



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Ενεργειακή Αναβάθμιση Σχολικού Κτιρίου Με Χρήση
Γεωθερμικής Ενέργειας»

Εκπόνηση : Κατερίνης Νικόλαος, Γεωλόγος – Γεωπεριβαλλοντολόγος

Επιβλέπων : Τζουβαδάκης Ιωάννης , Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.



Αθήνα, Οκτώβριος 2018

Αθήνα, Οκτώβριος 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ - ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς.

Η τριμελής Εξεταστική επιτροπή:

| | | |
|--|--|---|
| Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π. Ιωάννης Τζουβαδάκης | Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου | Εντεταλμένη Καθηγήτρια Παν. Πατρών Ευφροσύνη Τριάντη |
| | | |

Αθήνα, Οκτώβριος 2018

Ευχαριστίες - Αφιερώσεις

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή και επιβλέποντα της παρούσης Μεταπτυχιακής Εργασίας, Τζουβαδάκη Ιωάννη, για την άρτια καθοδήγησή του και το έναυσμα που προσέφερε τόσο σε εμένα όσο και στο σύνολο των συμφοιτητών μου κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας στο πλαίσιο του ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη». Οι γνώσεις του στον ενεργειακό τομέα με παρακίνησαν να συνεχίσω τη συνεργασία μου μαζί του, συγγράφοντας αυτή την εργασία.

Παρά τις αντιξοότητες της ζωής, η ύπαρξη και καθοδήγηση ενός καθηγητή μπορεί να διανοίξει νέους ορίζοντες στα μάτια ενός νέου που επιχειρεί να ανέλθει κοινωνικά και επαγγελματικά.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω και το οικογενειακό μου περιβάλλον που πάντα δείχνει εμπιστοσύνη στο πρόσωπό μου και με στηρίζει με τον τρόπο του.

Η Διπλωματική αυτή Εργασία αφιερώνεται στον αγαπημένο μου παππού..

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας Μεταπτυχιακής Εργασίας είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του 4^{ου} Γυμνασίου και Λυκείου Ηλιούπολης στο νομό Αττικής, μέσω τη αξιοποίησης της αβαθούς γεωθερμίας με σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.

Στο πρώτο στάδιο της εργασίας πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή των καταναλώσεων στον κτιριακό τομέα, αναφορά στη σχετική νομοθεσία και ταυτόχρονα παρουσίαση της αναγκαιότητας για εξοικονόμηση ενέργειας την τρέχουσα περίοδο. Επιπροσθέτως, γίνεται ανάλυση των τρόπων εκμετάλλευσης και αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας, καθώς και οι απαραίτητες εγκαταστάσεις, ο εξοπλισμός και τα προγράμματα λειτουργίας του προτεινόμενου συστήματος.

Στη συνέχεια, γίνεται αναγνώριση των χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης και δομική ανάλυση του υπό εξέταση σχολικού κτιρίου. Ακολουθεί η ενεργειακή προσομοίωση του σχολείου με τη χρήση των λογισμικών Sketch Up και Energy Plus, για τον τρισδιάστατο σχεδιασμό και την εισαγωγή των λοιπών παραμέτρων που σχετίζονται με τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν αναλύονται και επεξεργάζονται προκειμένου να εντοπιστεί η βέλτιστη λύση για την ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού συγκροτήματος.

Τέλος, διεξάγεται μελέτη εγκατάστασης για την αξιοποίηση της γεωθερμίας μέσω γεωθερμικής αντλίας θερμότητας με κατακόρυφο γεωεναλλάκτη κλειστού τύπου κυκλώματος και προσδιορίζεται η ενεργειακή εξοικονόμηση της επέμβασης.

Abstract

This thesis studies the energy optimization of the building unit of the 4th High School in the area of Ilioupolis in Attica, using geothermal energy by applying ground source heat pumps.

In the first part of the study, the energy consumption in the building sector in general is presented, relevant legislation is mentioned and emphasis is given on the particular need of energy conservation. Additionally, the concept of geothermal energy and utility of geothermal heat pumps as means of saving energy is analyzed.

Furthermore, some details for the study area and the building are presented. Then the energy simulation of the school building with the use of Sketch Up and Energy Plus (for its 3D design and the introduction of all the other parameters that affect its energy consumption), follows. The results from the energy simulation are being analyzed and processed so as to be found the best and most suitable solution in our case study.

Finally, a comprehensive study of sizing and installing vertical closed loop geothermal heat pump system is presented, emphasizing on the energy savings.

Πρόλογος

Διανύοντας τον 21^ο αιώνα η ανθρωπότητα καλείται να αντιμετωπίσει δύο μεγάλες προκλήσεις ζωτικής και πρωτεύουσας σημασίας. Η πρώτη εξ' αυτών είναι το ενδεχόμενο εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, στοιχεία που αφορούν στην ευημερία των ανθρώπων μεγάλου ποσοστού της Γης. Η δεύτερη εξίσου σημαντική πρόκληση είναι η αύξηση και συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα προερχόμενη από την καύση ορυκτών καυσίμων, γεγονός που επιφέρει ουσιαστική αύξηση της θερμοκρασίας σε πλανητικό επίπεδο, με τις όποιες συνέπειες τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ίδια την ανθρωπότητα. Προκαλεί, δηλαδή, αυτό που οι επιστήμονες αποκαλούν κλιματική αλλαγή και τις απαρχές του οποίου βιώνουμε οι απανταχού κάτοικοι του πλανήτη μας.

Ενώπιο της ενεργειακής κρίσης, η επιστημονική κοινότητα προσπαθεί να βρει εναλλακτικές λύσεις-προτάσεις, οι οποίες με τη σειρά τους θα διασφαλίσουν σε κάποιες χώρες την ευημερία που προαναφέρθηκε. Τα τελευταία χρόνια έχει πραγματοποιηθεί στροφή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), όπως είναι η αιολική, ηλιακή, υδροηλεκτρική, γεωθερμική και η βιομάζα, στηριζόμενες στις φυσικές ιδιότητες και τα φυσικά διαθέσιμα του ίδιου του περιβάλλοντος.

Με την πάροδο των τελευταίων ετών, οι Α.Π.Ε. με μικρά αλλά σταθερά βήματα ανατύχθηκαν με επιτυχία, προσφέροντας καθαρή ενέργεια στην ανθρωπότητα, η οποία κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης και μέχρι πρόσφατα βάσισε την ανάπτυξή της ουσιαστικά στα ορυκτά καύσιμα, μολύνοντας σοβαρά την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου και ρύπους, καταστρέφοντας λεπτές ισορροπίες στη λειτουργία του κλίματος και της ζωής του πλανήτη μας.

Η ενεργειακή κρίση έχει τις ρίζες της σε πολιτικά, κοινωνικά, οικονομικά, πολιτισμικά, περιβαλλοντικά, αλλά και τεχνικά/τεχνολογικά αίτια και κυρίως σε κακοδιαχείριση των πόρων του πλανήτη και μονομερή ανάπτυξη κάποιων κρατών εις βάρος κάποιων άλλων. Η πολυπόθητη πράσινη βιώσιμη ανάπτυξη θα έλθει μετά από τη λήψη ολοκληρωμένων λύσεων και αξιοποίηση όλων των δυνατών προοπτικών, πάντα με σεβασμό στον άνθρωπο και στο περιβάλλον του, προς επίτευξη του βέλτιστου δυνατού μέλλοντος του πλανήτη και της ανθρωπότητας.

Περιεχόμενα

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ..... | 16 |
| 1.1. | Η μετάβαση από τη φωτιά στα ορυκτά καύσιμα..... | 16 |
| 1.2. | Φαινόμενο του Θερμοκηπίου | 17 |
| 1.3. | Αύξηση μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη..... | 19 |
| 1.4. | Τήξη πάγων και αύξηση της μέσης θαλάσσιας στάθμης..... | 22 |
| 1.5. | Σενάρια επιπτώσεων κλιματική αλλαγής | 24 |
| 1.6. | Εξάντληση Ορυκτών Καυσίμων | 26 |
| 1.7. | Το πρόβλημα της Ενεργειακής Κρίσης του 21ου αιώνα | 28 |
| 2. | ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ | 33 |
| 2.1. | Ενεργειακές καταναλώσεις κτιριακού τομέα | 33 |
| 2.1.1. | Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων στην Ευρώπη | 33 |
| 2.2. | Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων στην Ελλάδα..... | 35 |
| 2.3. | Θεσμικό πλαίσιο για την Εξοικονόμηση Ενέργειας..... | 39 |
| 2.3.1. | Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία | 39 |
| 2.3.2. | Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) | 43 |
| 2.4. | Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ΑΠΕ | 48 |
| 3. | ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – Η ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ | 50 |
| 3.1. | Γεωθερμική Ενέργεια | 50 |
| 3.1.1. | Γενικά – Ιστορικά στοιχεία | 50 |
| 3.1.2. | Γεωθερμική Ενέργεια | 50 |
| 3.1.3. | Γεωλογικό Υπόβαθρο..... | 51 |
| 3.2. | Γεωθερμικά Πεδία..... | 54 |
| 3.2.1. | Σχηματισμός Γεωθερμικού Πεδίου | 54 |
| 3.2.2. | Κατηγορίες Γεωθερμικών Πεδίων..... | 55 |
| 3.3. | Γεωθερμικά Συστήματα | 56 |
| 3.4. | Αβαθής Γεωθερμία..... | 57 |
| 3.4.1. | Πλεονεκτήματα Αβαθούς Γεωθερμίας..... | 58 |
| 3.4.2. | Αξιοποίηση Αβαθούς Γεωθερμίας | 59 |
| 3.4.3. | Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας | 63 |
| 4. | ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ | 66 |
| 4.1. | Γενικά Στοιχεία Περιοχής Μελέτης | 66 |
| 4.1.1. | Γεωγραφικά Δεδομένα Περιοχής | 66 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.1.2. | Κλιματολογικά Δεδομένα και Μικροκλίμα..... | 66 |
| 4.2. | Στοιχεία Σχολικού Κτιρίου..... | 70 |
| 5. | ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ SKETCH UP & ENERGY PLUS | 77 |
| 5.1. | Γενικά | 77 |
| 5.2. | Σχεδίαση κτιριακού κελύφους στο πρόγραμμα Sketch Up με ταυτόχρονη χρήση του Open Studio | 77 |
| 5.3. | Προσδιορισμός θερμικών ζωνών του σχολικού συγκροτήματος..... | 89 |
| 5.3.1. | Καθορισμός θερμικών ζωνών κτιρίου σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010)..... | 89 |
| 5.3.2. | Καθορισμός θερμικών ζωνών στο τρέχον μοντέλο..... | 91 |
| 5.4. | Μοντελοποίηση σχολικού συγκροτήματος με το πρόγραμμα Energy Plus | 95 |
| 5.4.1. | Εισαγωγή αρχικών δεδομένων στο λογισμικό Energy Plus | 95 |
| 5.4.2. | Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων και δεδομένων τοποθεσίας..... | 99 |
| 5.4.3. | Run Period..... | 100 |
| 5.4.4. | Ground Temperature | 101 |
| 5.4.5. | Schedules..... | 107 |
| 5.4.6. | Surface Construction Elements | 129 |
| 5.4.7. | Thermal Zones and Surfaces | 133 |
| 5.4.8. | Internal Gains | 137 |
| 5.4.9. | Zone Airflow | 141 |
| 5.4.10. | HVAC Templates | 143 |
| 5.4.11. | Output Reporting..... | 145 |
| 5.5. | Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης του προγράμματος Energy Plus..... | 146 |
| 6. | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ | 158 |
| 6.1. | Διαστασιολόγηση ΓΑΘ | 158 |
| 6.2. | Μάσκα εισαγωγής δεδομένων..... | 159 |
| 6.3. | Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Επέμβασης | 166 |
| 6.3.1. | Ενεργειακό Κόστος | 166 |
| 6.3.2. | Δαπάνες Συντήρησης..... | 166 |
| 6.3.3. | Υπολογισμός Κόστους Εξοικονόμησης | 166 |
| 6.3.4. | Οικονομική Εκτίμηση Γεωθερμικής Εγκατάστασης..... | 167 |
| 6.3.5. | Οικονομική Αξιολόγηση Επένδυσης..... | 169 |
| 7. | 7. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 173 |
| 8. | Βιβλιογραφία..... | 177 |

| | |
|--|----|
| ΕΙΚΟΝΑ 1: ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (GLOBALWARMINGVIETNAM.COM)..... | 19 |
| ΕΙΚΟΝΑ 2: ΜΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΤΗΞΗΣ ΤΩΝ ΠΑΓΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΚΤΙΚΗ ΕΙΝΑΙ ΚΑΙ Η ΕΞΑΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ (ΑΡΧΕΙΟ ΕΡΤ)..... | 23 |
| ΕΙΚΟΝΑ 3: ΈΝΑΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΥΣ ΚΑΙ ΠΙΟ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΕΛΧΑΤΩ ΤΗΣ ΠΟΛΩΝΙΑΣ, ΜΕ ΙΣΧΥ 5.400 MW (WIKIPEDIA.ORG)..... | 27 |
| ΕΙΚΟΝΑ 4: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (ΔΕΞΙΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ) ΜΕΣΑ ΣΕ ΦΥΣΙΚΟ ΕΓΚΟΙΛΟ ΚΑΙ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ) ΜΕΣΑ ΣΕ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣ ΠΕΤΡΩΜΑ (ECOTIMES.GR)..... | 30 |
| ΕΙΚΟΝΑ 5: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΗΣ ΓΗΣ (ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ Χ. – ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΑΠΕ)..... | 51 |
| ΕΙΚΟΝΑ 6: Α. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ - Β. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΘΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ (CYPRUS ENERGY AGENCY)..... | 58 |
| ΕΙΚΟΝΑ 7: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (CYPRUS ENERGY AGENCY)..... | 60 |
| ΕΙΚΟΝΑ 8: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (CYPRUS ENERGY AGENCY)..... | 60 |
| ΕΙΚΟΝΑ 9: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ (CYPRUS ENERGY AGENCY)..... | 61 |
| ΕΙΚΟΝΑ 10: ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗ (ΙΓΜΕ)..... | 61 |
| ΕΙΚΟΝΑ 11: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΒΑΘΟΥΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗ (ΔΕΞΙΑ), (CHIASSON, 1989)..... | 62 |
| ΕΙΚΟΝΑ 12: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΜΙΑΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ENERGOPLAN)..... | 63 |
| ΕΙΚΟΝΑ 13: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 78 |
| ΕΙΚΟΝΑ 14: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ OPEN STUDIO PLUGIN (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 79 |
| ΕΙΚΟΝΑ 15: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ “OPEN STUDIO SPACE” ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 79 |
| ΕΙΚΟΝΑ 16: Ο ΧΡΗΣΤΗΣ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΘΕΣΗ ΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΕΙ ΕΝΑΝ ΧΩΡΟ ΜΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 80 |
| ΕΙΚΟΝΑ 17: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΤΟΨΗΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΧΩΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΥΤΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 81 |
| ΕΙΚΟΝΑ 18: ΑΝΥΨΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΟΛΗΣ “PUSH/PULL” ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 81 |
| ΕΙΚΟΝΑ 19: ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 82 |
| ΕΙΚΟΝΑ 20: ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 82 |
| ΕΙΚΟΝΑ 21: ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 83 |
| ΕΙΚΟΝΑ 22: ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 83 |
| ΕΙΚΟΝΑ 23: ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 84 |
| ΕΙΚΟΝΑ 24: ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 84 |
| ΕΙΚΟΝΑ 25: ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΤΟΛΗΣ “RENDER BY BOUNDARY CONDITION” ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP, ΟΠΟΥ ΕΠΙΣΗΜΑΙΝΟΝΤΑΙ ΜΕ ΜΠΛΕ ΧΡΩΜΑ ΟΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΠΟΥ ΕΡΧΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 86 |
| ΕΙΚΟΝΑ 26: ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΤΟΛΗΣ “RENDER BY BOUNDARY CONDITION” ΚΑΙ “VIEW MODEL IN X-RAY MODE” ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 86 |
| ΕΙΚΟΝΑ 27: ΧΡΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ “INFO TOOL” ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 87 |

| | |
|---|-----|
| ΕΙΚΟΝΑ 28: ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΤΟΛΗΣ “INSPECTOR” ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SKETCH UP, ΔΙΝΟΝΤΑΣ ΣΤΟ ΧΡΗΣΤΗ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΝΑ ΕΠΕΜΒΕΙ ΣΕ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 88 |
| ΕΙΚΟΝΑ 29: ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 92 |
| ΕΙΚΟΝΑ 30: ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΟΛΗΣ “RENDER BY THERMAL ZONE” ΟΠΟΥ ΔΙΑΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΟΥ ΟΡΙΣΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 92 |
| ΕΙΚΟΝΑ 31: ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΟΛΗΣ “RENDER BY THERMAL ZONE” , ΟΠΟΥ ΔΙΑΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΟΥ ΟΡΙΣΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 93 |
| ΕΙΚΟΝΑ 32: ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ “RENDER BY THERMAL ZONE” ΚΑΙ “VIEW MODEL IN X-RAY MODE ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 93 |
| ΕΙΚΟΝΑ 33: ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ “RENDER BY THERMAL ZONE” ΚΑΙ “VIEW MODEL IN X-RAY MODE ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 94 |
| ΕΙΚΟΝΑ 34: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΟΛΗΣ “EXPORT ENERGYPLUS IDF” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SKETCH UP (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 95 |
| ΕΙΚΟΝΑ 36: IDF EDITOR ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 96 |
| ΕΙΚΟΝΑ 35: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 96 |
| ΕΙΚΟΝΑ 37: ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑ “SIMULATIONCONTROL” (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 97 |
| ΕΙΚΟΝΑ 38: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “BUILDING” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 97 |
| ΕΙΚΟΝΑ 39: ΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 99 |
| ΕΙΚΟΝΑ 40: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 99 |
| ΕΙΚΟΝΑ 41: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ “RUN PERIOD” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 100 |
| ΕΙΚΟΝΑ 42: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ “RUNPERIODCONTROL: DAYLIGHTSAVINGTIME” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 101 |
| ΕΙΚΟΝΑ 43: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑ “GROUND TEMPERATURE – BUILDING SURFACE” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 106 |
| ΕΙΚΟΝΑ 44: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑ “SCHEDULE TYPE LIMITS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 107 |
| ΕΙΚΟΝΑ 45: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: DAY INTERVAL – PEOPLE DENSITY” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 109 |
| ΕΙΚΟΝΑ 46: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: DAY INTERVAL – ACTIVITY LEVEL” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 111 |
| ΕΙΚΟΝΑ 47: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: DAY INTERVAL – ELECTRIC EQUIPMENT (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 112 |
| ΕΙΚΟΝΑ 48: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: DAY INTERVAL – LIGHTS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 113 |
| ΕΙΚΟΝΑ 49: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: DAY INTERVAL – VENTILATION AND INFILTRATION” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 114 |
| ΕΙΚΟΝΑ 50: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: DAY INTERVAL – HEAT AND COOLING SYSTEMS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 115 |
| ΕΙΚΟΝΑ 51: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: WEEK COMPACT – PEOPLE DENSITY” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 116 |
| ΕΙΚΟΝΑ 52: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: WEEK COMPACT – ACTIVITY LEVEL” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 117 |

