι το υλικό επίστρωσης δαπέδου της κατοικίας σας;</p> <p>1) Κεραμικό</p> <p>2) Μάρμαρο</p> <p>3) Γρανίτης</p> | |

| |
|---|
| 4) Παρκέ 5) Άλλο |
| Ε) Ποιό υλικό επίστρωσης δαπέδου έχετε χρησιμοποιήσει στη σκάλα της κατοικίας σας; 1) Μάρμαρο 2) Γρανίτη 3) Κεραμικό 4) Άλλο |
| ΣΤ) Ποιό είναι το είδος του δώματος της κατοικίας σας; 1) Κεκλιμένη στέγη με κεραμίδια 2) Επίπεδη πλάκα |
| Ζ) Τί υλικό έχετε χρησιμοποιήσει στα πλαίσια των κουφωμάτων της κατοικίας σας; 1) Αλουμίνιο 2) Ξύλο 3) PVC 4) Άλλο |
| Η) Κάθε πόσα χρόνια μπογατίζετε την κατοικία σας; 1) 4-6 έτη 2) 6-8 έτη 3) 8-10 έτη 4) Πάνω από 10 έτη |



ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΟΝΟΜΑ:

ΕΠΙΘΕΤΟ:

ΕΤΑΙΡΕΙΑ:

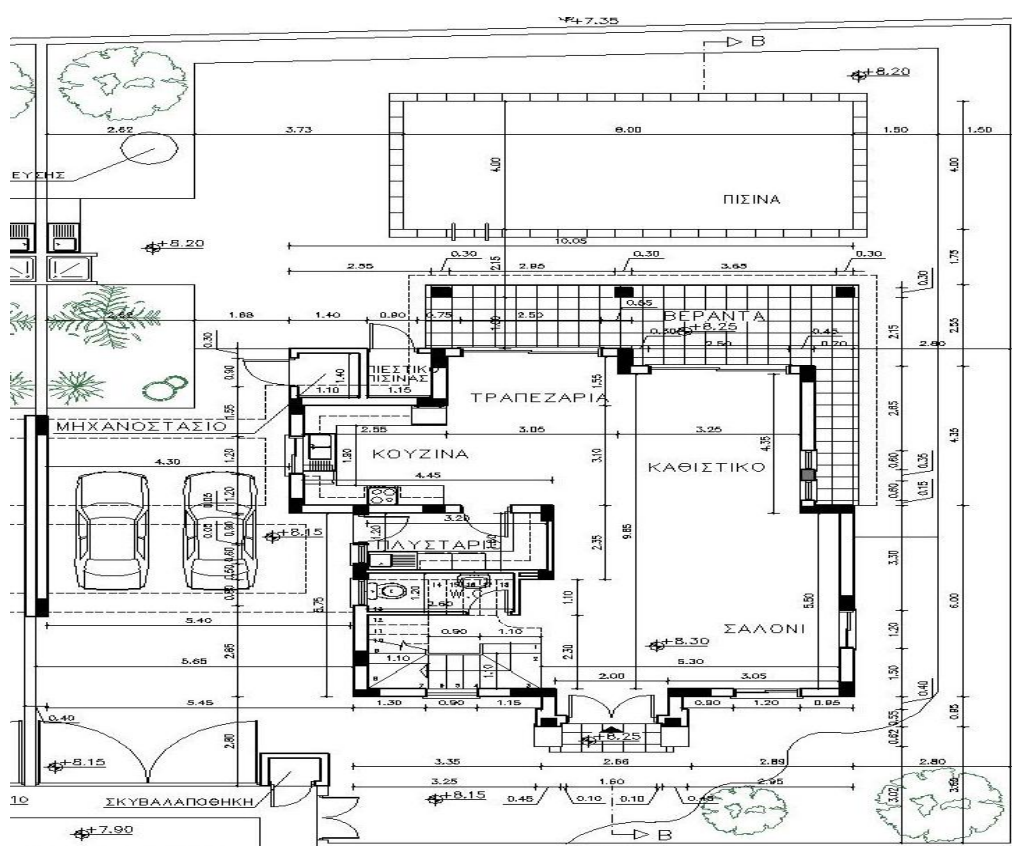
ΚΑΤΟΙΚΙΑ №

| Δομικά Υλικά Κατοικίας | Όγκος σε m ³ / επιφάνεια σε m ² / ποσότητα σε τεμάχια | Βάρος Υλικού σε κιλά | Ποσοστιαία κατανομή μάζας υλικού του κτιρίου % |
|--|--|-------------------------|---|
| Κιλά γάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της κατοικίας | | | |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 30/37 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Υποστυλώματα) | | | |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (Πλάκες και δοκοί) | | | |
| Ποσότητα σκυροδέματος αντοχής C 20/25 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (ΣΚΡΙΤ) | | | |
| Ποσότητα σε Μάρμαρο που χρησιμοποιήθηκε στη | | | |

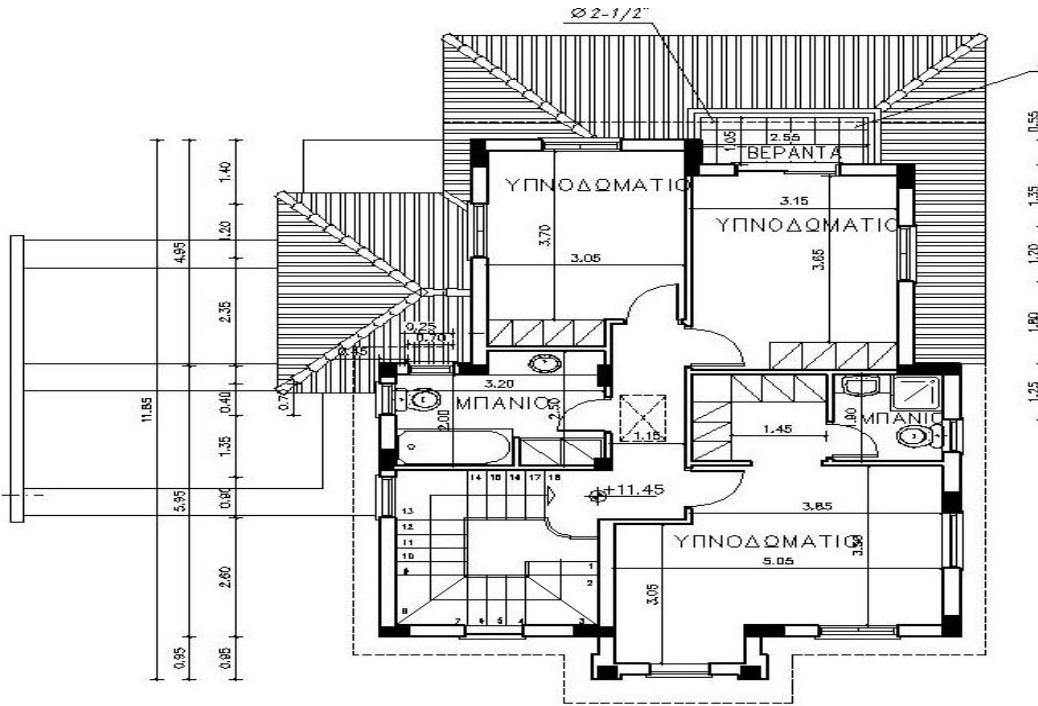
| | | | |
|--|--|--|--|
| κατοικία (σκάλα + πατούδες παραθύρων και πορτών) | | | |
| Ποσότητα σε Γρανίτη που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία (κουζίνες και νιπτήρες) | | | |
| Ποσότητα κεραμιδιών που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία | | | |
| Ποσότητα γυαλιού πάχους 4 mm που χρησιμοποιήθηκε για την κατοικία (παράθυρα και πόρτες) | | | |
| Ποσότητα εξηλασμένης πολυστερίνης 3 cm που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | | | |
| Ποσότητα τσιμέντων που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | | |
| Ποσότητα στεγνής λεπτόκοκκης άμμου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | | |
| Ποσότητα πυλού για επίχρισμα σοβά | | | |
| Ποσότητα κεραμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατοικία (60 * 60 cm) | | | |
| Ποσότητα τούβλων 30 * 20 * 10 που χρησιμοποιήθηκε στη κατοικία | | | |
| Ποσότητα για μπογιές που | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | | |
| Ποσότητα αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκε στην κατοικία | | | |

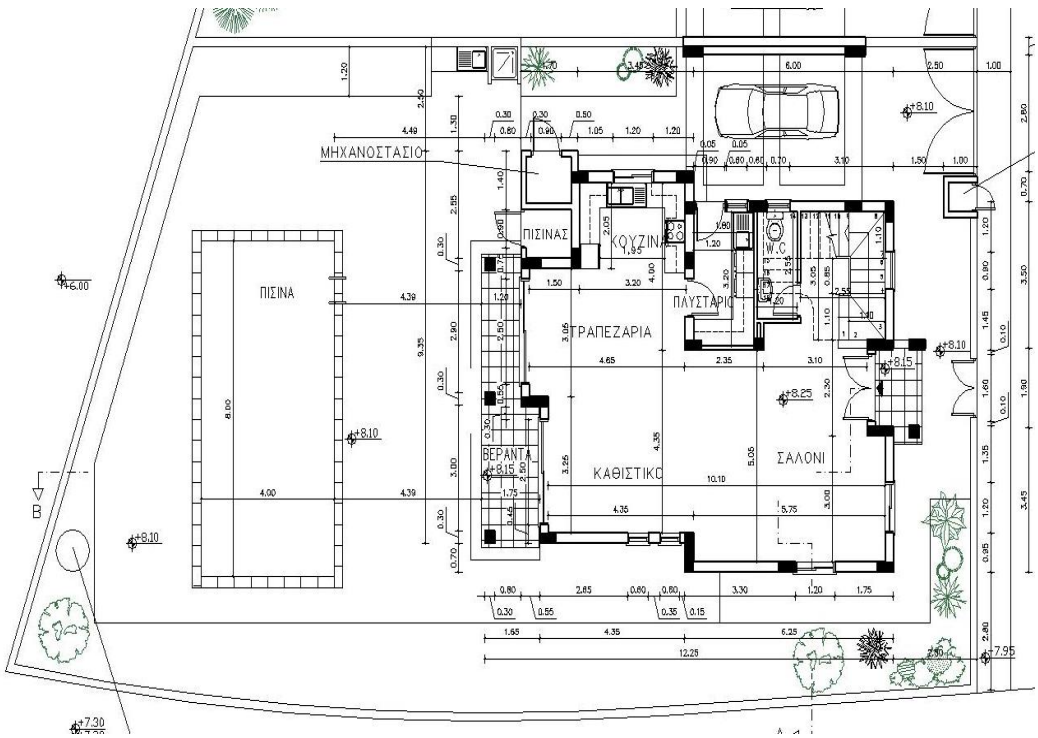
2. Κατόψεις κατοικιών



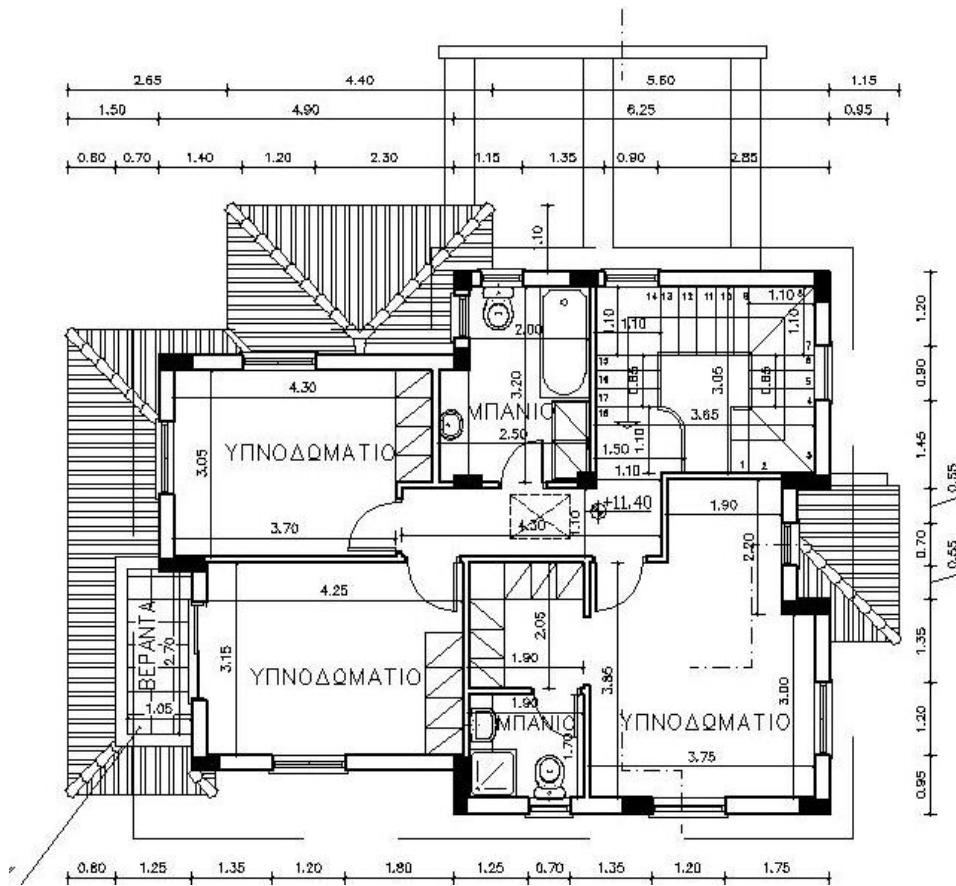