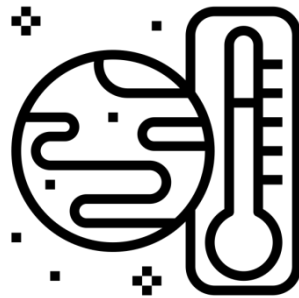
| | |
|--|-----|
| ΕΙΚΟΝΑ 53: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: WEEK COMPACT – ELECTRIC EQUIPMENT” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 118 |
| ΕΙΚΟΝΑ 54: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: WEEK COMPACT –LIGHTS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 119 |
| ΕΙΚΟΝΑ 55: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: WEEK COMPACT – VENTILATION” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 120 |
| ΕΙΚΟΝΑ 56: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: WEEK COMPACT – INFILTRATION” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 120 |
| ΕΙΚΟΝΑ 57: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: WEEK COMPACT – HEAT AND COOLING SYSTEMS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 121 |
| ΕΙΚΟΝΑ 58: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: YEAR – PEOPLE DENSITY” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 124 |
| ΕΙΚΟΝΑ 59: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: YEAR – ACTIVITY LEVEL” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 125 |
| ΕΙΚΟΝΑ 60: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: YEAR – ELECTRIC EQUIPMENT” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 126 |
| ΕΙΚΟΝΑ 61: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: YEAR – LIGHTS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 127 |
| ΕΙΚΟΝΑ 62: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: YEAR – VENTILATION AND INFILTRATION” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 128 |
| ΕΙΚΟΝΑ 63: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “SCHEDULE: YEAR – HEAT AND COOLING SYSTEMS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 129 |
| ΕΙΚΟΝΑ 64: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 130 |
| ΕΙΚΟΝΑ 65: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 131 |
| ΕΙΚΟΝΑ 66: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “WINDOW MATERIAL: GLAZING” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 131 |
| ΕΙΚΟΝΑ 67: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “CONSTRUCTION” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 133 |
| ΕΙΚΟΝΑ 68: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “ZONE” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 133 |
| ΕΙΚΟΝΑ 69: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “ZONELIST” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 134 |
| ΕΙΚΟΝΑ 70: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “BUILDING SURFACE: DETAILED” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 135 |
| ΕΙΚΟΝΑ 71: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “FENESTRATION SURFACE: DETAILED” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 136 |
| ΕΙΚΟΝΑ 72: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “INTERNAL MASS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 136 |
| ΕΙΚΟΝΑ 73: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “INTERNAL GAINS – PEOPLE” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 138 |
| ΕΙΚΟΝΑ 74: ΕΙΔΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ (BIGLADDERSOFTWARE). | 139 |
| ΕΙΚΟΝΑ 75: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “INTERNAL GAINS – LIGHTS” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 140 |
| ΕΙΚΟΝΑ 76: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “INTERNAL GAINS – ELECTRIC EQUIPMENT” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 141 |
| ΕΙΚΟΝΑ 77: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “ZONE INFILTRATION: DESIGN FLOW RATE” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 142 |
| ΕΙΚΟΝΑ 78: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “ZONE VENTILATION: DESIGN FLOW RATE” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 143 |

| | |
|--|-----|
| ΕΙΚΟΝΑ 79: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “HVAC TEMPLATE: THERMOSTAT” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 144 |
| ΕΙΚΟΝΑ 80: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “HVAC TEMPLATE: IDEAL LOADS AIR SYSTEM” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 144 |
| ΕΙΚΟΝΑ 81: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “OUTPUT: VARIABLE” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 145 |
| ΕΙΚΟΝΑ 82: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ “OUTPUT: METER” ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 145 |
| ΕΙΚΟΝΑ 83: ΜΑΣΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EED: ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 160 |
| ΕΙΚΟΝΑ 84: ΜΑΣΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EED: ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 160 |
| ΕΙΚΟΝΑ 85: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EED (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 162 |
| ΕΙΚΟΝΑ 86: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ 6 ΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EED (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 161 |
| ΕΙΚΟΝΑ 87: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ EED (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 163 |
| ΕΙΚΟΝΑ 88: ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EED (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 163 |
| ΕΙΚΟΝΑ 89: ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EED (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 164 |
| ΕΙΚΟΝΑ 90: ΥΓΡΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EED (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 164 |
| ΕΙΚΟΝΑ 91: ΑΝΑΦΟΡΑ – ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΡΑΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EED (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 165 |
| | |
| ΣΧΗΜΑ 1: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΞΥ 1981-2010 (WMO). | 21 |
| ΣΧΗΜΑ 2: ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ (° C) ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2070 (MAX PLANCK INSTITUT FUER METEOROLOGIE, ΑΜΒΟΥΡΓΟ ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ). | 21 |
| ΣΧΗΜΑ 3: ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΥ ΤΟΞΟΥ (ΙΓΜΕ). | 53 |
| ΣΧΗΜΑ 4: ΣΧΗΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΥ ΤΟΞΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΝΟΜΙΚΟΥ, 2011). | 54 |
| ΣΧΗΜΑ 5: ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ. | 71 |
| ΣΧΗΜΑ 6: ΚΑΤΟΨΗ ΠΡΩΤΟΥ ΟΡΟΦΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ. | 72 |
| ΣΧΗΜΑ 7: ΚΑΤΟΨΗ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΟΡΟΦΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ. | 73 |
| ΣΧΗΜΑ 8: ΟΨΕΙΣ – ΤΟΜΕΣ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100. | 74 |
| ΣΧΗΜΑ 9: ΠΛΑΓΙΕΣ ΟΨΕΙΣ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100. | 75 |
| ΣΧΗΜΑ 10: ΒΟΡΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΒΟΡΡΑ (BIG LADDER SOFTWARE). | 98 |
| ΣΧΗΜΑ 11: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ «ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ» (ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΑΙ ΜΠΟΥΣΟΥΛΑΣ). | 103 |
| | |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ (ΚΕΝΑΚ). | 47 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (LUNIS & BRECKENRIDGE, 1991). | 64 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΜΕΣΑΙΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΤΟΝ Μ.Σ. «ΕΛΛΗΝΙΚΟ» (1955-1997). ΠΗΓΗ: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ. | 67 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΥΓΡΑΣΙΑ ΣΤΟΝ Μ.Σ. «ΕΛΛΗΝΙΚΟ» (1955-1997). ΠΗΓΗ: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ. | 68 |

| | |
|--|-----|
| ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΠΡΟΣΦΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ Μ.Σ. «ΕΛΛΗΝΙΚΟ». ΠΗΓΗ: ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ | 69 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 91 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΠΟΣΠΑΣΜΑΤΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ «ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ» (ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΑΙ ΜΠΟΥΣΟΥΛΑΣ). | 104 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΕΔΑΦΩΝ (ΤΟΤΕΕ). | 105 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 106 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ (ENGINEERING-TOOL-BOX). | 109 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ ΑΝΑ ΥΠΟ-ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 123 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010, ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 130 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΔΟΜΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 132 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (BIGLADDERSOFTWARE)... | 139 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 146 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 155 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΑΝΑΓΚΩΝ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 155 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΙΜΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 156 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΙΚΑ & ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 166 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 20: ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Γ.Α.Θ. (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 168 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 21: ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΕΡΓΟΥ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 168 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 22: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 171 |
| | |
| ΧΑΡΤΗΣ 1: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΗΣ ΑΠΟ ΔΟΥΡΥΦΟΡΟ ΠΟΥ ΔΕΙΧΝΟΥΝ ΤΙΣ ΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΑΥΞΗΣΗ Η ΜΕΙΩΣΗ) ΣΕ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ (ΧΡΩΜΑΤΙΣΤΑ ΒΕΛΗ) (FOREST.PBLOGSS.R). | 25 |
| ΧΑΡΤΗΣ 2: Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΥΤΟΥ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ (DASKALOSA.EU). | 28 |
| ΧΑΡΤΗΣ 3: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ, ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΟΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΧΑΡΤΗ (ORYKTA.GR). | 31 |
| ΧΑΡΤΗΣ 4: ΔΗΜΟΣ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗΣ – ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ ΑΘΗΝΑΣ (EL.WIKIPEDIA.ORG). | 66 |
| ΧΑΡΤΗΣ 5: ΧΑΡΤΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΟΦΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ. ΠΗΓΗ: ΊΔΡΥΜΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΘΗΝΩΝ ΤΟΥ ΥΠ. ΓΕΩΡΓΙΑΣ. | 70 |
| | |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΟΥ CO ₂ (ΣΕ ΡΡΜV) ΟΠΩΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΤΑΙ ΣΤΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ MAUNA LOA ΣΤΗΝ ΧΑΒΑΗ ΤΩΝ Η.Π.Α, ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 1958-2002 (ROBERT SIMMON, ΑΠΟ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ NOAA CLIMATE MONITORING & DIAGNOSTICS LABORATORY). | 18 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΆΝΟΔΟΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΑΠΟ ΤΟ 1880 ΕΩΣ ΣΗΜΕΡΑ (SLIDESHARE.NET)..... | 22 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΆΝΟΔΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 20ΕΤΙΑ (NASA, GEONEWS.GR)..... | 22 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ, ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΞΥ 2011-2011 (EUROSTAT, 2013). | 34 |

| | |
|--|-----|
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ, ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΞΥ 2001-2011 (EUROSTAT, 2013). | 35 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ ΜΕΤΑΞΥ 1990 ΚΑΙ 2010 (ΚΑΠΕ, 2012)..... | 36 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΑΠΟ ΤΟ 1990 ΕΩΣ ΤΟ 2010 (ΚΑΠΕ, 2012). | 37 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: 1.ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟ, 2.ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ ΣΕ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟ, 3.ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΤΡΙΤΟΓΕΝΗ ΤΟΜΕΑ ΑΝΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ (ΚΑΠΕ, 2012).... | 38 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ ΑΝΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑ (ΚΑΠΕ, 2012). | 39 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1995 (ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ Χ.) | 56 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11: ΜΕΣΟ ΜΗΝΙΑΙΟ ΥΨΟΣ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΜΣ “ΕΛΛΗΝΙΚΟ” (1955-1997). ΠΗΓΗ: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ. | 68 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΜΕΤΡΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ, ΚΑΘΟΥΜΕΝΟ, ΕΛΑΦΡΙΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ Η ΑΤΟΜΟ ΠΟΥ ΕΡΓΑΖΕΤΑΙ ΣΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ (ENGINEERING-TOOL-BOX). | 110 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13: ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΠΕΡΙΟΔΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΓΙΑ ΕΝΑ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΤΟΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 122 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 147 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 148 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 149 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 150 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18: ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ)..... | 151 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 19: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 152 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 20: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΝΑ ΜΗΝΑ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΕΔ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 161 |
| ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 21: ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 25 ΕΤΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΕΔ (ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ). | 165 |
| | |
| ΕΞΙΣΩΣΗ 1: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ LABS. | 101 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1



1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

1.1. Η μετάβαση από τη φωτιά στα ορυκτά καύσιμα

Ο άνθρωπος από τα πρώτα του βήματα ως έμβιο ον του πλανήτη χρησιμοποιεί την ενέργεια, προκειμένου να πραγματοποιήσει μια σειρά διεργασιών βιοτικού χαρακτήρα. Η πρώτη επαφή του ανθρώπου με την ενέργεια ήταν εντελών παθητική, εκμεταλλευόμενος την ηλιακή ακτινοβολία προκειμένου να ζεσταθεί. Η ανάγκη για θερμότητα κατά τη διάρκεια της νυκτός, ώρες δηλαδή που δεν ήταν δυνατή η εκμετάλλευση του φωτός, οδήγησε εκ των υστέρων στην καύση ξύλων. Το άναμμα της φωτιάς ήταν ουσιαστικά η καύση της βιομάζας, η πρώτη εκμετάλλευση φυσικού διαθέσιμου προς αξιοποίηση για την επιβίωση. Μπορεί να φαντάζει μια μικρή μετάβαση, αλλά στην πραγματικότητα ήταν ένα τεράστιο βήμα προς την ανάπτυξη, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή.

Η καύση ξύλων (βιομάζας) αποσκοπούσε κατά κύριο λόγο στη θέρμανση, ψήσιμο της ωμής τροφής και στο λιώσιμο μετάλλων προς κατασκευή όπλων και εργαλείων. Ο άνθρωπος ήταν πλέον σε θέση να πραγματοποιήσει διεργασίες που του προσέφερε η ηλιακή ενέργεια, αλλά και πολύ περισσότερες, γεγονός που καθιστούσε τη χρήση της φωτιάς ολοένα και πιο εντατική.

Μεταγενέστερα γίνεται η μετάβαση στην εποχή των στερεών βιοκαυσίμων, που προηγείται της εποχής των ορυκτών καυσίμων. Το πρώτο βιοκαύσιμο ήταν ο ξυλάνθρακας (Charcoal) παραγόμενος κατά τη βραδεία καύση ξύλου παρουσία ελαχίστου αέρα, γεγονός που δικαιολογεί την παρουσία του εντός των σπηλαίων όπου ανάβονταν οι εστίες φωτιάς και εν συνεχεία χρησιμοποιείτο στις σπηλαιογραφίες. Η ύπαρξη των ορυκτών καυσίμων ήταν γνωστή αλλά η χρήση τους ξεκίνησε αργότερα του ξυλάνθρακα. Επιπλέον, το πρώτο υγρό καύσιμο που φαίνεται να χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο, ήταν πριν 4.000 περίπου χρόνια και δεν ήταν κάτι άλλο παρά φυτικά έλαια, ενώ έπειτα προστέθηκε ως εναλλακτική το ζωικό λίπος με παραπλήσιες ιδιότητες και βασική χρήση το φωτισμό. Η βασικότερη πηγή ζωικού λίπους ήταν για μεγάλο χρονικό διάστημα το λίπος της φάλαινας, η εκμετάλλευση του οποίου έχει τις ρίζες της στις ΗΠΑ με εξαγωγές στην Ευρώπη και κύριο αποδέκτη τη Βρετανία. Μετά τον Πόλεμο Ανεξαρτησίας (1775-1783), η Βρετανία επέβαλε υψηλούς φόρους στις εισαγωγές του συγκεκριμένου καυσίμου, περιορίζοντας έτσι τη χρήση αυτού και πλήττοντας παράλληλα την οικονομία των ΗΠΑ που σε μεγάλο βαθμό στηριζόταν στο τρέχον εμπόριο. Ήταν η εποχή αυτή που εμφανίστηκε το κραμβέλαιο ως υγρό καύσιμο που υιοθετήθηκε από την Ευρώπη και αποτέλεσε το κυριότερο καύσιμο των φάρων.

Παράλληλα με τις ανωτέρω διαδικασίες, αξιοσημείωτη είναι και η χρήση άλλων μορφών ενέργειας για μεγάλες χρονικές περιόδους. Πλέον μπορεί να γίνεται λόγος για αυτό που καλείται σήμερα: Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας. Η κύρια εκμετάλλευση του ανέμου (σε ιστιοφόρα) και του νερού (σε νερόμυλους) ήταν η απαρχή ανάπτυξης αυτών των μορφών. Η χρήση της αιολικής ενέργειας για την κίνηση των πλοίων στον ποταμό Νείλο πριν από 7.000 χρόνια πιθανολογείται να είναι η δεύτερη ιστορικά χρήση ανανεώσιμης μορφής ενέργειας, ενώ την ίδια εποχή η εκμετάλλευση των ζώων για αγροτικές διεργασίες θα μπορούσε να συγκατατεθεί μεταξύ των εκμεταλλεύσεων των φυσικών διαθέσιμων του εκάστοτε τόπου.

Με το πέρασ των χρόνων, οι αυξανόμενες ανάγκες του ανθρώπου μεταφράστηκαν σε αναγκαιότητα ζήτησης και παραγωγής ενέργειας. Έτσι στα μέσα περίπου του 19^{ου} αιώνα ξεκινά και διαδίδεται η χρήση του ορυκτού άνθρακα, αξιόλογη πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας, η συμβολή του οποίου ήταν σημαντική στην μετέπειτα ανάπτυξη τόσο της βιομηχανίας όσο και των μεταφορών. Διάδοχος του ορυκτού άνθρακα ήταν το πετρέλαιο και όλα τα προϊόντα αυτού, με την πρώτη γεώτρηση να εντοπίζεται στη δυτική Πενσυλβανία και πραγματοποιήθηκε το 1859 από τον Έντγουιν Ντρέικ. Αυτό ήταν το ξεκίνημα αναζήτησης υγρών υδρογονανθράκων ανά τη γη καθιστώντας το πετρέλαιο το νέο σύγχρονο καύσιμο για πλήθος χρήσεων. Τα αποθέματα πετρελαίου ήταν συγκεκριμένα και μη ανανεώσιμα, πράγμα που σήμαινε το τέλος της εκμετάλλευσής τους μελλοντικά. Η εξάρτηση από το πετρέλαιο δεν διακόπηκε ακόμα και μετά από κάποιες δεκαετίες, όταν το φυσικό αέριο προστέθηκε για να καλύψει, ως καύσιμο, πλήθος από ενεργειακές ανάγκες.

Αυτό ήταν το ταξίδι-μετάβαση από την πρώτη χρήση της ενέργειας μέχρι την πρόσφατη σύγχρονη ιστορία. Πρόκειται για το ταξίδι εξέλιξης του ανθρώπου, του πολιτισμού, της οικονομίας, της τεχνολογίας και δυστυχώς και του περιβάλλοντος, το οποίο υπόκειται καθημερινά σε υπερεκμετάλλευση και καταπάτηση με αβέβαιο μέλλον τόσο για το ίδιο όσο και για την ανθρωπότητα.

1.2. Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

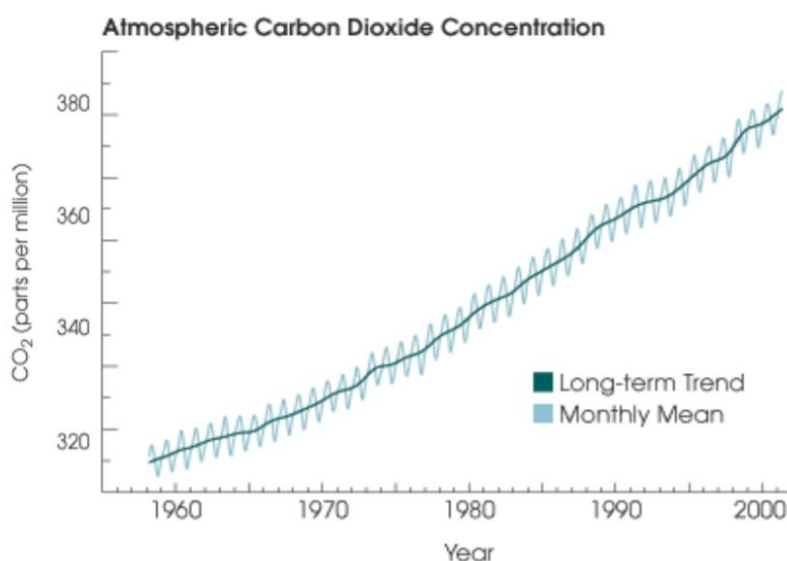
Με το πέρασμα από τη βιομάζα στα ορυκτά καύσιμα σημειώθηκε σημαντική μεταβολή στη σύσταση της ατμόσφαιρας, η οποία άργησε να γίνει αισθητή. Με την καύση τόσο της βιομάζας όσο και των ορυκτών καυσίμων, εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και νερού, με μια ουσιώδη διαφορά μεταξύ των δυο περιπτώσεων· το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται κατά την καύση της βιομάζας, δεσμεύεται εκ νέου από τα φυτά κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης για παραγωγή οξυγόνου, ενώ το εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, αποθηκεύεται και μεταβάλλει τη σύστασή της (Κορδούλης, Λυκουργιώτης, 2017).

Ο λόγος ανησυχίας για αυτή την ολοένα και μεγαλύτερη συσσώρευση του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι το λεγόμενο «φαινόμενο του θερμοκηπίου», μοντέλο που περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Joseph Fourier το 1822 και παρομοιάζει την κατάσταση της ατμόσφαιρας με ένα θερμοκήπιο. Το θερμοκήπιο, ένα ανθρώπινο κατασκεύασμα, δημιουργήθηκε με σκοπό να δεσμεύσει την ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του αυξάνοντας έτσι την θερμοκρασία της κατασκευής και δημιουργώντας ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών. Το κέλυφος του θερμοκηπίου είναι κατασκευασμένο από υλικά που επιτρέπουν στις ακτίνες φωτός να το διαπεράσουν, αλλά αποτρέπουν το πέρασμά τους ξανά προς την ατμόσφαιρα μετά την ανάκλασή τους στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, και εγκλωβισμένες πλέον αυξάνουν την θερμοκρασία στο εσωτερικό της κατασκευής.

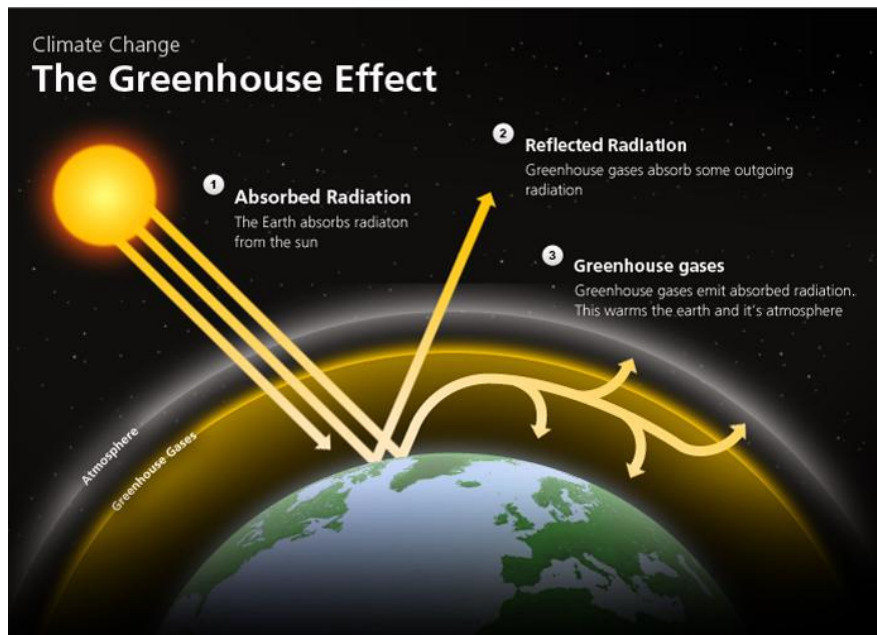
Παρόμοιος, ωστόσο, είναι και ο τρόπος που λειτουργεί και το συσσωρευμένο CO₂ στην ατμόσφαιρα. Αμέσως μετά την καύση, απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό τα οποία ακολουθούν ανοδική πορεία προς την ατμόσφαιρα. Μη έχοντας το CO₂ τη δυνατότητα να δεσμευτεί στο σύνολό του από φυτικούς οργανισμούς, συγκεντρώνονται πλέον στην ατμόσφαιρα και δημιουργούν ένα πυκνό στρώμα, αποτελώντας τα αέρια του θερμοκηπίου.

Με την πάροδο των ετών, το στρώμα αυτό αυξάνεται συνεχώς σε πυκνότητα και πάχος. Φθάνοντας η ηλιακή ακτινοβολία στην γη, διαπερνά το στρώμα και καταλήγει στην γήινη επιφάνεια, όπου μέρος αυτής απορροφάται με μορφή θερμότητας ενώ η υπόλοιπη ανακλάται με κατεύθυνση εκ νέου προς την ατμόσφαιρα, όπου δεν δύναται να διαπεράσει όλο το μέρος αυτής το στρώμα, οπότε επιστρέφει ανακλώμενη ξανά στην επιφάνεια της γης. Απόρροια αυτής της διαδικασίας είναι η συγκράτηση και διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας εντός της γήινης ατμόσφαιρας με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Η συνολική αυτή διεργασία ονομάστηκε φαινόμενο του θερμοκηπίου και χαρακτηριστικά απεικονίζεται στο ακόλουθο σκαρίφημα.

Διάγραμμα 1: Συγκέντρωση του CO₂ (σε ppmv) όπως καταγράφεται στο Αστεροσκοπείο Mauna Loa στην Χαβάη των Η.Π.Α, κατά τη χρονική περίοδο 1958-2002 (Robert Simmon, από δεδομένα της NOAA Climate Monitoring & Diagnostics Laboratory).



Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (σε μονάδες ppmv), όπως καταγράφηκαν στο Αστεροσκοπείο Mauna Loa της Χαβάης των Η.Π.Α. για το διάστημα μεταξύ 1958 – 2002 (Robert Simmon, Climate Monitoring & Diagnostics Laboratory). Ιδιαίτερης σημασίας φαίνεται να είναι η έντονη αυξητική τάση της μετρούμενης κάθε φορά συγκέντρωσης του CO₂, με ρυθμό που προσεγγίζει περίπου το 0,35% ανά έτος, γεγονός που υπογραμμίζει τη σημασία της ανθρώπινης δραστηριότητας πάνω στον πλανήτη. Τέλος, να σημειωθεί πως εξαιτίας αυτών των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, οι μετρούμενες σήμερα συγκεντρώσεις του συγκεκριμένου αερίου εκτιμώνται περίπου 30% υψηλότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές του ίδιου αερίου κατά την περίοδο πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση το 1789.