Κάτοψη ισογείου κατοικίας Νο 1 και 4.



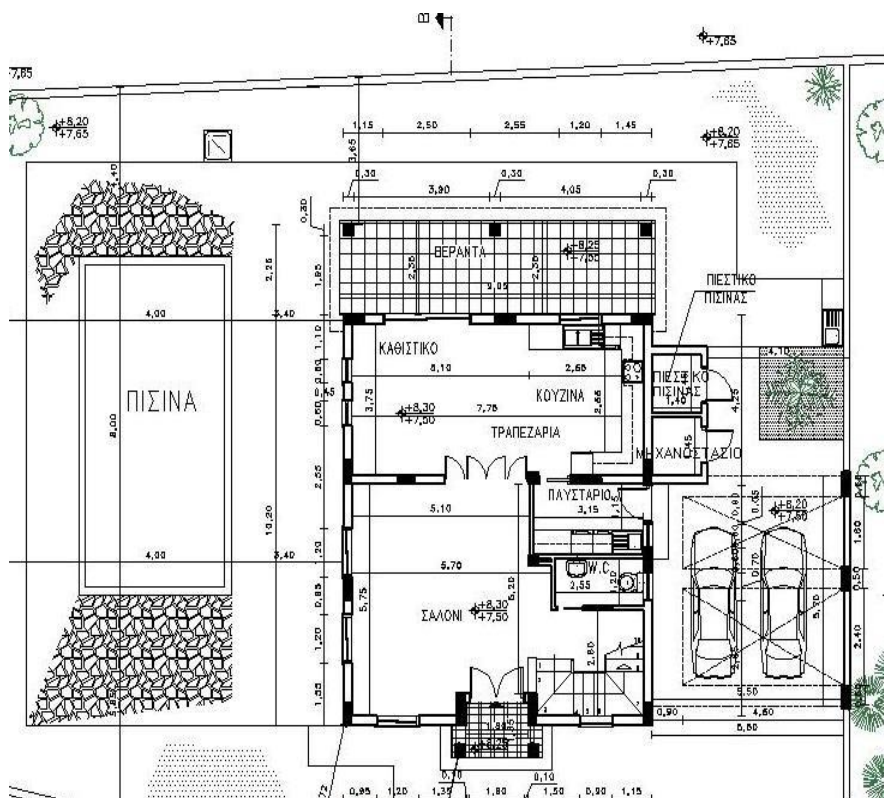
Κάτοψη ορόφου κατοικίας Νο 1 και 4.



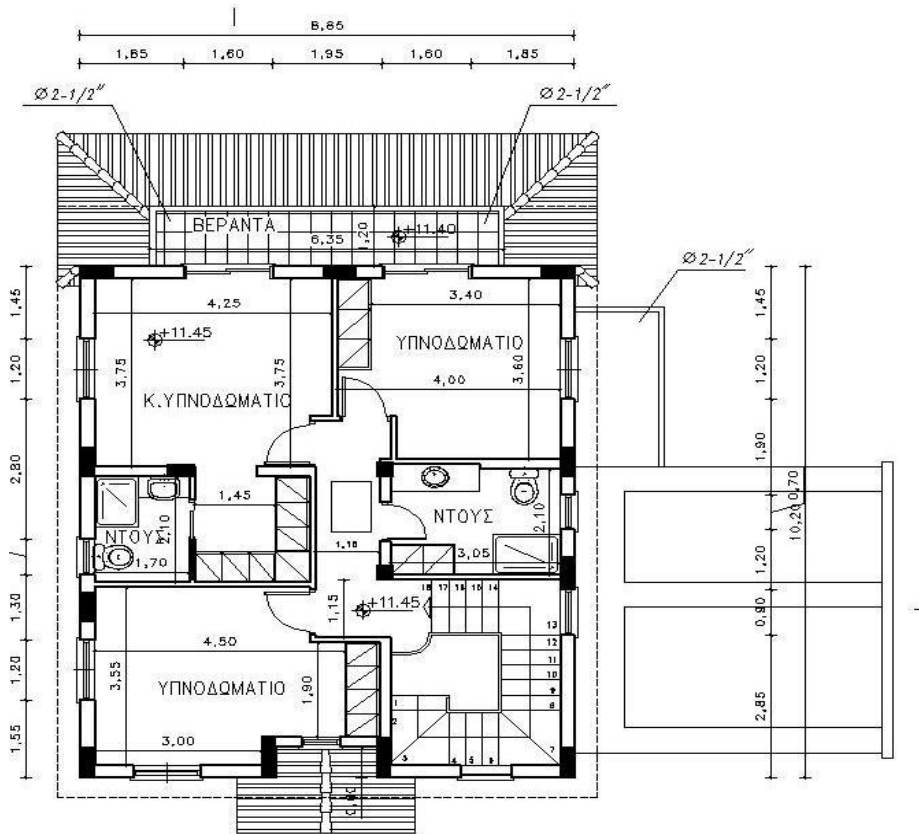
Κάτοψη ισογείου κατοικίας Νο 2.



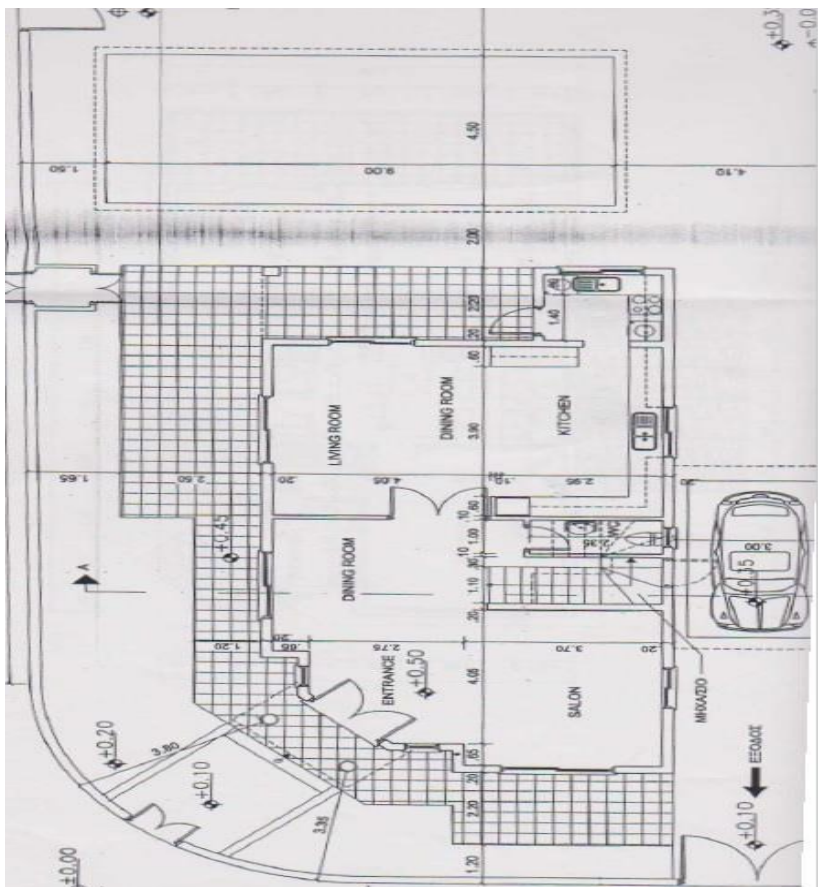
Κάτοψη ορόφου κατοικίας Νο 2.