Εικόνα 1: Σκαρίφημα απεικόνισης του Φαινομένου του Θερμοκηπίου (globalwarmingvietnam.com).

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό πως η ανεξέλεγκτη καύση ορυκτών καυσίμων θα έχει ως συνέπεια την εδραίωση ακόμη μεγαλύτερων ποσοτήτων CO₂ στην ατμόσφαιρα, με την θερμοκρασία του πλανήτη να αυξάνεται ταχύτατα με τις όποιες δυσμενείς συνέπειες για το μέλλον της γης και της ανθρωπότητας. Η επιταχυνόμενη αυτή αύξηση της γήινης θερμοκρασίας συνδέεται άμεσα με την εμφάνιση ολοένα και συχνότερων κλιματικών διαταραχών, αυτό που σήμερα καλείται κλιματική αλλαγή και έχει κάνει ήδη αισθητή την παρουσία της, προβληματίζοντας την επιστημονική κοινότητα.

1.3. Αύξηση μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη

Σύμφωνα με πρόσφατες προειδοποιήσεις του ΟΗΕ, η τελευταία τριετία που περιλαμβάνει τα έτη 2015, 2016 και 2017 είναι τα θερμότερα χρόνια που καταγράφηκαν στην ιστορία του πλανήτη.

Είναι γεγονός πως το κλίμα της γης μεταβάλλεται συνεχώς, με ποικίλους ρυθμούς και με πλήθος διακυμάνσεων από την απαρχή του κόσμου μέχρι σήμερα. Αποτέλεσμα αυτών των διακυμάνσεων είναι η μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας της Γης, που τα τελευταία χρόνια δείχνει να έχει σημαντική ανοδική πορεία στην ιστορία του κόσμου. Η μέση θερμοκρασία εξαρτάται από την ισορροπία της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας που καθορίζει το ενεργειακό ισοζύγιο της Γης. Κάθε παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει αυτό το ισοζύγιο για κάποιο μικρό ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μπορεί να οδηγήσει σε κλιματική αλλαγή. Δυο από τους βασικότερους φυσικούς – ενδογενείς παράγοντες που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση ή μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα και η ηλιακή ακτινοβολία. Όσον αφορά στην ηφαιστειακή δραστηριότητα, είναι σημαντική, αλλά λαμβάνει χώρα σποραδικά, σημειακά και τα όποια αποτελέσματα μιας ηφαιστειακής έκρηξης έχουν βραχυπρόθεσμες συνέπειες για το περιβάλλον και για το κλίμα

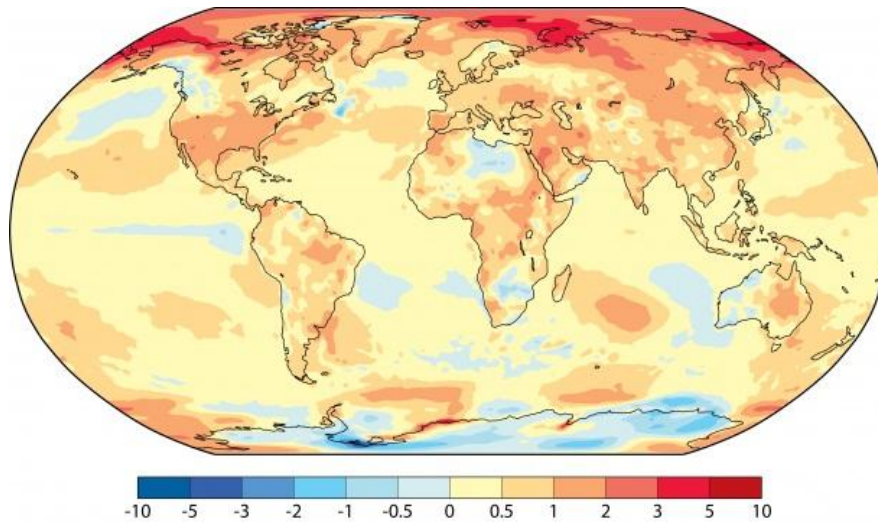
του πλανήτη. Από την άλλη, η ηλιακή ακτινοβολία είναι παράγοντας που επιδρά καθημερινά στο κλίμα της Γης, αλλά είναι άμεσα συνυφασμένη με την ανθρώπινη δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, ηλιακή ακτινοβολία είναι αυτή που προσφέρει θερμότητα στον πλανήτη, αλλά σε συνδυασμό με το φαινόμενο του θερμοκηπίου μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενή αποτελέσματα και ανεπανόρθωτη καταστροφή του περιβάλλοντος.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα – καιρό της Γης, εκτός από τους προαναφερθέντες είναι οι ακόλουθοι:

- Η αναλογία επιφάνειας – ξηράς (φύση της επιφάνειας).
- Η φυτοκάλυψη.
- Η θαλάσσια κυκλοφορία (θαλάσσια ρεύματα και El Nino).
- Γεωγραφικοί παράγοντες (ανάγλυφο, υψόμετρο, γεωγραφικό πλάτος και μήκος, προσανατολισμός).
- Η γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας.
- Οι ατμοσφαιρικές διαταραχές.
- Οι αέριες μάζες.
- Ο άνεμος.
- Ο κύκλος του ύδατος στην ατμόσφαιρα.
- Οι ανθρωπογενείς επιδράσεις.

Οι ανωτέρω παράγοντες είναι αυτοί που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό, άλλοτε εντονότερα και άλλοτε ασθενέστερα, το κλίμα της Γης, διαμορφώνοντας τα επιμέρους μικροκλίματα από τόπο σε τόπο. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να υπογραμμιστεί πως η ανθρώπινη παρέμβαση σε πολλούς εκ των παραπάνω παράγοντες επιβαρύνει τη διαμόρφωση ακραίων καιρικών συνθηκών επί Γης.

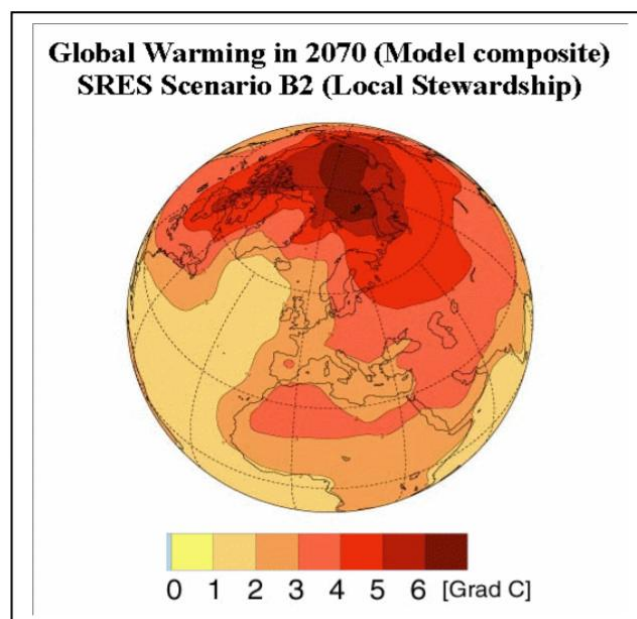
Η ανακοίνωση του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO) των Ηνωμένων Εθνών, υποδεικνύει τα τελευταία τρία χρόνια ως τα θερμότερα που έχουν σημειωθεί ποτέ. Συγκεκριμένα, το 2016, το φαινόμενο El Nino, ανέβασε τη μέση θερμοκρασία κατά 1,2° C υψηλότερα από εκείνη της προβιομηχανικής εποχής, ενώ η χρονιά που ακολούθησε (2017) ξεπέρασε κάθε προηγούμενο, χωρίς να ευθύνεται γι αυτό το φαινόμενο El Nino.



Σχήμα 1: Σχηματική απεικόνιση σε παγκόσμιο χάρτη της διακύμανσης της μέσης θερμοκρασίας μεταξύ 1981-2010 (WMO).

Το φαινόμενο El Niño αναφέρεται στην διατάραξη του συστήματος Ωκεανός – Ατμόσφαιρα στον Τροπικό Ειρηνικό Ωκεανό, με καταστροφικές επιπτώσεις, όπως έντονες βροχοπτώσεις, πλημμύρες που λαμβάνουν χώρα στο Δυτικό Ειρηνικό Ωκεανό, και τα οποία επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τον καιρό και το γήινο κλίμα μέσω της διατάραξης των θαλασσίων ρευμάτων.

«Τα νέα στοιχεία υπογραμμίζουν ότι ο κόσμος υπερθερμαίνεται γρήγορα» τόνισε ο καθηγητής David Rae του πανεπιστημίου του Εδιμβούργου της Σκωτίας, αμέσως μετά τη δημοσίευση της έρευνας του WMO, ενώ ο γενικός γραμματέας του ίδιου οργανισμού, Petteri Taalas, επισήμανε τη σημαντικότητα της μακροπρόθεσμης εξέτασης της εξέλιξης της θερμοκρασίας, καθώς αυτή δείχνει μειούμενη ανοδική τάση.

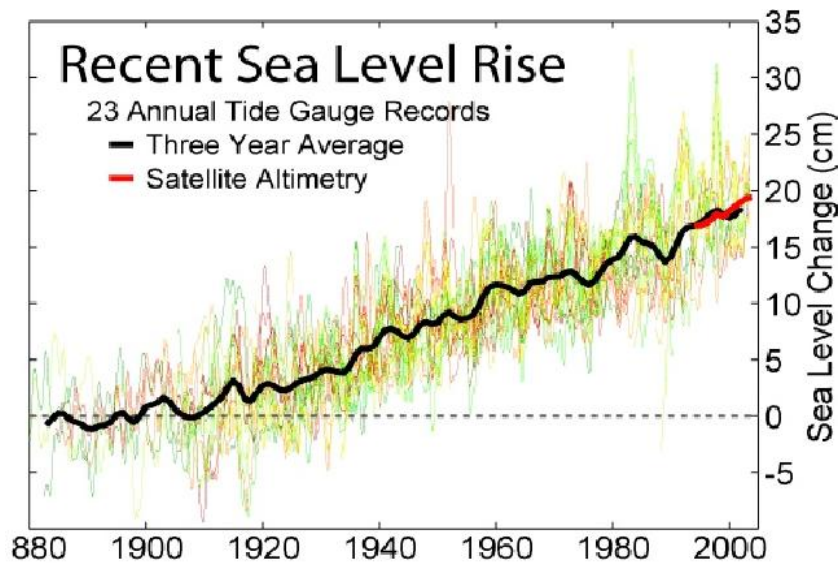


Σχήμα 2: Προβλεπόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη ($^{\circ}$ C) για το έτος 2070 (Max Planck Institut fuer Meteorologie, Αμβούργο Γερμανίας).

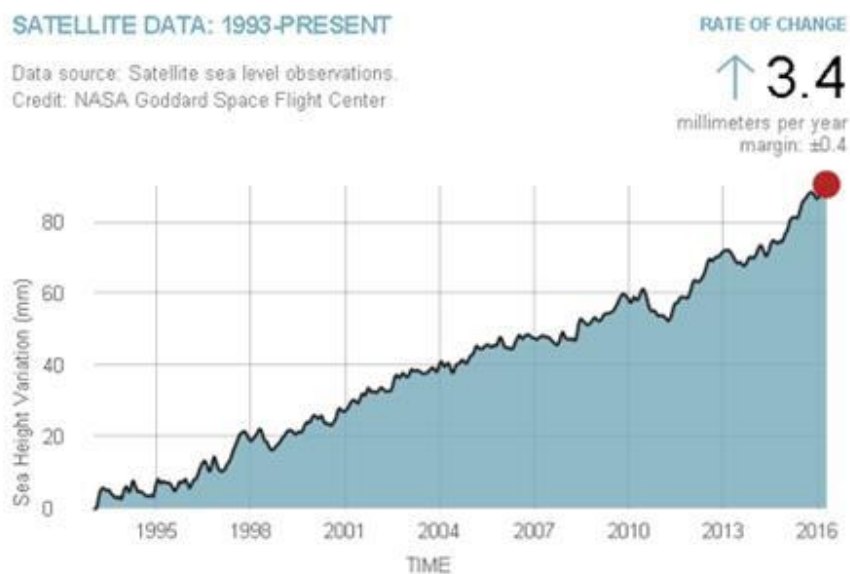
1.4. Τήξη πάγων και αύξηση της μέσης θαλάσσιας στάθμης

Αναμφίβολα η κλιματική αλλαγή έχει καταστροφικές συνέπειες στον πλανήτη, στο περιβάλλον, στην ανθρωπότητα, άλλες ορατές, άλλες αισθητές, άλλες που δεν έχουν εξακριβωθεί ακόμα. Η διαρκής θερμοκρασιακή αύξηση έχει ως άμεση επίπτωση τη τήξη των πάγων, κάτι που φαντάζει μακρινό για τους λαούς γύρω από τη Μεσόγειο, αλλά που ουσιαστικά αφορά όλους μας. Το λιώσιμο των πάγων της Ανταρκτικής δεν έχει όμως μόνο συνέπειες στο τοπικό κλίμα και συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, επηρεάζοντας το ανάγλυφο και τη βιόσφαιρα. Τα αποτελέσματα είναι ορατά ανά τον κόσμο. Κάθε κυβικό μέτρο πάγου που τήκεται ενσωματώνεται στη θάλασσα αυξάνοντας ολόένα και περισσότερο τη στάθμη αυτής.

Διάγραμμα 2: Άνοδος θαλάσσιας στάθμης από το 1880 έως σήμερα (slideshare.net).



Διάγραμμα 3: Άνοδος στάθμης της θάλασσας την τελευταία 20ετία (NASA, geonews.gr).



Σύμφωνα με αποτελέσματα μελέτης της NASA, που με δορυφορικές μετρήσεις κατέγραψε τη μέση στάθμη της θάλασσας, η άνοδος αυτής ανέρχεται σε 3,4 χιλιοστά ανά έτος, ενώ στο σύνολό της τα τελευταία 23 χρόνια, όπως υποδεικνύεται και στο ανωτέρω διάγραμμα, η θαλάσσια στάθμη ανέβηκε 90,1 χιλιοστά. Κύρια αίτια του φαινομένου είναι η προσθήκη νερού από το λιώσιμο των πάγων και η διαστολή του νερού σε υψηλότερα από το φυσιολογικό επίπεδα θερμοκρασίας ως απόρροια της κλιματικής αλλαγής. Και στις δυο περιπτώσεις οι επιστήμονες υποστηρίζουν το καθοριστικό ρόλο της ανθρώπινης δραστηριότητας των τελευταίων 50 ετών στην έξαρση του φαινομένου.

Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι το λιώσιμο των πάγων δεν είναι μόνο αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, αλλά επιταχύνει και τη συγκεκριμένη διαδικασία, καθώς οι πάγοι, οι τεράστιες αυτές λευκές επιφάνειες, ανακλούν σημαντικό μέρος της ακτινοβολίας, συμμετέχοντας δραστικά στη διατήρηση των σημερινών επιπέδων θερμοκρασίας.



Εικόνα 2: Μία από τις καταστροφικές συνέπειες της τήξης των πάγων στην Αρκτική είναι και η εξαφάνιση της βιοποικιλότητας (Αρχείο EPT).

Ο διευθυντής του Ινστιτούτου του Νορβηγικού Πόλου, Kim Holmen, δήλωσε χαρακτηριστικά: *«Το παχύ, πολυετές, κάλυμμα πάγου έχει σχεδόν εξαφανιστεί και έχει αντικατασταθεί από πάγο που σχηματίστηκε πρόσφατα. Ο πάγος είναι τόσο λεπτός που, σύμφωνα με τους ερευνητές, ένα δυνατό παγοθραυστικό θα μπορούσε να διαπλεύσει τον Βόρειο Πόλο ακόμη και τους πιο κρύους μήνες του χειμώνα!»*

Η φωτογραφία παραπάνω με την σκελετωμένη πολική αρκούδα, έκανε το γύρο του κόσμου με σκοπό να υποδείξει την σημαντικότητα της άμεσης δραστηριοποίησης έναντι στην υπερθέρμανση του πλανήτη, ειδάλλως το φυσικό περιβάλλον της τοπικής πανίδας θα συνεχίσει να συρρικνώνεται μέρα με τη μέρα όλο και περισσότερο, απειλώντας ουσιαστικά την επιβίωσή της.

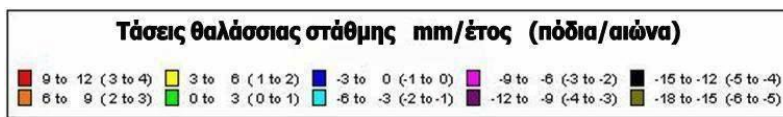
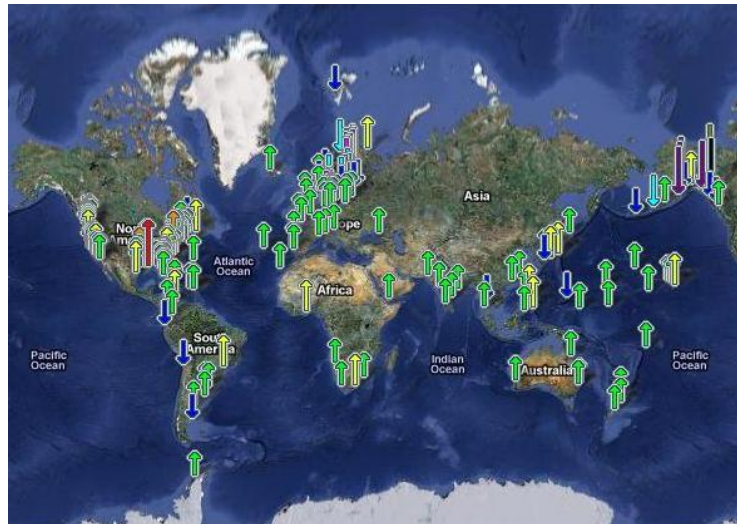
1.5. Σενάρια επιπτώσεων κλιματική αλλαγής

Καθότι είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν ακριβώς οι ενδεχόμενες επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή, έχει πραγματοποιηθεί προσπάθεια προσέγγισής τους με αποτελέσματα που δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν τίποτα άλλο παρά ανησυχητικά. Χρόνο με το χρόνο, οι επιστήμονες εστιάζουν όλο και περισσότερο στην βιωσιμότητα του πλανήτη, θίγοντας ενέργειες που μπορούν να αποτρέψουν την επίτευξη αυτού του στόχου. Μερικές από τις προβλεπόμενες συνέπειες της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της Γης είναι οι ακόλουθες :

- Η μετακίνηση των ζωνών βροχόπτωσης από τον Ισημερινό προς τον Βορρά με επακόλουθη ερημοποίηση του κάτω τμήματος της εύκρατης ζώνης.
- Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, γεγονός που θα πλημμύριζε πολλές πυκνοκατοικημένες περιοχές του πλανήτη πλησίον της στάθμης της θάλασσας, απειλώντας τη ζωή εκατομμυρίων ανθρώπων, γλωρίδας και πανίδας.
- Οι αυξανόμενες ανάγκες άρδευσης.
- Η αποσταθεροποίηση του κλίματος.
- Η υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας σε συγκεκριμένες περιοχές, καθιστώντας πολύ δύσκολη την επιβίωση.
- Την τήξη των πάγων, με συρροή καταστροφικών γεγονότων, επηρεασμό του κλίματος, της θαλάσσιας στάθμης και της βιόσφαιρας.

Οι ανωτέρω συνέπειες συνδέονται κατά κύριο λόγο με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη και αποτελούν μια προσέγγιση του θέματος, στην πραγματικότητα οι ενδεχόμενες επιπτώσεις πιθανόν να είναι πολύ περισσότερες και πιο καταστροφικές.

Η Οργάνωση Climate Central, τα γραφεία της οποίας εδρεύουν στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ, διεξήγαγε σχετική έρευνα, διατυπώνοντας πιθανά σενάρια επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη για τα επόμενα χρόνια. Το πιο αισιόδοξο σενάριο που διατυπώθηκε ευελπιστεί στη συγκράτηση της αύξησης της θερμοκρασίας στους 2° C, για την οποία ήδη έχουν ξεκινήσει εκστρατείες προσέγγισης, που παρόλα αυτά θα έχει ως αποτέλεσμα την τήξη των πάγων και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 4,7 μέτρα. Γίνεται κοινά κατανοητό ότι μια τέτοια ανύψωση της στάθμης θα άλλαζε τα δεδομένα της ζωής στη Γη, καθώς εκτιμήθηκε κατά την διεξαγωγή της έρευνας ότι θα επηρεαστούν περίπου 280 εκατομμύρια άνθρωποι στις αντίστοιχες περιοχές που κινδυνεύουν να πληγούν από το τρέχων σενάριο.



Χάρτης 1: Απεικονίσεις της Γης από δορυφόρο που δείχνουν τις τάσεις μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης (αύξηση ή μείωση) σε σταθμούς μέτρησης και παρακολούθησης (χρωματιστά βέλη) (forest.pblogss.r).

Μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση της κατάστασης υποδεικνύει τη συγκράτηση της θερμοκρασιακής αύξησης στους 3 °C με τη συνεπαγόμενη άνοδο της μέσης θαλάσσιας στάθμης κατά 6,4 μέτρα, σενάριο που προμηνύει την κάλυψη περιοχών του πλανήτη κατοικούμενων περί 400 εκατομμύρια ανθρώπους. Η πιθανότητα περαιτέρω αύξησης της θερμοκρασίας θα είχε ομολογουμένως εφιαλτικά αποτελέσματα, μιας και υπολογίστηκε ότι στην περίπτωση μιας άνοδου της τάξεως των 4° C η προβλεπόμενη θαλάσσια ανύψωση θα έφθανε τα 8,9 περίπου μέτρα. Οι συνέπειες μια τέτοιας καταστροφής δεν θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν παρά ανυπολόγιστες και ανεπιθύμητες. Συνοψίζοντας η μελέτη υπογραμμίζει ότι για κάθε βαθμό της κλίμακας Κελσίου που αυξάνεται η θερμοκρασία, λιώνουν αρκετά κυβικά μέτρα πάγων που μεταβάλλουν την καθ' ύψος στάθμη του νερού και επηρεάζουν τις ζωές εκατομμυρίων κατοίκων ανά τη Γη (Κορδούλης, Λυκουργιώτης, 2017).

Το 2007 ανέφερε χαρακτηριστικά ο Rajendra Pachauri, Ινδός επιστήμονας και οικονομολόγος βραβευμένος με Nobel, πως : «Εάν δεν υπάρξει δράση πριν το 2012, θα είναι πολύ αργά. Το τι θα κάνουμε στα επόμενα 3 χρόνια θα καθορίσει το μέλλον μας». Εν έτη 2018 η ανάγκη, λοιπόν, για δραστικά μέτρα περιορισμού της κλιματικής αλλαγής φαντάζει κάτι παραπάνω από επείγουσα και επιτακτική.

Όπως είναι λογικό, περισσότερο ευπαθείς στην όποια ενδεχόμενη προκληθείσα καταστροφή θα είναι οι φτωχές χώρες στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Για το λόγο αυτό συγκροτήθηκε η ομάδα των V20 (V = Vulnerability = Ευπάθεια- Τρωτότητα), αποτελούμενη από τις 20 πιο ευάλωτες χώρες του κόσμου στην κλιματική αλλαγή, με σκοπό να διεκδικήσουν την ανάληψη ευθυνών από τις αντίστοιχες χώρες της G20, που φαίνεται να ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την περιβαλλοντική καταστροφή που έχει προκληθεί μέχρι σήμερα στον πλανήτη, λόγω της υπεραυξημένης εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Σύμφωνα με το “Global Hymanitatory Forum”, «Το 98% των φυσικών καταστροφών συμβαίνουν σε αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ το 92% των λιγότερο επηρεασμένων από την κλιματική αλλαγή χωρών είναι οι προηγμένες βιομηχανικές χώρες».

Επιπροσθέτως, μια έρευνα της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών των ΗΠΑ, υποδεικνύει πως «Από το 1961 οι πλουσιότερες χώρες έχουν προκαλέσει το 42% της παγκόσμιας υποβάθμισης του περιβάλλοντος, ενώ δέχονται μόνο το 3% του περιβαλλοντικού κόστους της καταστροφής αυτής».

Τέλος, «Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια μεγάλη απειλή για τους φτωχούς και αγέννητους, προς όφελος των επιβατών “πρώτης θέσης” της Γης», υπογραμμίζεται από το Πρόγραμμα Ανάπτυξης του ΟΗΕ, UNDP και Mike Davis.

1.6. Εξάντληση Ορυκτών Καυσίμων

Λαμβάνοντας υπόψιν όσα προαναφέρθηκαν, γίνεται σαφές πως η χρήση ορυκτών καυσίμων συμμετέχει ενεργά και καθοριστικά στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος, καθιστώντας την ανθρώπινη δραστηριότητα την πλέον κυρίαρχη στην άμβλυνση του φαινομένου. Κρίνεται, λοιπόν, επιτακτική στις μέρες μας μια πιο περιβαλλοντικά φιλική χρήση της ενέργειας και μείωση της καύσης των ορυκτών καυσίμων. Η ανάγκη αυτή για παραγωγή ενέργειας που δεν θα βασίζεται στην καύση ορυκτών καυσίμων δεν είναι εύκολο εγχείρημα, καθώς πολλές αναπτυσσόμενες και ραγδαία αναπτυσσόμενες χώρες της Γης, όπως η Κίνα και η Ινδία χρειάζονται τεράστιες ποσότητες ορυκτών καυσίμων για καθημερινές τους διεργασίες. Σήμερα καταναλώνονται περίπου 1000 βαρέλια πετρελαίου ανά δευτερόλεπτο, γεγονός που αντιστοιχεί σε δύο λίτρα την ημέρα ανά κάτοικο του πλανήτη. Στην περίπτωση αυτή δεν συμπεριλαμβάνεται και η κατανάλωση και χρήση άνθρακα και φυσικού αερίου, που εάν συμπεριληφθούν, σχεδόν τριπλασιάζεται η ανωτέρω υπόθεση. Παρόλα αυτά, στο εσωτερικό της Γης εξακολουθούν να λαμβάνουν μέρος οι φυσικές διεργασίες για την παραγωγή ορυκτών καυσίμων, αλλά με ρυθμό που αντιστοιχεί σε 500.000 φορές μικρότερο από αυτό της κατανάλωσής τους, πράγμα που διασαφηνίζει τη βέβαιη μελλοντική τους εξάντληση. Αυτός είναι ένας ακόμη λόγος για την άμεση ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας που θα αντικαταστήσουν με τη σειρά τους τα ορυκτά καύσιμα. Τέλος, να αναφερθεί ότι οι συνολικές ετήσιες ενεργειακές ανάγκες σήμερα ανέρχονται σε 13 TW, δηλαδή σε 13 τρισεκατομμύρια Watt και υπολογίζεται ότι θα αυξηθούν σημαντικά στο άμεσο κοντινό μέλλον.

Οι τρεις κατηγορίες ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων της Γης είναι το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο, όπως προαναφέρθηκε, καθεμία από τις οποίες ξεχωριστά συμμετέχει στις αρνητικές επιπτώσεις στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, ο άνθρακας, το παλαιότερο σε χρήση από τα ορυκτά καύσιμα, έχει τα μεγαλύτερα αποθέματα στον πλανήτη και παρόλα αυτά αναμένεται να εξαντληθούν μέσα στα επόμενα 100 χρόνια, ενώ με μια πιο αισιόδοξη ματιά και λογική χρήση μέσα στα επόμενα 250 χρόνια. Για την ακρίβεια, σύμφωνα με την Αμερικανική Υπηρεσία Πληροφόρησης για την Ενέργεια, τα αποθέματα άνθρακα ανέρχονται σε 900 δισεκατομμύρια τόνους, με ετήσια κατανάλωση που αγγίζει τους 7,7 δισεκατομμύρια τόνους και μαθηματικά υπολογισμένη εξάντλησή τους σε 120 περίπου χρόνια. Από την άλλη

πλευρά, ο άνθρακας είναι το πλέον πιο ρυπογόνο καύσιμο συγκριτικά με τα άλλα δυο, καθώς παράγεται περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας. Αυτό συμβαίνει διότι καίγεται αποκλειστικά άνθρακας και παράγεται μόνο διοξείδιο του άνθρακα, ενώ στις άλλες δυο περιπτώσεις, δηλαδή το φυσικό αέριο και τους υδρογονάνθρακες, κατά την καύση του καίγεται και υδρογόνο με ταυτόχρονη έκλυση νερού. Υπογραμμίζεται ότι το έτος 2013, το 43% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον ενεργειακό τομέα οφείλονταν στην καύση του άνθρακα.



Εικόνα 3: Ένας από τους μεγαλύτερους και πιο ρυπογόνους σταθμούς παραγωγής ενέργειας στη Belchatow της Πολωνίας, με ισχύ 5.400 MW (Wikipedia.org).

Εν συνεχεία, τα κοιτάσματα πετρελαίου είναι αυτά που προβλέπεται να έχουν την πιο βραχυπρόθεσμη ύπαρξη στον πλανήτη σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες. Από τα κοιτάσματα αυτά παράγονται η βενζίνη, το ντίζελ και η κηροζίνη που περιέχουν μεσαίου μεγέθους υδρογονάνθρακες, τα μόρια των οποίων έχουν τα διπλάσια άτομα υδρογόνου από άνθρακα. Αυτό είναι και ο λόγος που τα εν λόγω κοιτάσματα ενοχοποιούνται λιγότερο από τον άνθρακα στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά, η αυξημένη και εντατική χρήση τους, εκτοξεύει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στα ύψη και συγκεκριμένα το 2013, η εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον ενεργειακό τομέα προερχόμενη από την καύση πετρελαίου ανήλθε σε ποσοστό 33%.

Το πιο πρόσφατο σε χρήση φυσικό αέριο φαίνεται να είναι το πλέον πιο φιλικό προς το περιβάλλον στην κατηγορία των ορυκτών καυσίμων. Ο λόγος είναι ότι κάθε μόριο μεθανίου, από το οποίο αποτελείται ουσιαστικά το φυσικό αέριο, περιέχονται ένα άτομο άνθρακα και τέσσερα άτομα υδρογόνου, που μετατρέπονται σε νερό κατά την καύση του. Παρά το γεγονός αυτό, η αυξανόμενη χρήση του φυσικού αερίου απελευθερώνει στο περιβάλλον μεγάλα ποσά διοξειδίου του άνθρακα που είναι σημαντικά μικρότερα από τις άλλες δυο κατηγορίες, αλλά υπολογίζονται σε ποσοστό της τάξης 18%. Το συγκριτικό πλεονέκτημα του φυσικού αερίου έναντι των υπολοίπων είναι ότι υπάρχουν τεράστια αποθέματα διασκορπισμένα ανά τον κόσμο, πράγμα που καθιστά την εξόρυξή του πιο εύκολη, γρήγορη και πιο άμεσα καταναλισκόμενη. Η Ρωσία έχει τα πρωτεία σ' αυτό τον τομέα με ένα από τα μεγαλύτερα παγκοσμίως κοιτάσματα, προμηθεύοντας τη Δυτική Ευρώπη και την Κίνα μέσω τεραστίων αγωγών. Αυτό αυτομάτως καθιστά το φυσικό αέριο το μακροπρόθεσμα κυρίαρχο καύσιμο στον πλανήτη, μιας και η χρήση του αναμένεται να αυξηθεί θεαματικά στο εγγύς μέλλον.

Σήμερα εξετάζεται το ενδεχόμενο αντικατάστασης των υπόλοιπων ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές από υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), το οποίο θα περιορίσει σημαντικά τη χρήση μαζούτ που περιέχει θείο, με αποτέλεσμα την έκλυση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του θείου που μετατρέπόμενο σε τριοξείδιο και στη συνέχεια σε θειικό οξύ εντείνει ακόμη περισσότερο το φαινόμενο της όξινης βροχής, ένα εξίσου σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα με το οποίο έρχεται αντιμέτωπη η ανθρωπότητα σήμερα.



Χάρτης 2: Η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου σε κυβικά μέτρα και κατανομή αυτού ανά τον κόσμο (daskalosa.eu).

Σήμερα, η χρήση του φυσικού αερίου δείχνει να έχει την αύξουσα χρήση και ζήτηση. Από τη μια μεριά, αυτό είναι θετικό προς τον περιορισμό της χρήσης και καύση του πετρελαίου και του άνθρακα, από την άλλη μεριά όμως, δεν παύει να είναι και το φυσικό αέριο ένα ρυπογόνο καύσιμο επιβλαβές για το περιβάλλον και την εξέλιξη του πλανήτη, καθώς η υπέρμετρη χρήση του εκλύει στην ατμόσφαιρα σημαντικά ποσά διοξειδίου του άνθρακα.

1.7. Το πρόβλημα της Ενεργειακής Κρίσης του 21ου αιώνα

Αναμφισβήτητα, ένα από τα πλέον πιο μείζονα προβλήματα στις μέρες μας αποτελεί αυτό της ενεργειακής επάρκειας ή ανεπάρκειας με όποια παρελκόμενα μπορεί να έχει. Μπορεί να ισχυριστεί κανείς, με μια πιο κοινωνικό-οικονομική σκοπιά, πως φαντάζει κάπως υπερβολική και ακραία μια τέτοια τοποθέτηση, όταν επικρατούν στον κόσμο καταστάσεις και δρώμενα που ταλανίζουν τις ζωές τον ανθρώπων. Η φτώχεια, η έλλειψη σίτισης, η ανέχεια, η τρομοκρατία, ο φανατισμός και εθνικισμός, η πολιτική επικαιρότητα, οι κοινωνικές ανισότητες, είναι καθημερινά προβλήματα που απασχολούν εκατομμύρια κατοίκους ανά τον κόσμο, αν όχι ολόκληρο τον παγκόσμιο πληθυσμό. Ωστόσο, δεν μπορεί κανείς να πει πως αυτά τα προβλήματα δεν βρίσκονται σε άμεση συνάφεια ή δεν αλληλοσχετίζονται μεταξύ τους και δεν εξαρτώνται σαφώς από την ενέργεια. Καλώς ή κακώς, η ενέργεια είναι αυτή που κινεί τα νήματα της οικονομίας, της κοινωνικής εξέλιξης και της όποιας ενδεχόμενης και επιθυμητής ανάπτυξης.

Αν αναλογιστεί κανείς, πόσο συμμετέχει η ενέργεια στην καθημερινότητα του ανθρώπου, θα παρατηρήσει πως η συμμετοχή της είναι σχεδόν στο 100%. Ο φωτισμός στο σπίτι, στους δρόμους και στις πλατείες, σε καταστήματα, εργοστάσια, ο ηλεκτρισμός γενικότερα με όποια χρήση του απλή ή πιο σύνθετη (μαγείρεμα, τηλεόραση, ενημέρωση, κλπ), οι μετακινήσεις, η διασκέδαση, η θέρμανση και ψύξη, είναι μερικές μόνο μικρές στιγμές από την καθημερινότητα του ανθρώπου, αναπόσπαστο μέρος από τις οποίες είναι η ενέργεια. Ακόμη και η τροφή που αγοράζουμε και καταναλώνουμε από υπερκαταστήματα ή τα ρούχα που φοράμε, έχουν πρώτα επεξεργαστεί με τη χρήση ενέργειας. Η ζωή του ανθρώπου θα ήταν τελείως διαφορετική, εάν υπήρχε μέχρι σήμερα, δίχως την ύπαρξη και χρήση της ενέργειας.

Με το πέρασ των χρόνων, οι ανάγκες της ανθρωπότητας πολλαπλασιάζονται και εξελίσσονται. Οι απαιτήσεις, λοιπόν, για ενέργεια αναλογικά αυξάνονται με τη σειρά τους και έχει παρατηρηθεί ότι από το 1970 μέχρι σήμερα, κατά μέσο όρο η αύξηση αυτή αγγίζει ποσοστό περίπου 50%. Μπορεί να ακούγεται κάπως υπερβολικό, αλλά έχει βάσιμη αιτιολογία, καθώς πολλές χώρες στηρίζουν την οικονομία τους σε μεγάλο βαθμό στην γεωργία (αγρο-κτηνοτροφικός τομέας) που είναι εξαιρετικά ενεργοβόρος. Από την άλλη μεριά, εκτός από τον πρωτογενή τομέα παραγωγής, ο δευτερογενής και τριτογενής τομέας έχουν αντίστοιχα τη δαπάνη τεραστίων ποσών ενέργειας τόσο για την επεξεργασία και μεταποίηση των προϊόντων, όσο και για τη μεταφορά, διανομή και διάθεση στο καταναλωτικό κοινό.

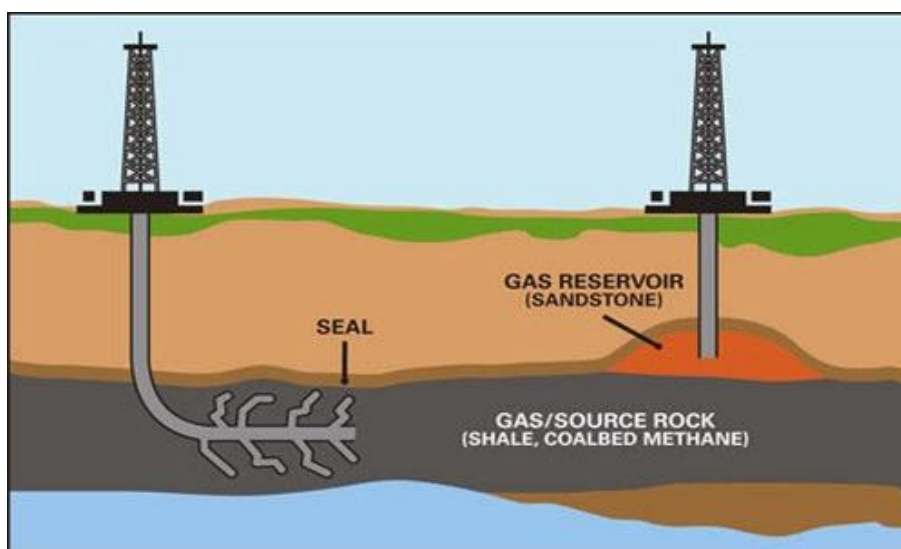
Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, πως τα ορυκτά καύσιμα ήταν αυτά που μέχρι σήμερα κινητοποιούσαν όλες τις διαδικασίες και διεργασίες που λάμβαναν χώρα στη Γη και εξακολουθούν βέβαια σε μεγάλο βαθμό. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως τα ορυκτά καύσιμα δεν χρησιμοποιούνται μόνο για την παραγωγή ενέργειας αλλά και παραγωγή πολλών χημικών προϊόντων που χρησιμοποιεί ο μέσος άνθρωπος κανονικά και βασίζονται στις πλαστικές πρώτες ύλες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα νοσοκομεία, οι απαιτήσεις των οποίων ετησίως σε πλαστικά γάντια μιας χρήσης προς αποφυγήν μολύνσεων και ασθενειών ξεπερνούν τα 15 εκατομμύρια. Και αυτό ήταν μόνο ένα μικρό δείγμα μιας καθημερινής ανάγκης ενός νοσοκομείου.

Όλη αυτή η ανάπτυξη προερχόμενη από το ήδη αναπτυγμένο μέρος του πλανήτη συνοδεύτηκε από αλόγιστη χρήση ορυκτών καυσίμων, απειλώντας σήμερα την ενεργειακή μελλοντική βιωσιμότητα. Η Γη, όπως έχει αναφερθεί, είναι ένα κλειστό ενεργειακό σύστημα που συντηρείται από την ηλιακή ακτινοβολία και είναι πλούσια σε μέταλλα, νερό, βιομάζα και ενέργεια. Αυτή η ακτινοβολία είναι η κινητήριος δύναμη για τις όποιες διεργασίες συμβαίνουν στην επιφάνεια αυτής και στο εσωτερικό της, που μέσω της φωτοσύνθεσης δημιουργείται νέα βιομάζα και εμπλουτίζονται οι ενεργειακοί πόροι. Το πρόβλημα είναι όμως ότι ο σύγχρονος κόσμος καταναλώνει ενέργεια με τρομερά μεγαλύτερο ρυθμό από αυτόν με τον οποίο ανανεώνονται οι ορυκτοί πόροι, με αποτέλεσμα να απειλείται η μελλοντική τους ύπαρξη.

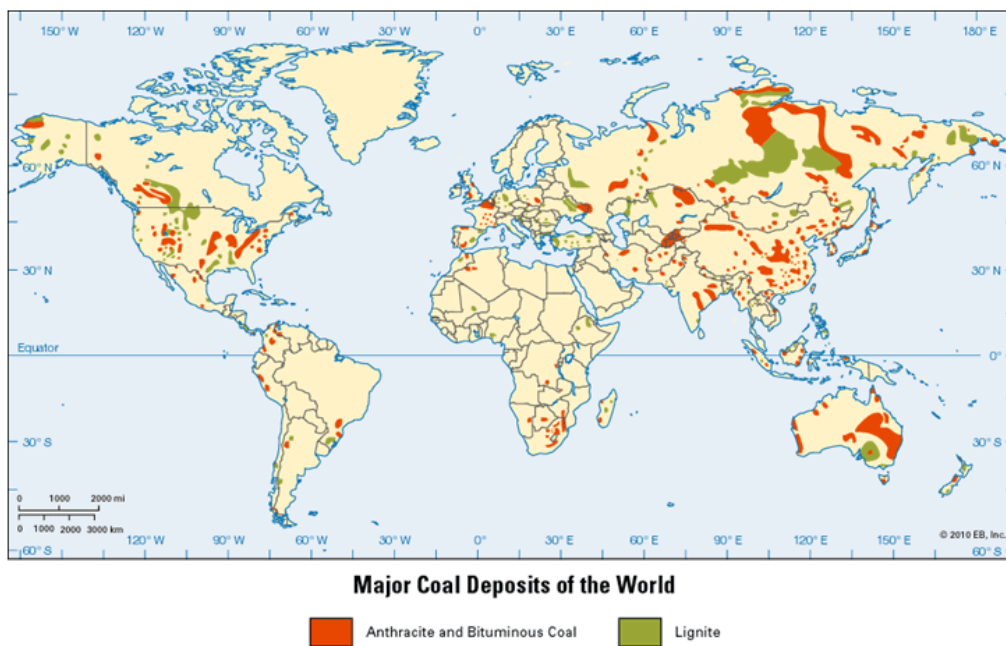
Το ενδεχόμενο εξάντλησης των αποθεμάτων σε φυσικά κοιτάσματα είναι αυτό που οδήγησε στην πετρελαϊκή κρίση, που συνοδεύτηκε με κατακόρυφη αύξηση των τιμών. Είναι γεγονός, πως τα όποια πιο επιφανειακά αποθέματα υπήρχαν εκμεταλλεύτηκαν μέχρι σήμερα και τείνουν να εξαντληθούν. Προφανώς υπάρχουν κι άλλα κοιτάσματα, αλλά η εξόρυξή τους είναι εξαιρετικά δαπανηρή και κοστοβόρα μιας και βρίσκονται σε βαθύτερα σημεία, σημεία δύσκολα προσβάσιμα με τον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό και πιθανόν να είναι μικρότερα. Στο σύνολό τους αυτοί οι παράγοντες καθιστούν τα εν λόγω κοιτάσματα οικονομικά μη

εκμεταλλεύσιμα. Αυτός είναι και ο λόγος που οι τιμές των καυσίμων εκτοξεύτηκαν στα ύψη, λόγω δηλαδή της περιορισμένης ύπαρξης των αποθεμάτων. Στην προσπάθειά τους οι ΗΠΑ προκειμένου να ανεξαρτητοποιηθούν από το πετρέλαιο και από τις χώρες τις Ανατολής που είχαν στην κατοχή τους τα κοιτάσματα, προχώρησαν σε μια καινοτόμο εφεύρεση, τα σχιστολιθικά κοιτάσματα. Πρόκειται για μια καινοτομία κατά την οποία πραγματοποιείται οριζόντια γεώτρηση που επιτρέπει μέσω συγκεκριμένης διαδικασίας την απόληψη πετρελαίου ή φυσικού αερίου από ιζηματογενή σχιστολιθικά πετρώματα (Shale Gas/Gaz de Schiste). Το ειδικά σχεδιασμένο γεωτρήσιμο εισέρχεται οριζόντια μέσα στον υπό εκμετάλλευση σχηματισμό, δημιουργεί μικρές σχισμές και εν συνεχεία πραγματοποιούνται εκρήξεις υψηλής πίεσης νεροβολής, αμμοβολής και μικρού μείγματος χημικών διαλυτικών, επιτυγχάνοντας με τον τρόπο αυτό την απελευθέρωση των ιζημάτων του ίδιου του γεωλογικού σχηματισμού προς παραγωγή πετρελαίου ή φυσικού αερίου.