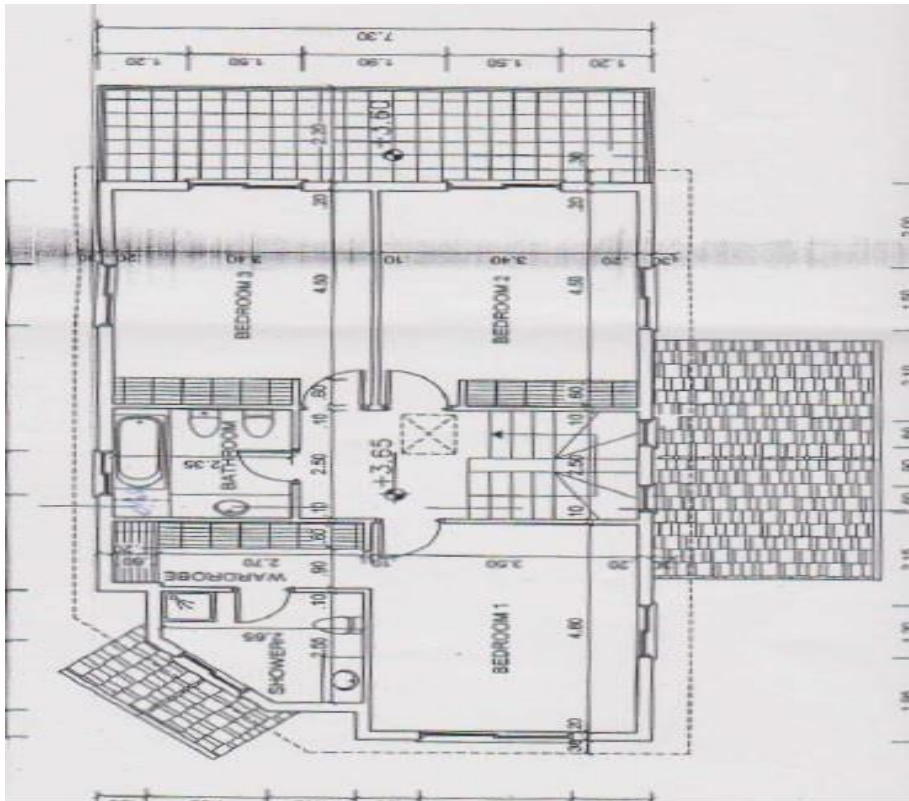
Κάτοψη ισογείου κατοικίας Νο 3.