Βέβαια, οι ενεργειακές εξαρτήσεις είναι πιο πολύπλοκες απ' όσο μπορεί να φανταστεί κανείς. Τα απίστευτα μεγάλα συμφέροντα που κρύβονται πίσω από τον ενεργειακό τομέα είναι ασύλληπτα. Οι πετρελαϊκές εταιρείες, ενώ γνωρίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη συνέχιση της εξόρυξης, πώλησης και χρήσης των ορυκτών καυσίμων, μπροστά στα κέρδη εθελουφλούν. Έχοντας εξακριβώσει τις περιορισμένες ποσότητες των αποθεμάτων πετρελαίου, προάγουν την εξόρυξή του μέχρι εξαντλήσεως και της τελευταίας ρανίδος, με σκοπό να πλουτίσουν εις βάρος του πλανήτη. Το συμφέρον όμως του πλανήτη είναι το μέλλον μας και το μέλλον των επόμενων γενεών, όχι τα ατομικά συμφέροντα κερδοσκόπων πετρελαϊκών κολοσσών.



Εικόνα 4: Σχηματική απεικόνιση διαδικασίας εξόρυξης φυσικού αερίου (δεξιά κατακόρυφη γεώτρηση) μέσα σε φυσικό έγκοιλο και σχιστολιθικού αερίου (αριστερή οριζόντια γεώτρηση) μέσα σε ιζηματογενές πέτρωμα (ecotimes.gr).



Χάρτης 3: Απεικόνιση, οριοθέτηση και τοποθέτηση των αποθεμάτων κοιτασμάτων ορυκτών καυσίμων στον παγκόσμιο χάρτη (orykta.gr).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2



2. ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1.Ενεργειακές καταναλώσεις κτιριακού τομέα

2.1.1. Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων στην Ευρώπη

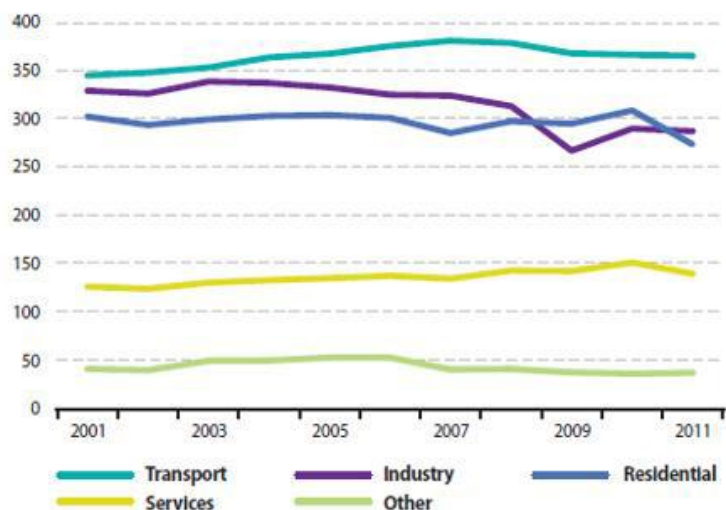
Βασικό πυλώνα της ανάπτυξης τον 21^ο αιώνα αποτελεί η εξοικονόμηση ενέργειας τόσο σε παγκόσμιο, όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Η Ευρώπη έχει υιοθετήσει μια γενική κατευθυντήρια γραμμή προς την πράσινη ανάπτυξη, πτυχή της οποίας είναι και η ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων, ένα μείζον πλέον ζήτημα εξοικονόμησης ενέργειας. Σύμφωνα με δεδομένα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το 40% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη αφορά σε κτιριακές ανάγκες οικιακού και τριτογενή τομέα. Στην Ελλάδα, η ενεργειακή αυτή ζήτηση ξεπερνάει το 30% (European Commission, 2013). Οι βασικότερες αιτίες κατανάλωσης ενέργειας σε ένα κτίριο είναι η ψύξη – θέρμανση, το ΖΝΧ (ζεστό νερό χρήσης), μαγείρεμα και λειτουργία συσκευών, με την πρώτη εκ των οποίων να είναι η πιο ενεργοβόρα και να αγγίζει ένα ποσοστό της τάξης του 70% της ενεργειακής κατανάλωσης (Economίδου, 2011).

Το δημογραφικό πρόβλημα με το οποίο έρχεται αντιμέτωπη η χώρα μας, όπως και κάθε χώρα στον πλανήτη, η γήρανση πληθυσμού, είναι η αιτία που ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται με βήματα αλματώδη, γεγονός που συνεπάγεται ολοένα και μεγαλύτερη οικιστική δόμηση, νέες ανάγκες για κατοικία, εστίαση, υπηρεσίες και κατ' επέκταση μεγαλύτερες ανάγκες για ενέργεια. Αυτός είναι και ο λόγος που τις τελευταίες δεκαετίες έγινε στροφή προς την πράσινη ανάπτυξη και την εξοικονόμηση ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε κανόνες που αργότερα μέσα από νομοθετικά πλαίσια έγιναν οδηγίες σε κάθε κράτος μέλος της και μέσω αυτών, δεσμεύει τα μέλη της να έχουν μια φιλικότερη στάση απέναντι στην ανάπτυξη και το μέλλον του πλανήτη. Ήδη τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί σημαντική μείωση της κατανάλωσης, τουλάχιστον σε οικιακό επίπεδο σε όλη την επικράτεια της «Γηραιάς Ηπείρου».

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, αποτυπώνεται η διακύμανση της ενεργειακής κατανάλωσης στην ευρωπαϊκή επικράτεια, όπως αυτή κινήθηκε από το 2001 έως το 2011, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Eurostat (2013). Παρατηρείται, λοιπόν, μια γενική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στο διάστημα μελέτης, με τις υπηρεσίες και τις μεταφορές να παρουσιάζουν μικρή αύξηση, γεγονός που δικαιολογείται από τις αυξημένες ανάγκες που επέφερε η πληθυσμιακή αύξηση στην ευρωπαϊκή ήπειρο.

Διάγραμμα 4: Ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, ανά τομέα για το διάστημα μεταξύ 2011-2011 (Eurostat, 2013).

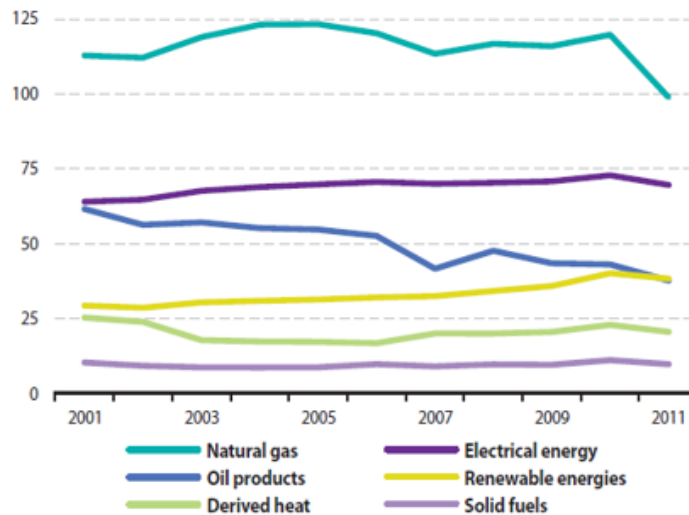
| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | Change (%) |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| Total | 1 150 | 1 138 | 1 178 | 1 193 | 1 198 | 1 198 | 1 172 | 1 180 | 1 116 | 1 159 | 1 109 | - 4 |
| Industry | 330 | 327 | 340 | 338 | 333 | 326 | 325 | 314 | 268 | 291 | 288 | - 13 |
| Transport | 346 | 349 | 354 | 364 | 368 | 376 | 382 | 379 | 369 | 367 | 366 | 6 |
| Residential | 303 | 295 | 301 | 304 | 305 | 302 | 286 | 299 | 296 | 310 | 275 | - 9 |
| Services | 128 | 126 | 132 | 135 | 137 | 139 | 136 | 145 | 144 | 153 | 141 | 10 |
| Other | 43 | 42 | 51 | 52 | 55 | 55 | 43 | 43 | 40 | 38 | 39 | - 9 |



Αξιοσημείωτο στο σημείο αυτό αποτελεί το γεγονός πως στο διάστημα μεταξύ 2001-2011 η κατανάλωση των συμβατικών καυσίμων για τις οικιακές ανάγκες σε επίπεδο κατοικίας παρουσιάζουν σημαντική μείωση, με τη μεγαλύτερη εξ' αυτών να εμφανίζεται στη μείωση χρήσης πετρελαίου σε ποσοστό που αγγίζει το 39% (μείωση), ενώ παράλληλα, μετά την εμφάνισή του και αποδοχή του από το κοινό, η χρήση φυσικού αερίου παρουσιάζει ιδιαίτερη αύξηση, αποτελώντας το 36% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στα νοικοκυριά (Eurostat, 2013). Το σημαντικότερο δε στοιχείο από τη συγκεκριμένη μελέτη, είναι η μεγάλη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην καθημερινότητα των Ευρωπαίων κατά 31%, ποσοστό που η Ε.Ε. αποβλέπει να αυξήσει ακόμη περισσότερο μέχρι το στρατηγικό έτος 2020.

Διάγραμμα 5: Ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό τομέα στην Ευρώπη ανά καύσιμο, για το διάστημα μεταξύ 2001-2011 (Eurostat, 2013).

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | Change (%) |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| Total | 303 | 295 | 301 | 304 | 305 | 302 | 286 | 299 | 296 | 310 | 275 | -9 |
| Solid fuels | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 11 | 10 | -5 |
| Oil products | 62 | 56 | 57 | 55 | 55 | 53 | 42 | 48 | 43 | 43 | 38 | -39 |
| Natural gas | 113 | 112 | 119 | 123 | 123 | 120 | 114 | 117 | 116 | 120 | 99 | -12 |
| Electrical energy | 64 | 65 | 68 | 69 | 70 | 71 | 70 | 70 | 71 | 73 | 70 | 9 |
| Renewable energies | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 32 | 34 | 36 | 40 | 38 | 31 |
| Derived heat | 25 | 24 | 18 | 17 | 17 | 17 | 20 | 20 | 20 | 23 | 20 | -19 |

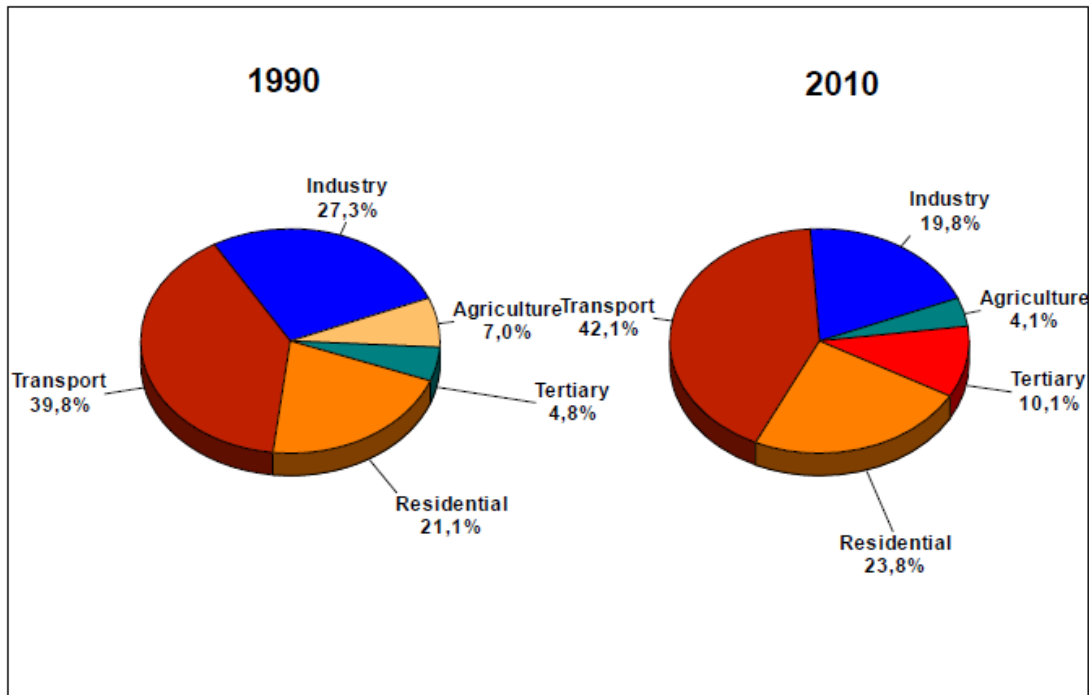


2.2.Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων στην Ελλάδα

Σύμφωνα με μελέτη του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ, 2009), η Ελλάδα παραμένει ακόμα σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένη από εξωτερικές πηγές ενέργειας, εισάγοντας και χρησιμοποιώντας ακόμη συμβατικά καύσιμα, τόσο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της σε κτιριακό επίπεδο, όσο και για τις μεταφορές. Αυτή η εξάρτηση, όπως είναι αναμενόμενο, δεν συνάδει με την ανάπτυξη που όλοι προσδοκούν τον 21^ο αιώνα και σε καμία των περιπτώσεων δεν μπορεί να ωφελήσει την εγχώρια οικονομία της Ελλάδος.

Ακολουθεί διάγραμμα από απεικονίζει την κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα σε Ελλαδικό επίπεδο, μέσω του οποίου είναι δυνατόν να διεξαχθεί πληθώρα συμπερασμάτων για τη χώρα. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αυτού αποτελεί το γεγονός πως το 2010 η κατανάλωση στη βιομηχανία και γεωργία ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με το έτος 1990, στοιχείο που αποτελεί φυσικό επακόλουθο της οικονομικής κρίσης με την οποία ήρθε αντιμέτωπη η χώρα και που αποτέλεσε περιορισμό (οικονομικό) σε πολλές δραστηριότητες. Παράλληλα, παρατηρείται αύξηση κατανάλωσης σε κατοικίες (2,7%), σε μεταφορές (2,3%), καθώς επίσης και στον τριτογενή τομέα (5,3%), με το τελευταίο να αποτελεί αποδεικτικό στοιχείο του οικονομικού προσανατολισμού της χώρας, σε μια οικονομία υπηρεσιών (ΚΑΠΕ, 2012).

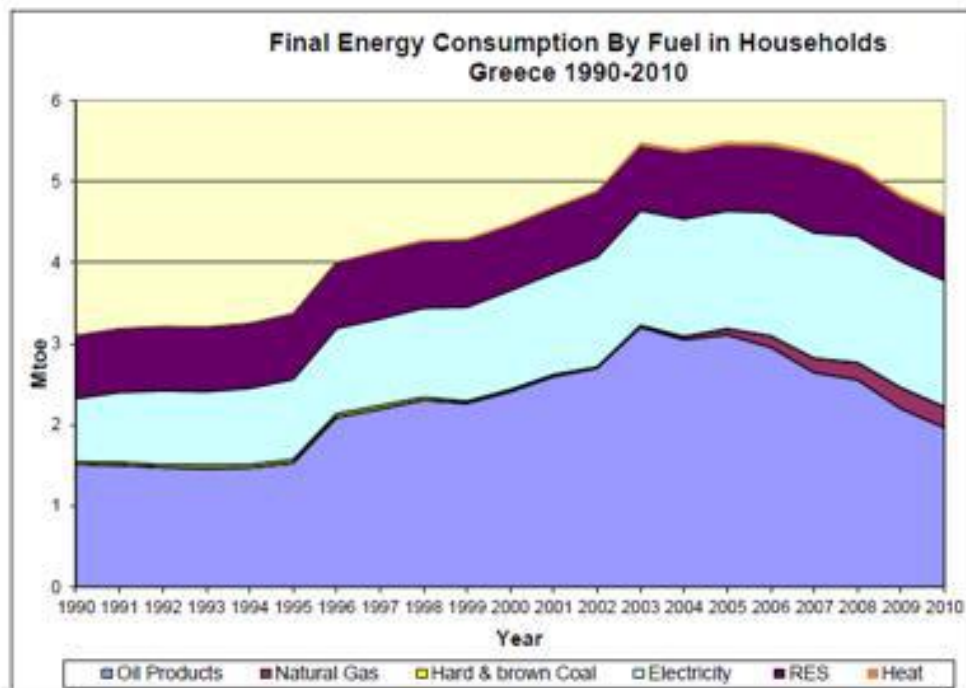
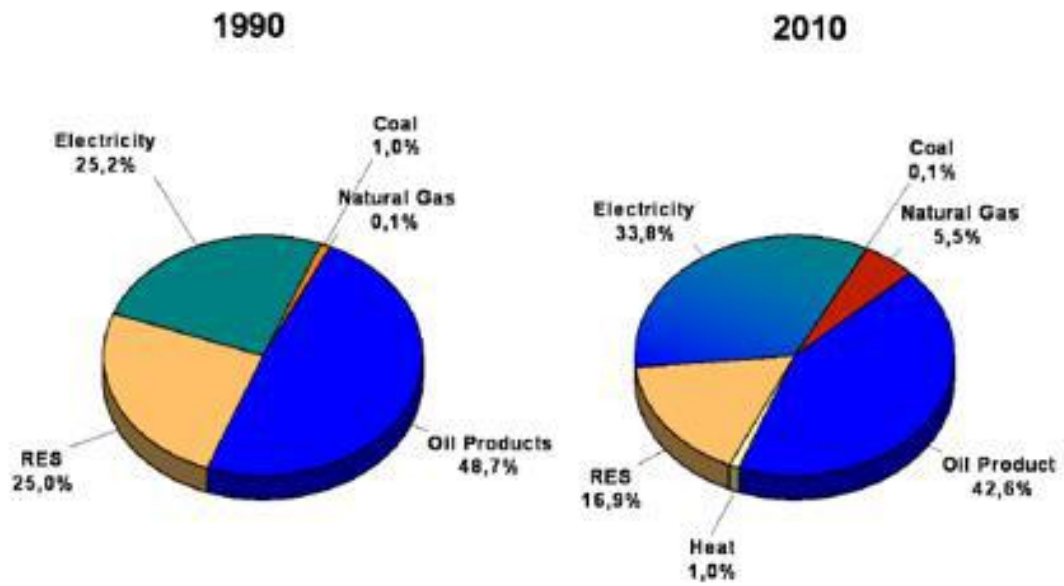
Διάγραμμα 6: Συνολική τελική κατανάλωση ανά τομέα στην Ελλάδα για τα έτη μεταξύ 1990 και 2010 (ΚΑΠΕ, 2012).



Αναλυτικότερα, η ενεργειακή κατανάλωση σε οικιακό τομέα ανήλθε σε 4,6 Mtoe σε σχέση με τα 3,1 Mtoe του 1990, με την αυξητική αυτή τάση να ερμηνεύεται βάσει της αύξησης τη κατανάλωσης του πετρελαίου κατά 30% καθώς και την σχεδόν διπλάσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παρατηρήθηκε το 2010 συγκριτικά με το 1990 (από 0,78 Mtoe σε 1,6 Mtoe). Η οικονομική κρίση που προαναφέρθηκε, είχε άμεσες επιπτώσεις στα ελληνικά νοικοκυριά, με την κατανάλωση του πετρελαίου να μειώνεται κατά 25,7% από το 2007 έως το 2010, ενώ παράλληλα η είσοδος του φυσικού αερίου στην εγχώρια ενεργειακή αγορά δείχνει να αυξάνει το μερίδιο συμμετοχής του φυσικού αερίου στην τελική κατανάλωση των νοικοκυριών (ΚΑΠΕ, 2012).

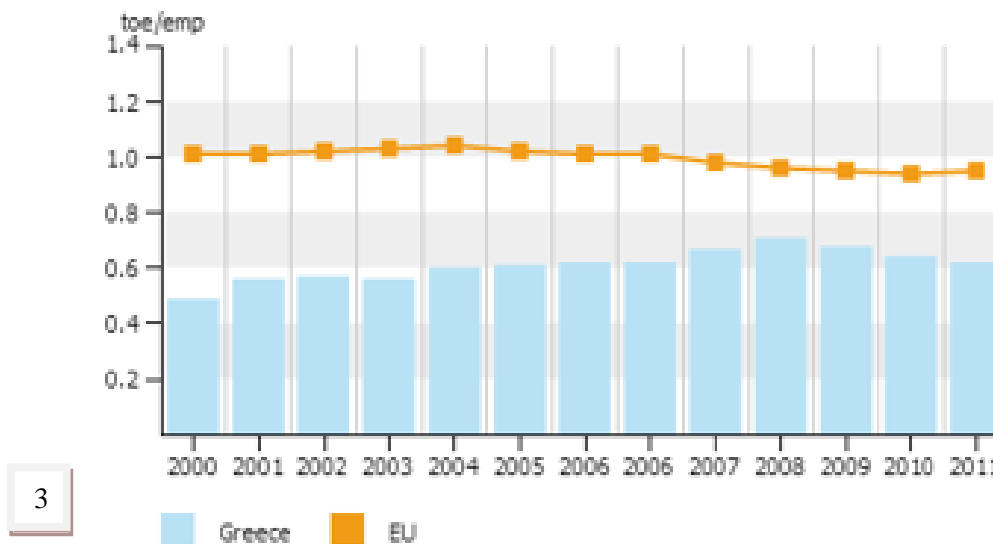
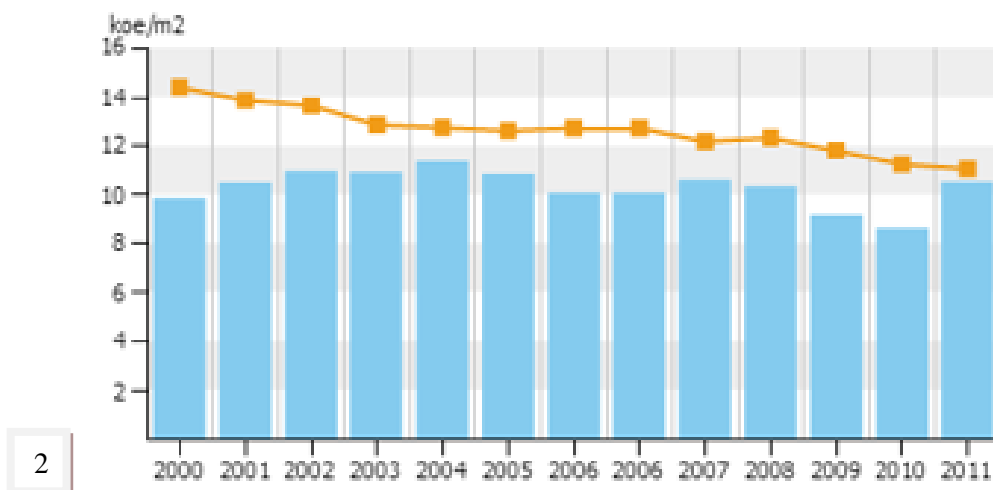
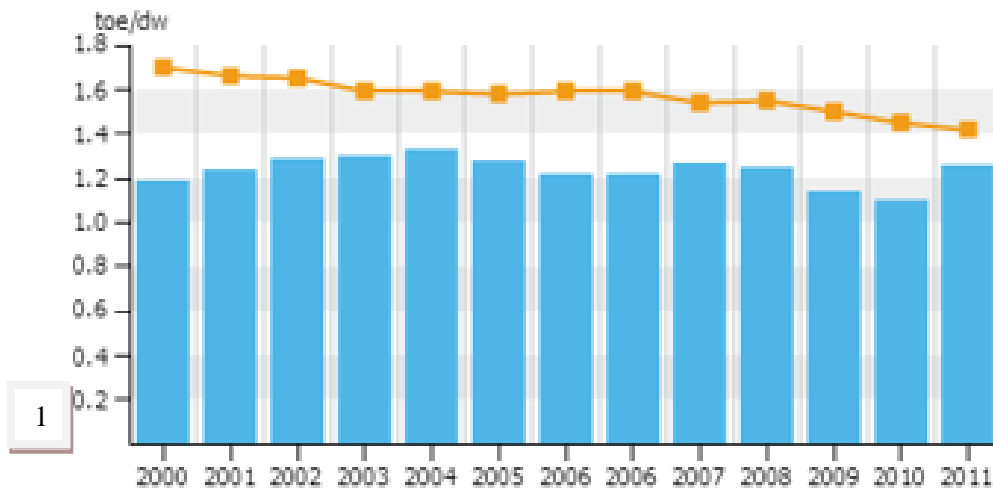
Σε συνάρτηση με τα ανωτέρω, φαίνεται ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας να δαπανάται για ανάγκες θέρμανσης χώρων σε νοικοκυριά με μια αυξητική τάση από το 1990 έως το 2010 από 2,1, Mtoe σε 3 Mtoe, αντίστοιχα. Δεύτερη σε ενεργειακή ζήτηση σε επίπεδο οικίας έρχεται η ανάγκη για ηλεκτρισμό προκειμένου να τροφοδοτηθούν και να λειτουργήσουν οι ηλεκτρικές συσκευές, καθώς επίσης και ο φωτισμός που κρίνεται αναγκαίος κατά διαστήματα της ημέρας και κυρίως κατά τις βραδινές ώρες, κατανάλωση που δείχνει να έχει τριπλασιαστεί στο υπό μελέτη διάστημα, καταλαμβάνοντας ολοένα και μεγαλύτερο μερίδιο στη συνολική κατανάλωση ενέργειας κτιρίων (9,8% αυξημένο σε σχέση με το 1990).

Διάγραμμα 7: Ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό τομέα ανά καύσιμο για την Ελλάδα από το 1990 έως το 2010 (ΚΑΠΕ, 2012).

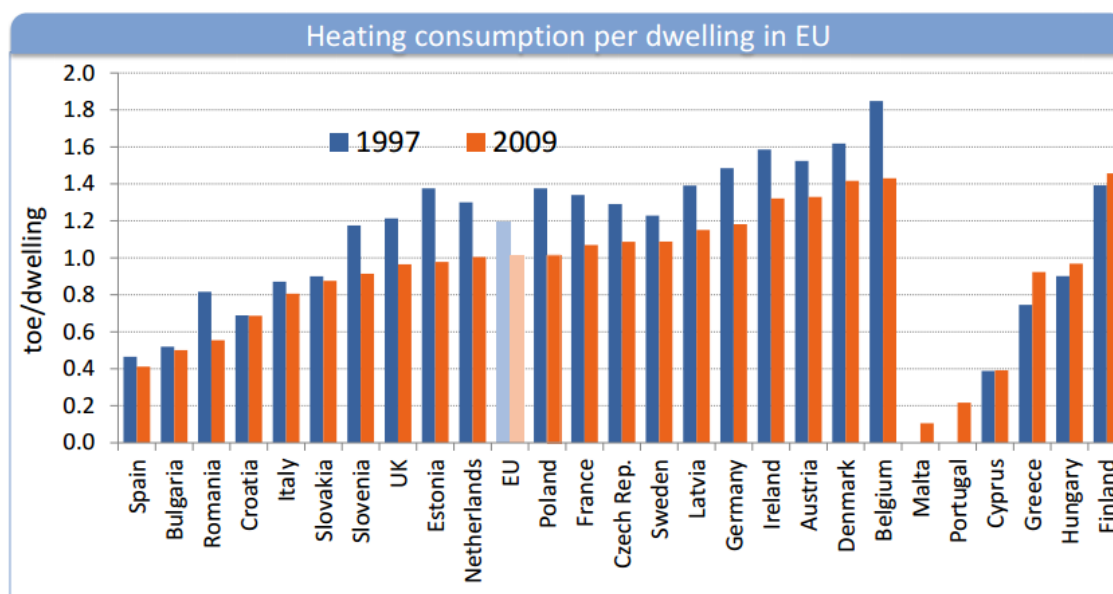


Ακολουθούν συγκριτικά διαγράμματα ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ της Ελλάδας και της υπόλοιπης Ευρώπης για το χρονικό διάστημα μεταξύ 2000 – 2011:

Διάγραμμα 8: 1.Κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό, 2.Κατανάλωση για θέρμανση χώρου σε νοικοκυριό, 3.Κατανάλωση σε κτίρια τριτογενή τομέα ανά εργαζόμενο (ΚΑΠΕ, 2012).



Διάγραμμα 9: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση χώρου ανά νοικοκυριό σε Ευρωπαϊκή επικράτεια (ΚΑΠΕ, 2012).



Από το διάγραμμα 9, γίνεται σαφές πως η Ελλάδα το έτος 2009 δείχνει να έχει μια αυξητική τάση κατανάλωσης ενέργειας για ανάγκες θέρμανσης χώρου στα νοικοκυριά σε σχέση με το 1990, όταν οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες δείχνουν μια προσπάθεια μείωσης αυτής της κατανάλωσης.

Συγκεκριμένα για την Ελλάδα, τι μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις φαίνεται να έχουν τα παλαιότερα οικοδομήματα της χώρας, με έτος κατασκευής πριν το 1980. Αργότερα, με τη μεσολάβηση και εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης, κατασκευάστηκαν κτίρια με χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις, αυστηρότερες προδιαγραφές και υλικά που απέτρεπαν την άσκοπη κατανάλωση και σπατάλη ενέργειας. Αυτό πρακτικά σημαίνει, πως ο κτιριακός πυρήνας της χώρας, έχει διπλάσιες ίσως και τριπλάσιες απαιτήσεις σε ενέργεια για τον κλιματισμό εντός των κτιρίων, όπως παρουσιάζεται σε σχετική μελέτη της ΕΣΥΕ (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2001) όπου καταγράφηκαν τέσσερα εκατομμύρια κτίρια εκ των οποίων το 70% εκτιμάται ότι δεν διαθέτει ούτε μόνωση, γεγονός που εντείνει ακόμα περισσότερο την ενεργειακή σπατάλη.

2.3.Θεσμικό πλαίσιο για την Εξοικονόμηση Ενέργειας

2.3.1. Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία

Η διεθνής επιστημονική κοινότητα, μετά από εντατικοποιημένη έρευνα, έχει προτείνει διάφορες δράσεις προκειμένου να ελεγχθεί και να μειωθεί η χρήση της ενέργειας και να εισαχθούν τεχνολογίες εξοικονόμησης και προτάσεις διαχείρισης. Για την υλοποίηση αυτών, έχει θεσπιστεί ένα σημαντικός αριθμός οδηγιών και νομοθετικών διατάξεων σε διάφορους τομείς, με κυριότερους τον κτιριακό τομέα και τον τομέα των Α.Π.Ε. Η ενεργειακή

κατανάλωση των κτιρίων είναι απαιτητική, έχει άμεση επίδραση στον άνθρωπο και τις δραστηριότητές του και πρέπει συνεπώς να έχει βέλτιστη τιμή σε θέματα θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού για την επίτευξη συνθηκών άνεσης με μικρό κόστος. Η ανάπτυξη των Α.Π.Ε. εντάσσεται σε ευρύτερους στόχους και πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης που συνδέονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, τη χάραξη κοινής εξωτερικής ενεργειακής πολιτικής, την τόνωση της ανταγωνιστικότητάς της στην παγκόσμια αγορά ενέργειας καθώς και τη σταδιακή επίτευξη της ενεργειακής της αυτονομίας. (Καραγκούνη, 2012) (Στέγγου-Σαγιά, 2013).

Στη συνέχεια ακολουθούν οι σημαντικότερες οδηγίες-νομοθετικές διατάξεις στην Ευρώπη και στην Ελλάδα, κατά χρονολογική σειρά.

Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων»

Η Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων» δημοσιεύτηκε στις 4 Ιανουαρίου του 2003 και έχει δεσμεύσει τα κράτη μέλη να την υιοθετήσουν από τις 4 Ιανουαρίου του 2006. Στόχοι της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων» (η οποία αναδιατυπώθηκε από την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19-5-2010) είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους. Συγκεκριμένα, θέτει τις απαιτήσεις για μια μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, καθορίζει ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση νέων και υφιστάμενων μεγάλων κυρίως κτιρίων, προδιαγράφει την πιστοποίηση και συνιστά την τακτική επιθεώρηση. Όταν τα κτίρια είναι άνω των 1000 μ², διερευνάται η δυνατότητα εγκατάστασης εναλλακτικών ενεργειακών συστημάτων.

Η οδηγία είναι προσανατολισμένη στα λειτουργικά κόστη του κτιρίου και η ενεργειακή συμπεριφορά που ελέγχεται περιλαμβάνει όλα τα είδη ενεργειακής κατανάλωσης (θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης, συσκευές). Σύμφωνα με αυτήν κάθε κατανάλωση πρέπει να εκφράζεται σε όρους πρωτογενούς ενέργειας. Όμως τα κράτη μέλη ενδεχομένως να θεωρήσουν διαφορετικές τιμές παράγοντα μετατροπής ενέργειας με αποτέλεσμα μη συγκρίσιμες αποδόσεις.

Η θετική συνεισφορά της οδηγίας είναι η επιβολή ελέγχου και συντήρησης των εγκαταστάσεων θέρμανσης-κλιματισμού, η δράση μείωσης της χρήσης της ενέργειας με τα παθητικά συστήματα, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το βέλτιστο σχεδιασμό των κτιρίων. Ο Οργανισμός Ευρωπαϊκής Τυποποίησης αναπτύσσει σύνολο προτύπων για τη διευκόλυνση των υπολογισμών με το ISO 13790.

Οδηγία 2006/32/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση κατά την τελική χρήση και τις Ενεργειακές Υπηρεσίες και για την κατάρτιση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου»

Η Οδηγία 2006/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 5-4-2006 «για την Ενεργειακή Απόδοση κατά την τελική χρήση και τις Ενεργειακές Υπηρεσίες και για την κατάρτιση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου» αποσκοπεί στην ενίσχυση της οικονομικώς αποτελεσματικής βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση στα κράτη μέλη με την παροχή κινήτρων, μηχανισμών και πλαισίων για την άρση υφιστάμενων φραγμών και ατελειών της αγοράς που παρεμποδίζουν την αποδοτική τελική χρήση της

ενέργειας καθώς και τη δημιουργία συνθηκών για την ανάπτυξη και προώθηση της αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών. Θέτει ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας στα κράτη-μέλη 9% για τα επόμενα εννέα χρόνια και επίσης υποχρεώνει τα κράτη-μέλη να εκπονήσουν σχέδια δράσης ενεργειακής απόδοσης (ΣΔΕΑ) ξεκινώντας από τις 30 Ιουνίου 2007.

Στην Ελλάδα, το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με το ζήτημα της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού τομέα, καλύπτεται από διάφορα μέτρα (κτιριοδομικούς και άλλους κανονισμούς) που εξελίχθηκαν από το 1975 έως σήμερα, ενώ μέχρι το 2008 ήταν σε ισχύ ο κανονισμός θερμομόνωσης του 1979.

Π.Δ. 1.6/4.7/1979 «Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων»

Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων αποτέλεσε πρωτοποριακή κίνηση για τα δεδομένα της εποχής και συνέβαλε σημαντικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα κτίρια. Ο κανονισμός αυτός αφορούσε στη θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους μέσω ελέγχων στα δομικά στοιχεία, στις κατακόρυφες επιφάνειες του ορόφου και στο συνολικό περίβλημα του κτιρίου. Ουσιαστικά μελετάται η προσθήκη μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου με σκοπό τη μείωση των θερμικών απωλειών μέχρι επιτρεπτών ορίων που καθορίζονται από την κλιματική ζώνη που βρίσκονται.

Κατά το έτος 1998, προκειμένου η Ελλάδα να συμμορφωθεί στην οδηγία 93/76/EK «για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂ με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων», προτάθηκε ο ΚΟΧΕΕ (Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας) ο οποίος δεν εφαρμόστηκε. Τα προτεινόμενα συμφωνούσαν με την οδηγία 2002/91/EK. Ο ΚΟΧΕΕ προέβλεπε διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων, πιστοποίηση και ενεργειακή κατάταξη κτιρίων.

Νόμος 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»

Οι βάσεις για τη διείσδυση των Α.Π.Ε. στο ελληνικό ενεργειακό χώρο τέθηκαν από τον Ν. 2244/1994 “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α’168). Ορίστηκαν σταθερές τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ, για το διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας, σε επίπεδο ίσο με το 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση. Ειδικά για τα νησιά, αφού δεν ανήκουν στο διασυνδεδεμένο σύστημα, προτάθηκε νέο τιμολογιακό σύστημα. Σύμφωνα με αυτό, η τιμολόγηση γίνονταν στο 90% του τιμολογίου γενικής χρήσης (χαμηλή τάση) και κατά το ίδιο έτος αντιστοιχούσε σε 0,08458 Ευρώ/kWh.

Νόμος 3175/2003 «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις»

Μέσω του Ν. 3175/2003 ορίστηκε ένα νέο πλαίσιο εντός του οποίου η γεωθερμία αποτελεί μορφή ανανεώσιμης ενέργειας που μπορεί να συνεισφέρει στη βιώσιμη ανάπτυξη. Έτσι, η γεωθερμία αποδεσμεύτηκε από τον χαρακτηρισμό της ως ορυκτού υπαγόμενου στις ρυθμίσεις του Ν. 210/1973 "Περί Μεταλλευτικού Κώδικος" (ΦΕΚ Α’277). Σκοπός του νόμου αυτού είναι η δημιουργία των προϋποθέσεων για την ορθολογική αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας. Ο Υπουργός Ανάπτυξης, με απόφασή του, μπορεί να ορίζει ότι το δικαίωμα διαχείρισης του γεωθερμικού δυναμικού κατισχύει του δικαιώματος εκμετάλλευσης άλλων μεταλλευτικών ή λατομικών ορυκτών, εφόσον κατά την κρίση του η

συγκεκριμένη εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού είναι μεγαλύτερης σημασίας για την εθνική οικονομία (άρθρο 1). Στην περίπτωση βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων εκμίσθώνεται το δικαίωμα διαχείρισης.

Η διαχείριση του γεωθερμικού πεδίου περιλαμβάνει το σύνολο των δραστηριοτήτων, χρήσεων και εφαρμογών που απαιτεί η ολοκληρωμένη ορθολογική αξιοποίησή του για γεωργική, οικιστική, βιοτεχνική, βιομηχανική και ηλεκτροπαραγωγική εκμετάλλευση. Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης ρυθμίζονται οι ειδικότεροι όροι και η διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος έρευνας και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της χώρας. Η εκμίσθωση και διαχείριση των πιθανών και βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων χαμηλής θερμοκρασίας διενεργείται από το Γενικό Γραμματέα Περιφέρειας ενώ η εκμίσθωση και διαχείριση μη ερευνημένων χώρων και των γεωθερμικών πεδίων υψηλής θερμοκρασίας διενεργείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης.

Νόμος 3468/2006 «Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις»

Ο Ν. 3468/2006 «Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ο οποίος τροποποιήθηκε με το ν.3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής») θέτει ως στόχο τη συμμετοχή της ηλεκτροπαραγωγής μέσω ΑΠΕ σε ποσοστό 20,1% για το έτος 2010 ενώ το 2020 να ανέλθει στο 29% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης. Ουσιαστικά, ο Ν. 3468/2006 ενσωματώνει στο εθνικό δίκαιο την Οδηγία 2001/77/ΕΚ και εν μέρει την Οδηγία 2004/8/ΕΚ. Επιδιώκεται η απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας για την κατασκευή και λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ και η μείωση του απαιτούμενου χρόνου χορήγησης αδειών.

Ν.3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων»

Με το νόμο Ν3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων», ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008, η ελληνική νομοθεσία εναρμονίζεται με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων», προβλέπεται η έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), ο οποίος εφαρμόζεται από το 2010 (Απόφαση αρ. Δ6/Β/οικ. 5825 Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. ΦΕΚ 407/9-4-2010) και σύμφωνα με τον οποίο τα κτίρια κατατάσσονται ανάλογα με την ενεργειακή του απόδοση. Διακρίνονται πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης και στη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 3) νέων και υφιστάμενων κτιρίων (άρθρα 4 και 5), στην έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 6), στις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού (άρθρα 7 και 8) και στην πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών (άρθρο 9). Το αναλυτικότερο πλαίσιο της μεθοδολογίας του ΚΕΝΑΚ παρουσιάζεται στη συνέχεια στο κεφάλαιο 2.3.2.

Νόμος 3851/2010, Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Στο νόμο 3851 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του

Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» (ΦΕΚ Α' 85), με το άρθρο 10 τροποποιούνται ρυθμίσεις του ν. 3661/2008. Επίσης τροποποιήθηκε το άρθρο 25 του Κτιριοδομικού Κανονισμού (ΦΕΚ 380/Δ/1997) ως προς τις απαιτήσεις εκπόνησης μελετών υδραυλικών και Η/Μ εγκαταστάσεων με την 49731/2010 υπουργική απόφαση ΥΠΕΚΑ (ΦΕΚ 498 ΑΑΠ/23.11.2010). Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΦΕΚ 362/4-7-79) που εφαρμόστηκε στην Ελλάδα για 30 χρόνια, καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε με τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας, στον οποίο επικαιροποιήθηκαν επί το αυστηρότερο τα όρια του συντελεστή θερμοπερατότητας U που έθετε ο παλιός κανονισμός. Η μελέτη θερμομονωτικής επάρκειας εντάχθηκε ως αναπόσπαστο τμήμα στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης που απαιτείται για κάθε νέο και ριζικώς ανακαινιζόμενο κτίριο σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.

Σύμφωνα με τις δεσμεύσεις για τα κράτη-μέλη της Ε.Ε. μέχρι το 2020, προβλέπεται:

- I. 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας [ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ]
- II. 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 [ΟΔΗΓΙΑ 2009/29/ΕΚ]
- III. 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Οι προβλεπόμενοι στόχοι για την Ελλάδα είναι η μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση, 40 % συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10% στις μεταφορές.

Νόμος 3855/2010 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις»

Με τις διατάξεις του παρόντος νόμου εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 5ης Απριλίου 2006 «για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της Οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου» (ΕΕ L 114/64). Ακόμα στοχεύει στην Εξοικονόμησης Ενέργειας (ανταγωνιστικότητα οικονομίας, ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, προστασία περιβάλλοντος), ρυθμίζει την αγορά των Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών, παρέχει πλαίσιο για εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο τομέα και συντονίζει την προώθηση των Πράσινων Δημόσιων Προμηθειών.