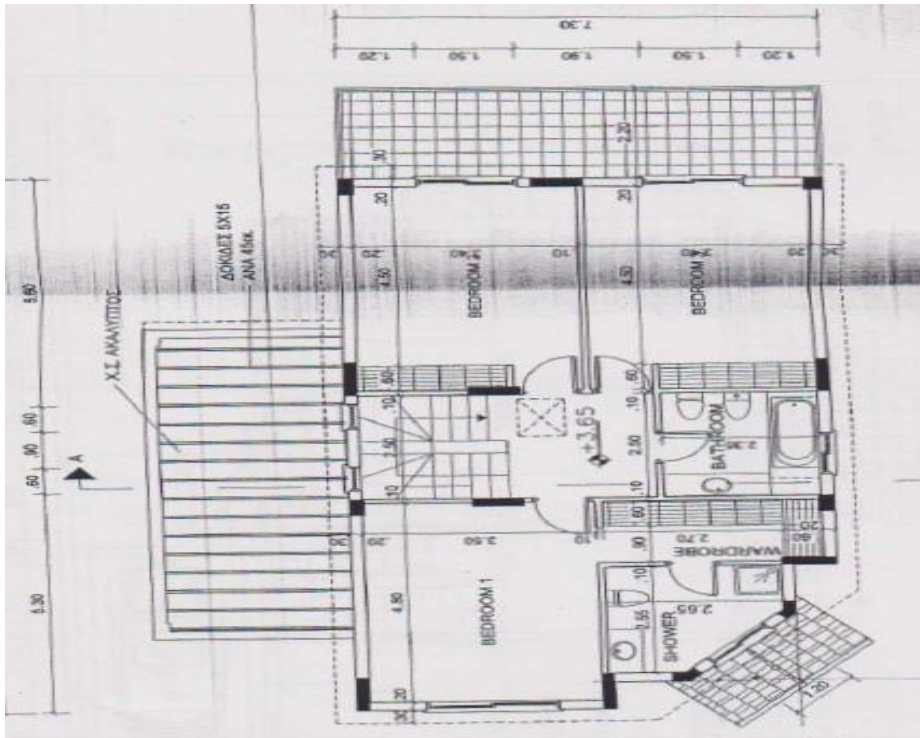
Κάτοψη ορόφου κατοικίας Νο 3.



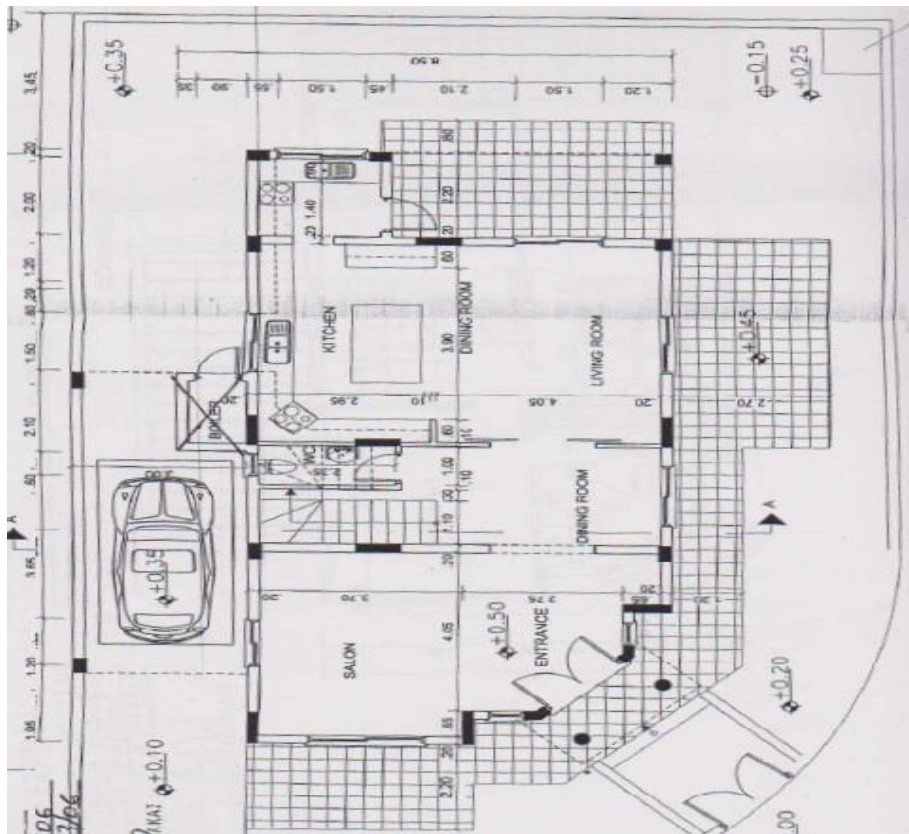
Κάτοψη ισογείου κατοικίας Νο 5.



Κάτοψη ορόφου κατοικίας Νο 5.



Κάτοψη ισογείου κατοικίας Νο 6.



Κάτοψη ορόφου κατοικίας Νο 6.