2.3.2. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)

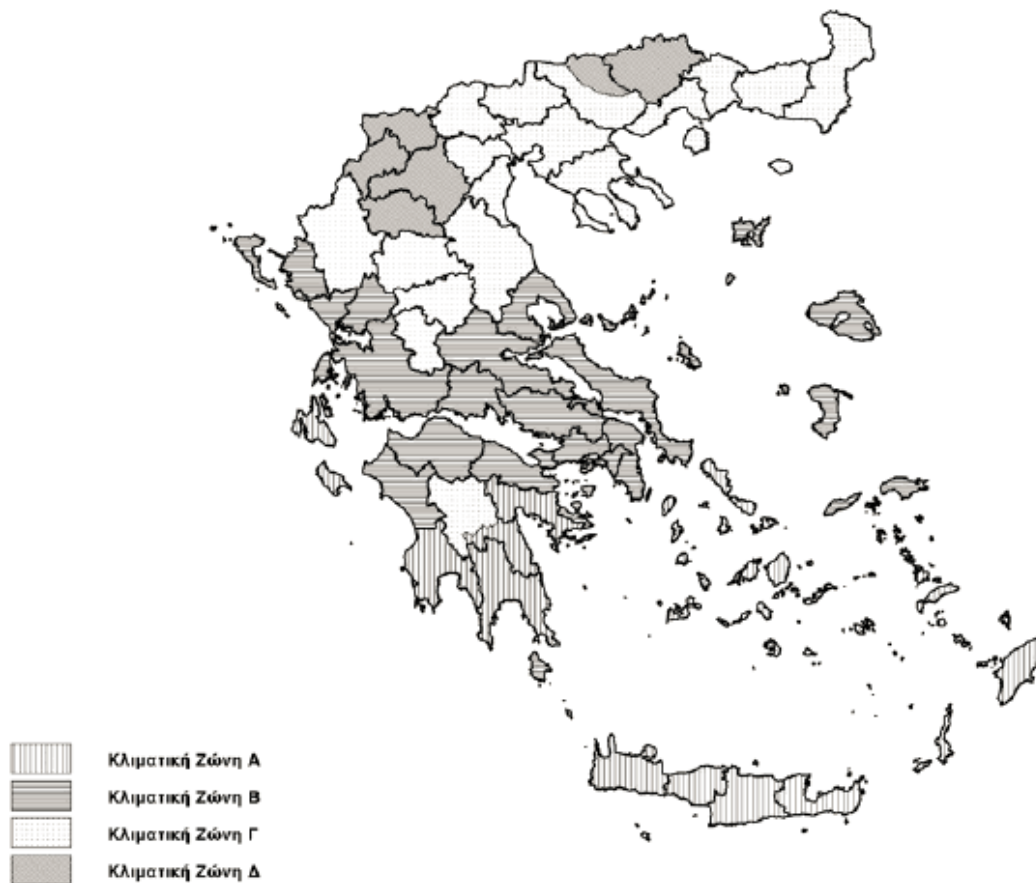
Σκοπός της παρούσας απόφασης αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

Στο πλαίσιο της μεθοδολογίας του ΚΕΝΑΚ (Απόφαση αρ. Δ6/Β/οικ. 5825 Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. ΦΕΚ 407/9-4-2010), καθορίζονται οι εθνικές προδιαγραφές για όλες τις παραμέτρους που απαιτούνται, η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοσή τους, ο τύπος και το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, τα αρμόδια για την εκπόνησή της πρόσωπα, η διαδικασία και η συχνότητα διενέργειας ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων, των λεβήτων, των εγκαταστάσεων θέρμανσης και των συστημάτων κλιματισμού, ο τύπος και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης που προβλέπεται στο άρθρο 6, η διαδικασία έκδοσής του, ο έλεγχος αυτής και τα προς τούτο αρμόδια όργανα, το ύψος της δαπάνης έκδοσής του και ο τρόπος υπολογισμού της, τυχόν πρόβλεψη κινήτρων για την εφαρμογή πρόσθετων μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, καθώς και κάθε άλλο ειδικότερο θέμα ή αναγκαία λεπτομέρεια. Στη συνέχεια παρατίθενται σημαντικά μέρη από τα επιμέρους άρθρα του κανονισμού.

Στο άρθρο 4 αναφέρονται τα στοιχεία που περιλαμβάνονται για τη μεθοδολογία υπολογισμού για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων με βάση την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Μεταξύ αυτών είναι η χρήση του κτιρίου, οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου, τα γεωμετρικά και θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων για ΘΨΚ, αερισμό, ΖΝΧ και φωτισμό για κτίρια του τριτογενή τομέα και τα παθητικά ηλιακά συστήματα.

Σύμφωνα με το άρθρο 5, για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων προτύπων όπως απεικονίζονται στους Πίνακες του Παραρτήματος 1 της απόφασης Δ6/Β/οικ. 5825. Οι παράμετροι υπολογισμού καθορίζονται από τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής και ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης του κτιρίου και σύμφωνα με τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.), οι οποίες εγκρίνονται με απόφαση Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΠΕΚΑ) και επικαιροποιούνται κατά περίπτωση, σύμφωνα με τις εθνικές απαιτήσεις και εξελίξεις.

Το άρθρο 6 αφορά τον διαχωρισμό των κλιματικών ζωνών στην Ελλάδα. Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι το υψόμετρο επιδρά σημαντικά στην κλιματική κατάταξη μιας περιοχής και ο ΚΕΝΑΚ λαμβάνει υπόψη τη συγκεκριμένη παράμετρο, προκειμένου να αποτυπώσει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του.



Χάρτης 4: Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας (KENAK).

Το άρθρο 7 αφορά τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Για το αποτέλεσμα της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου πραγματοποιείται μια σύγκριση ανάμεσα στο υπό μελέτη κτίριο και στο κτίριο αναφοράς, το οποίο δημιουργεί το λογισμικό που χρησιμοποιείται, με βάση τις προδιαγραφές του KENAK. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ικανοποιούνται όταν το κτίριο πληροί όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές που περιγράφονται στο άρθρο 8 του KENAK και:

- I. είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μικρότερη από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, ή ίση με αυτήν.
- II. είτε το εξεταζόμενο κτίριο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Το «κτίριο αναφοράς» καθορίζεται να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη κτήριο. Συγκεκριμένα, θεωρείται πως έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό.

Στο άρθρο 8 γίνεται αναφορά των ελάχιστων προδιαγραφών των κτιρίων (οι οποίες προκύπτουν από σχετική ΤΟΤΕΕ), ως προς το σχεδιασμό (κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων, ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός παθητικού ηλιακού συστήματος, ηλιοπροστασία κ.α.), ως προς το κτιριακό κέλυφος (θερμικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων, συντελεστές θερμοπερατότητας) και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (πάχος θερμομόνωσης δικτύου διανομής και αεραγωγού διανομής κ.τ.λ.)

Η αναφορά για τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιρίου αναφοράς γίνεται στο άρθρο 9. Συγκεκριμένα, σε συνδυασμό με τη σχετική ΤΟΤΕΕ, αναφέρονται τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και η θερμομόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Η/Μ εγκαταστάσεων όπως της κεντρικής θέρμανσης, της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού, των τερματικών μονάδων κεντρικής θέρμανσης και κλιματισμού, των δικτύων διανομής θέρμανσης-ψύξης, των συστημάτων Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) κ.α.

Σχετικά με τη μελέτη της ενεργειακής απόδοσης, τα άρθρα 10 και 11 αποδίδουν αναλυτικά το σκοπό και περιεχόμενο αυτής. Μεταξύ αυτών αναφέρεται ότι η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης:

1. Τεκμηριώνει ότι το κτίριο ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις, όπως αυτές ορίζονται στο άρθρο 7 .
2. Αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης, σύμφωνα με το άρθρο 13 του ν. 3661/2008. Εφ' εξής οι υπολογισμοί για τη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους περιλαμβάνονται στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, όπως καθορίζεται στην παράγραφο 2 του άρθρου 8 και με σχετικές Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου υπολογίζονται, σύμφωνα με τη μεθοδολογία του κεφαλαίου Β', οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση: θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, ZNX, συμπεριλαμβανομένου του φωτισμού για κτίρια του τριτογενούς τομέα.

Για τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια, πρέπει να εκπονείται και να υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία μελέτη τεχνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής σκοπιμότητας, που συνοδεύει την ενεργειακή μελέτη, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 2 του άρθρου 4 του ν. 3661/08.

Τέλος, στο τεύχος της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου περιλαμβάνονται τα αναλυτικά αποτελέσματα των υπολογισμών με σαφή αναφορά των μονάδων μέτρησης των μεγεθών, όπως:

1. Θερμικές απώλειες κελύφους και αερισμού. Ηλιακά και εσωτερικά κέρδη κλιματιζόμενων χώρων.
2. Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ZNX, φωτισμός), ανά θερμική ζώνη και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.).
3. Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ZNX, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του Άνθρακα.

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του ΚΕΝΑΚ, η μεθοδολογία υπολογισμών για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων βασίζεται σε Ευρωπαϊκά πρότυπα.

Όσον αφορά τις κατηγορίες και το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (άρθρα 13 και 14), βάσει της τελικής ανηγμένης σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης του κτιρίου, καθορίζεται και η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσής του και εκδίδεται το «πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου - Π.Ε.Α». Οι κατηγορίες ενεργειακής ταξινόμησης των κτιρίων δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ο δείκτης RR είναι ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (RR) και αποτελεί το κριτήριο για την κατάταξη του κτιρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης. Για να θεωρείται ενεργειακά αποδεκτό ένα κτίριο, πρέπει να βρίσκεται έως την κατηγορία Β (Πίνακας 1).

Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου εκδίδεται από ενεργειακούς επιθεωρητές, κατά τα οριζόμενα στον Κανονισμό, και ισχύει, κατά ανώτατο όριο, για δέκα (10) έτη. Εάν στο κτίριο γίνει ριζική ανακαίνιση ή προσθήκη σε έκταση που επηρεάζει την ενεργειακή απόδοσή του, η ισχύς του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου λήγει κατά το χρόνο ολοκλήρωσης της ανακαίνισης ή της προσθήκης, πριν παρέλθει το διάστημα των δέκα (10) ετών. Το πιστοποιητικό περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τιμές αναφοράς, όπως ισχύουσες νομικές απαιτήσεις και κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης, ώστε να επιτρέπει στους καταναλωτές να συγκρίνουν και να αξιολογούν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Το πιστοποιητικό συνοδεύεται από συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, σε σχέση με το κόστος που μπορεί αυτή να συνεπάγεται.

Πίνακας 1: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (ΚΕΝΑΚ).

| Κατηγορία | Όρια κατηγορίας | Όρια κατηγορίας |
|-----------|-----------------------------|----------------------|
| A+ | $EP \leq 0,33R_R$ | $T \leq 0,33$ |
| A | $0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$ | $0,33 < T \leq 0,50$ |
| B+ | $0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$ | $0,50 < T \leq 0,75$ |
| B | $0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$ | $0,75 < T \leq 1,00$ |
| Γ | $1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$ | $1,00 < T \leq 1,41$ |
| Δ | $1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$ | $1,41 < T \leq 1,82$ |
| E | $1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$ | $1,82 < T \leq 2,27$ |
| Z | $2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$ | $2,27 < T \leq 2,73$ |
| H | $2,73R_R < EP$ | $2,73 < T$ |

Για την υποστήριξη της εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ το Τ.Ε.Ε. συνέταξε 4 Τεχνικές Οδηγίες (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) οι οποίες εγκρίθηκαν με την οικ. 17178/2010 Απόφαση Υπουργού ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β' 1387):

1. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και της έκδοσης του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

2. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων.
3. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών.
4. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-4/2010 Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων και λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

2.4.Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ΑΠΕ

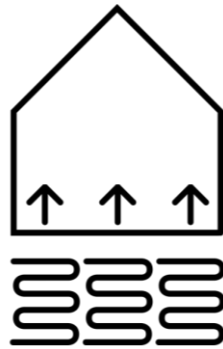
Πλεονεκτήματα:

- Το σημαντικότερο ίσως πλεονέκτημα των ΑΠΕ έναντι συμβατικών καυσίμων είναι η φιλικός τους χαρακτήρας προς το περιβάλλον, με μηδενικά ουσιαστικά κατάλοιπα και απόβλητα
- Βρίσκονται σε απόθεμα ως φυσικά διαθέσιμα, πράγμα που σημαίνει ότι δεν εξαντλούνται, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Είναι ικανές να συμβάλλουν στην ενεργειακή αυτάρκεια όλων των χωρών, μικρών και μεγάλων, ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων.
- Πρόκειται για ευέλικτες εφαρμογές που είναι σε θέση να παράγουν ενέργεια ανάλογη της κάθε φορά ζήτησης σε σχέση με τις ανάγκες του εκάστοτε πληθυσμού.
- Έχουν τοπικό χαρακτήρα, κάτι που πρακτικά σημαίνει ότι καταργούν τις ανάγκες για μεγάλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, καθώς και την μεταφορά ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Πρόκειται για απλό εξοπλισμό, υψηλής τεχνολογίας, ενώ η κατασκευή και η συντήρησή τους είναι έργα προσιτά και διαρκούν σε βάθος χρόνου.
- Υπάρχει σε πολλές περιπτώσεις κρατική επιχορήγηση για εγκατάσταση και λειτουργία ΑΠΕ, καθώς είναι στο πλαίσιο της πράσινης γραμμής ανάπτυξης που ακολουθεί και υπηρετεί η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Μειονεκτήματα:

- Λόγω του μικρότερου συντελεστή απόδοσης που έχουν (σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα) απαιτείται μεγαλύτερο αρχικό κόστος εφαρμογής και σε πολλές περιπτώσεις μεγάλες απαιτήσεις σε χώρο. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας και όχι κύριες μονάδες παραγωγή ενέργειας για μεγάλα αστικά κέντρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3



Γεωθερμία – Η Μορφή Ενέργειας

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – Η ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1.Γεωθερμική Ενέργεια

3.1.1. Γενικά – Ιστορικά στοιχεία

Είναι γνωστές οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας εδώ και χιλιάδες χρόνια, με χαρακτηριστικότερη εκ των οποίων την λουτροθεραπεία. Από την αρχαία κίολας Ρώμη, ήταν ευρέως γνωστά τα ιαματικά λουτρά, παρόμοια αρχαία μνημεία έχουν βρεθεί και στην Ελλάδα, τα οποία λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας που είχαν συγκριτικά με το συμβατικό νερό, αλλά και επειδή ήταν πλούσια σε μέταλλα, θεωρούνται θεραπευτικά. Σήμερα η γεωθερμική ενέργεια έχει βρει πολλές και διαφορετικές εφαρμογές. Τον περασμένο αιώνα ακόμα, στην Ιταλία έγινε προσπάθεια για χρήση της γεωθερμικής ενέργειας προς παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ μερικές δεκαετίες αργότερα η γεωθερμία χρησιμοποιήθηκε για θέρμανση σπιτιών αλλά και για βιομηχανική επεξεργασία. Στις μέρες μας, η τεχνολογία εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας, γνωρίζει ιδιαίτερη εξέλιξη τόσο για ηλεκτροπαραγωγή όσο και για ανάγκες θέρμανσης – ψύξης.

3.1.2. Γεωθερμική Ενέργεια

Ο όρος γεωθερμία αναφέρεται στην ενέργεια που προέρχεται από τα επιφανειακά ή βαθύτερα στρώματα των γεωλογικών σχηματισμών και του υπογείου ή επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα της γης. Απλούστερα ο όρος αυτός αναφέρεται στη θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η ενέργεια αυτή χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- A. την ενέργεια που προέρχεται από τα επιφανειακά στρώματα της γης και ονομάζεται «αβαθής γεωθερμία»,
- B. την ενέργεια που προέρχεται από τα έγκατά της και ονομάζεται «γεωθερμικό δυναμικό».

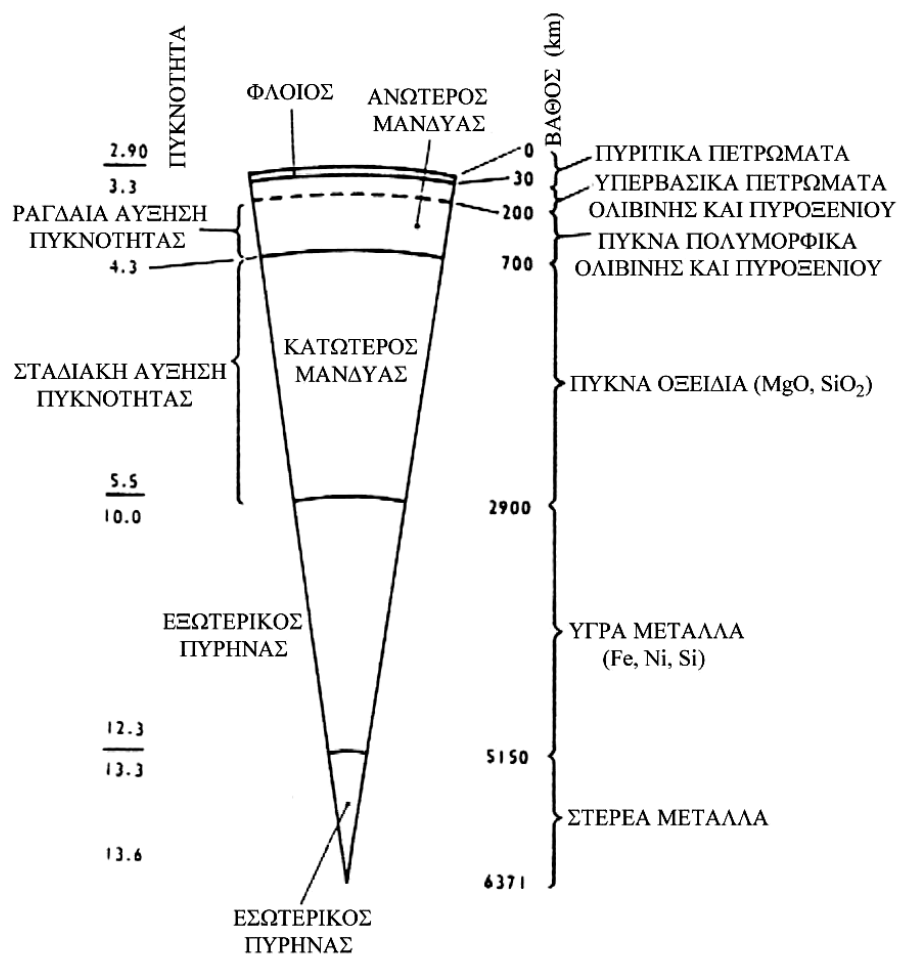
Στη συγκεκριμένη εργασία η έννοια Γεωθερμία αναφέρεται στην εκμετάλλευση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης, από όπου με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (heat pump) επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές.

Πρόκειται για μια πολύ σημαντική και σε μεγάλο βαθμό ανανεώσιμη πηγή ενέργειας προερχόμενη από το εσωτερικό της γης. Είναι με άλλα λόγια η εκμετάλλευση της θερμοκρασίας του γήινου φλοιού, γεγονός που την κατατάσσει μεταξύ των ΑΠΕ, μιας και πρόκειται για εκμετάλλευση κάποιου φυσικού διαθεσίμου χωρίς να τίθεται θέμα φυσικών αποθεμάτων. Η γεωθερμική ενέργεια εμπεριέχεται σε επιφανειακούς ή υπόγειους ατμούς, με ή χωρίς αέρια, σε θερμά νερά ή σε μίγματα αυτών, καθώς και σε θερμά ή ξηρά πετρώματα και είναι αποτέλεσμα του φυσικού σχηματισμού του πλανήτη πριν από 4,6 δις χρόνια καθώς και της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η γη στο εσωτερικό της είναι αρκετά πιο θερμή συγκριτικά με τον εξωτερικό της φλοιό. Η αύξηση της γήινης θερμοκρασίας συναρτήσει του βάθους σε κανονικές συνθήκες είναι περίπου σταθερή και καλείται γεωθερμική βαθμίδα, η οποία στα πρώτα κίλως χιλόμετρα της λιθόσφαιρας κυμαίνεται μεταξύ 20° και 50° C/km, με μέση τιμή περίπου 33° C/km.

3.1.3. Γεωλογικό Υπόβαθρο

Η μετάδοση της θερμικής ενέργειας γίνεται από τα θερμότερα στα ψυχρότερα γήινα στρώματα, είτε με θερμική αγωγιμότητα, είτε με την κατακόρυφη κίνηση των ρευστών, ενώ υπάρχουν και τα ηφαιστειακά και υδροθερμικά φαινόμενα, που περιορίζονται ωστόσο στα όρια των λιθосφαιρικών πλακών (γεωθερμικά πεδία).

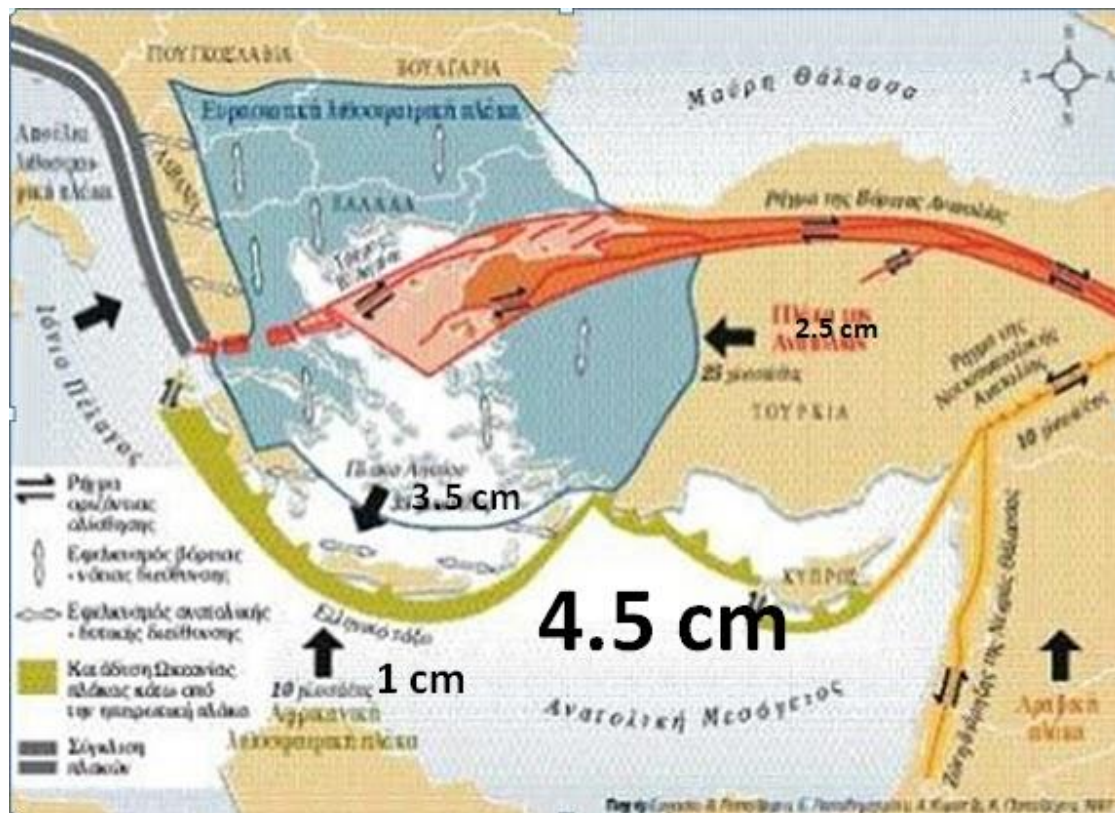


Εικόνα 5: Σχηματική τομή του εσωτερικού της γης (Κορωνάιος Χ. – Διδακτικές σημειώσεις ΑΠΕ).

Όπως φαίνεται και στο ανωτέρω σχήμα, ο πυρήνας της γης βρίσκεται σε βάθος περίπου 6371 km με θερμοκρασία που αγγίζει τους 4000° C, ενώ οι θερμοκρασίες του μανδύα που βρίσκεται εξωτερικότερα του εξωτερικού πυρήνα φτάνουν τους 1200° – 1500° C. Ο μανδύας της γης περιέχει υδροθερμικά υγρά τα οποία κινούνται συνεχώς και είναι η κινητήριος δύναμη των λιθосφαιρικών τεκτονικών πλακών που αποτελούν το φυσικό όριο φλοιού –

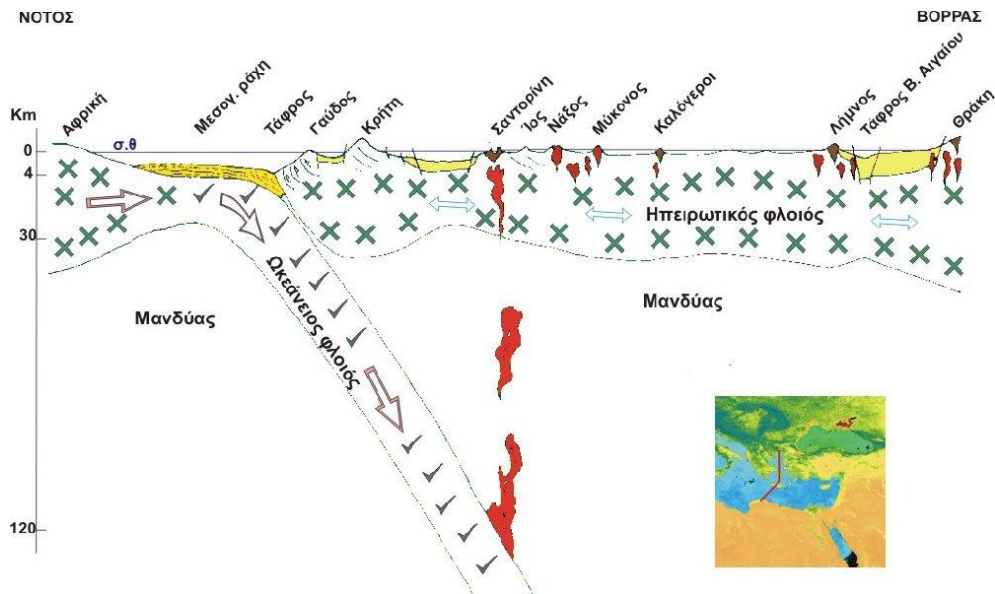
μανδύα. Εκεί όπου οι τεκτονικές πλάκες συγκλίνουν, εμφανίζονται φαινόμενα υποβύθισης και δημιουργία ηφαιστείων με την λάβα να φθάνει στην γήινη επιφάνεια, ενώ εκεί όπου υπάρχει απόκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών τα λιωμένα υλικά του μανδύα χύνονται στον εξωτερικό φλοιό.

Στον Ελλαδικό χώρο, απαντά η περίπτωση την σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών. Η Ελλάδα ανήκει στην Ευρασιατική τεκτονική πλάκα, ενώ η Αφρική ανήκει στην Αφρικανική πλάκα. Λόγω της κινητικότητας των ρευστών στο εσωτερικό του μανδύα, κινούνται και οι αντίστοιχες πλάκες, με αποτέλεσμα την σύγκλιση και υποβύθιση της μιας κάτω από την άλλη. Συγκεκριμένα, η Ευρασιατική πλάκα κινείται με ταχύτητα 3,5 cm/έτος με κατεύθυνση N-ΝΔ, ενώ η Αφρικανική πλάκα υποβυθίζεται κάτω από την προηγούμενη με ταχύτητα ίση με 1 cm/έτος με την υποβύθιση να λαμβάνει χώρα νοτιότερα της Κρήτης, όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί.



Χάρτης 5: Σχηματικός χάρτης αναπαράστασης της υποβύθισης μεταξύ Ευρασιατικής και Αφρικανικής πλάκας (Παπαζάχος, 2001).

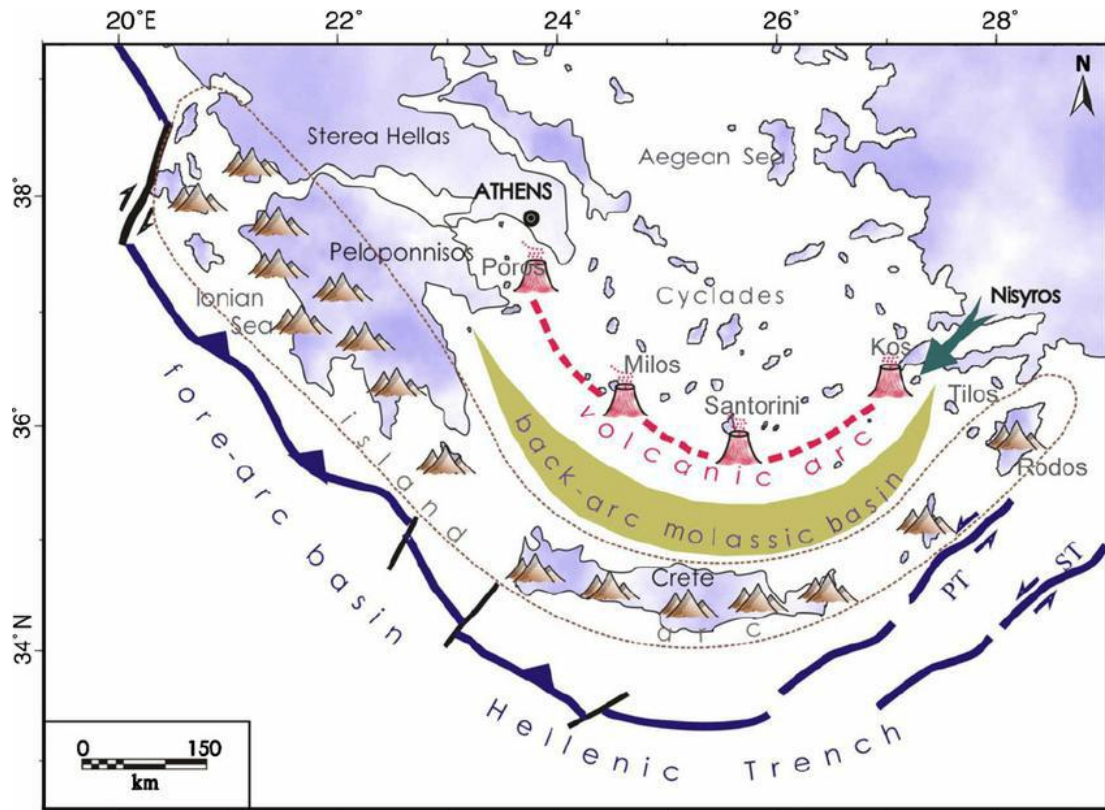
Στο σημείο της σύγκλισης και υποβύθισης των δύο πλακών, δημιουργείται το λεγόμενο Ελληνικό ηφαιστειακό τόξο, το οποίο εκτείνεται από το Σουσάκι της Κορινθίας έως νοτιοανατολικά της Κω, συμπεριλαμβάνοντας μεταξύ αυτών τα Μέθανα, τη Μήλο, την Κίμωλο, τη Σαντορίνη και τη Νίσυρο (Φυτίκας, 1980). Ακολούθως παρατίθεται ο μηχανισμός δημιουργίας- λειτουργίας του ηφαιστειακού τόξου:



Σχήμα 3: Γεωλογική τομή - απεικόνιση μηχανισμού δημιουργίας του Ελληνικού ηφαιστειακού τόξου (IGME).

Σύμφωνα με την ανωτέρω σχηματική τομή με διεύθυνση Β-ΝΝΔ, ο ηπειρωτικός Αφρικανικός φλοιός υποβυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική πλάκα, δημιουργώντας διαδοχικές τεκτονικές δομές, με τη σειρά που ενδείκνυνται και στο παραπάνω σχήμα. Στο μέτωπο της υποβύθισης λόγω υψηλού συμπιεστικού πεδίου, δημιουργείται η τάφρος, βορειότερα της οποίας σχηματίζεται το ελληνικό ορογενετικό τόξο που διατηρεί την γωνιώδη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ & ΝΔ-ΒΑ. Εσωτερικότερα προς την ενδοχώρα – βορειότερα – σχηματίζεται η οπισθοτάφρος λόγω του εντατικού πεδίου που δημιουργείται από την κίνηση της μικροπλάκας του Αιγαίου σε συνδυασμό με την κινητική δραστηριότητα του ρήγματος της Ανατολίας. Τέλος, ο φλοιός που καταβυθίζεται κάτω από την υπερκείμενη Ευρασιατική πλάκα, φτάνοντας σε βάθος 120 km, λόγω υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται μέσα στο μανδύα, τήκεται και το υλικό αυτό ανέρχεται στην επιφάνεια της γης, διαπερνώντας τον φλοιό και σχηματίζοντας ηφαίστεια (στην περίπτωση της Ελλάδας ηφαιστειακό τόξο).

Απόρροια της παραπάνω διαδικασίας είναι η δημιουργία και διατήρηση της σημερινής δομής της Ελλάδας, με το νησιωτικό τόξο και το ηφαιστειακό τόξο, όπως αναλύθηκαν ανωτέρω και συνοψίζονται στην ακόλουθη σχηματική αναπαράσταση:



Σχήμα 4: Σχηματικός χάρτης Ελληνικού ορογενετικού και ηφαιστειακού τόξου Ελλάδος (Παπανικολάου & Νομικού, 2011).

3.2. Γεωθερμικά Πεδία

3.2.1. Σχηματισμός Γεωθερμικού Πεδίου

Όταν γίνεται λόγος για γεωθερμικά ρευστά, εννοούνται τα μίγματα νερού, ατμού και φυσικών αερίων, εκ' των οποίων προς οικονομική αξιοποίηση διατίθενται μόνο όσα βρίσκονται σε βάθος μέχρι 3.000 m. Ρευστά με θερμοκρασία $<100^{\circ}\text{C}$, χαρακτηρίζονται ως ρευστά χαμηλής ενθαλπίας και δεν περιέχουν ατμό, αλλά νερό και λίγα ως καθόλου φυσικά αέρια.

Οι περιοχές που εμφανίζονται γεωθερμικά ρευστά σε ικανοποιητικές ποσότητες, θερμοκρασίες και βάθη καλούνται γεωθερμικά πεδία. Συχνά χρησιμοποιείται ο όρος «κοίτασμα» για τον χαρακτηρισμό ενός γεωθερμικού πεδίου, όρος που ωστόσο είναι αδόκιμος, μιας και το κοίτασμα είναι εξαντλήσιμο, ενώ το γεωθερμικό πεδίο θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Για τη δημιουργία ενός γεωθερμικού πεδίου πρέπει να ισχύουν τα κάτωθι:

- I. Να υπάρχει συνεχής τροφοδοσία των ρευστών:

Συγκεκριμένα τα γεωθερμικά συστήματα πρέπει να είναι διαρκώς ανοικτά προκειμένου να αναπληρώνεται το θερμό ρευστό που διαφεύγει συνεχώς. Τέτοια ρευστά είναι:

- Μετεωρικό νερό: αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό των γεωθερμικών ρευστών. Πρόκειται για νερό της βροχής ή νερό από την τήξη χιονιού.
- Μαγματικό νερό: κατά τις διαδικασίες πήξης ή κρυστάλλωσης της μαγματικής ύλης, απελευθερώνεται υπό τη μορφή υδρατμών.
- Μεταμορφικό νερό: που προκύπτει από την ανακρυστάλλωση υδρομεταλλικών ενώσεων κατά την διαδικασία της μεταμόρφωσης.

II. Υπαρξη διόδων ανόδου:

Κατά την είσοδό τους στο εσωτερικό του φλοιού, τα ρευστά ακολουθούν καθοδική πορεία λόγω βαρύτητας. Φθάνοντας στο κατάλληλο βάθος, θερμαίνονται, αποκτούν μικρότερο ειδικό βάρος και πλέον αναζητούν διόδους προς την γήινη επιφάνεια.

III. Υπαρξη περατού – πορώδους πετρώματος:

Πορώδη καλούνται τα πετρώματα στο πλέγμα των οποίων υπάρχουν κενά – πόροι. Η ύπαρξη ή μη πορώδους πετρώματος επιδρά καταλυτικά στη ροή του γεωθερμικού ρευστού, καθώς το ρευστό εισέρχεται σε πορώδη πετρώματα και μέχρι να τα διαπεράσει και να διαφύγει μέσω αυτού, θερμαίνεται. Τέτοια πετρώματα ονομάζονται γεωθερμικοί ταμιευτήρες και αποτελούν τον κύριο στόχο μιας γεωθερμικής εκμετάλλευσης.

IV. Διαπερατότητα:

Αναφέρεται στην ιδιότητα του γεωθερμικού ρευστού να διαπερνά πετρώματα.

Όπως προαναφέρθηκε, τα ρευστά έχουν την τάση αφού θερμανθούν να ανέλθουν προς την επιφάνεια της γης προκειμένου να εκτονωθούν. Εάν συναντήσουν κατά την άνοδό τους κάποιο στεγανό πέτρωμα – αδιαπέρατο γεωλογικό σχηματισμό – πάνω από τον ταμιευτήρα, εγκλωβίζονται. Λόγω της υψηλής και ταχείας κυκλοφορίας των ρευστών μέσα στον ταμιευτήρα υπάρχει νερό υπό συνθήκες αυξημένης πίεσης και θερμοκρασίας. Με τη βοήθεια των γεωτρήσεων δίνεται η ζητούμενη διέξοδος προς τα γεωθερμικά ρευστά να ανέβουν στην επιφάνεια (συνοδευόμενα από πίεση και θερμική ενέργεια), αλλά με τρόπο ελεγχόμενο.

3.2.2. Κατηγορίες Γεωθερμικών Πεδίων

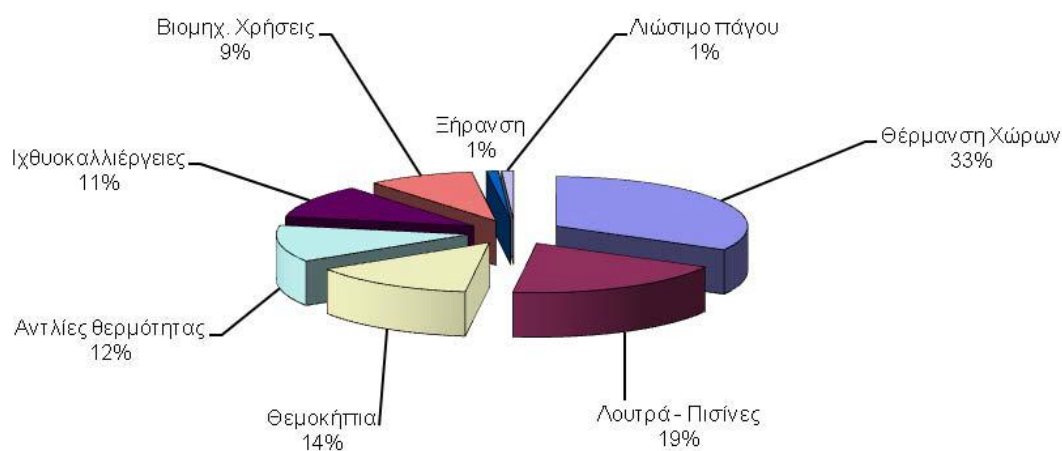
Τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται σε 3 τύπους, ανάλογα με την αξιοποίηση που προσφέρονται :

Γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας: Ως υψηλής ενθαλπίας χαρακτηρίζονται τα ρευστά εκείνα με θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 150° C. Πρόκειται για υπέρθερμους ξηρούς ή υγρούς ατμούς ή μίγμα αυτών και βρίσκουν πρακτική εφαρμογή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Γεωθερμία μέσης ενθαλπίας: Ως μέσης ενθαλπίας χαρακτηρίζονται τα ρευστά που κυμαίνονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 80° και 150° C. Ο συγκεκριμένος τύπος γεωθερμίας βρίσκει εφαρμογή ενίοτε σε ηλεκτροπαραγωγή, αλλά κατά κύριο λόγο σε τηλεθέρμανση.

Γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας: Σε αυτή την κατηγορία συγκαταλέγονται ρευστά με θερμοκρασίες μεταξύ 25° και 80° C. Πρόκειται για τα γεωθερμικά ρευστά που βρίσκονται σε μεγαλύτερη αφθονία συγκριτικά με τις υπόλοιπες δυο κατηγορίες και σε βάθη που τα καθιστούν εύκολα οικονομικά εκμεταλλεύσιμα. Κυριότερη χρήση της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας είναι η θέρμανση – ψύξη κτιρίων.

Διάγραμμα 10: Χρήσεις γεωθερμίας σε παγκόσμιο επίπεδο για το έτος 1995 (Κορωναίος Χ.).



3.3.Γεωθερμικά Συστήματα

Προκειμένου να καταστεί αξιοποιήσιμη η γεωθερμική ενέργεια, ορίζεται ένα σύστημα με διακριτά και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, μέσα στο οποίο είναι αποθηκευμένη και το οποίο καλείται γεωθερμικό σύστημα. Γεωθερμικά συστήματα απαντούν σε περιορισμένους χώρους στον ανώτατο γήινο φλοιό και στο εσωτερικό τους υπάρχει κινούμενο νερό που μεταφέρει θερμότητα από μια πηγή σε μια δεξαμενή θερμότητας (ελεύθερη επιφάνεια). Τα συστατικά στοιχεία ενός γεωθερμικού συστήματος είναι η εστία θερμότητας, ο ταμιευτήρας και το γεωθερμικό ρευστό που λειτουργεί ως το μέσο μεταφοράς της θερμότητας (Καρυδάκης, 2005).

Τα γεωθερμικά συστήματα ταξινομούνται σε κατηγορίες με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά που κατατάσσουν και κατηγοριοποιούν τα γεωθερμικά συστήματα είναι:

- Το είδος των γεωθερμικών πόρων:
 - Υδροθερμικά συστήματα ή πόρους
 - Αβαθής γεωθερμία
 - Προχωρημένα γεωθερμικά συστήματα

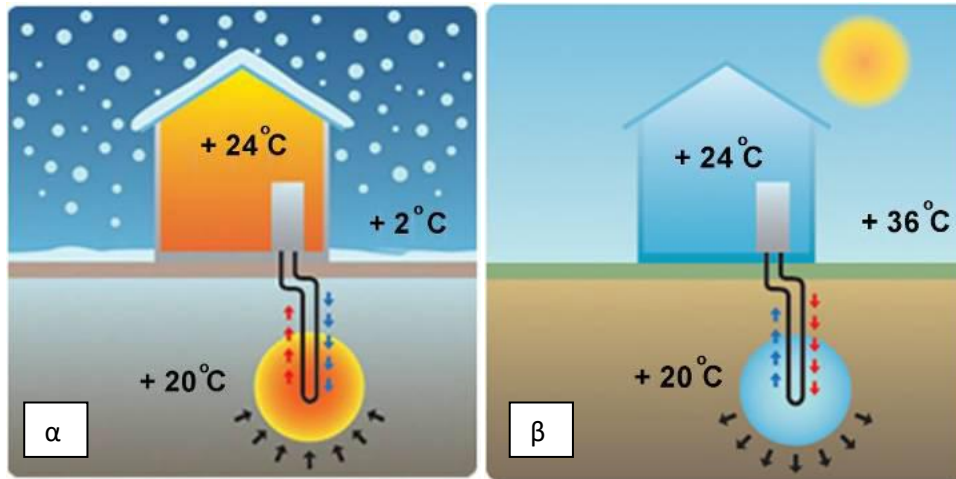
- Γεωπεπισμένα συστήματα
- Μαγματικά συστήματα
- Ο τύπος των ρευστών και η θερμοκρασία αυτών:
 - Συστήματα υψηλής ενθαλπίας
 - Συστήματα μέσης ενθαλπίας
 - Συστήματα χαμηλής ενθαλπίας
- ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα γεωθερμικά ρευστά,
- το είδος της εστίας θερμότητας, και
- η κυκλοφορία ή μη ρευστών στον ταμιευτήρα.

3.4.Αβαθής Γεωθερμία

Η αβαθής γεωθερμία αποτελεί την πλέον συνηθέστερη και ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή γεωθερμικής ενέργειας. Πρόκειται για την αποθηκευμένη θερμότητα των υπογείων πετρωμάτων μικρού βάθους και ρευστών με θερμοκρασίες μικρότερες των 25° C (Ανδρίτσος, Αρβανίτης, Κολιός, Κουτσινός, 2003). Παρά την μικρή απόσταση της από την γήινη επιφάνεια, η αβαθής γεωθερμική ενέργεια, χαρακτηρίζεται από σταθερότητα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, καθώς δεν επηρεάζεται από θερμοκρασιακές και μετεωρολογικές διακυμάνσεις που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της γης. Άλλο ένα χαρακτηριστικό που καθιστά την αβαθή γεωθερμία ταχύτερα αναπτυσσόμενη κυρίως στον κτιριακό τομέα για θέρμανση – ψύξη, είναι πως το έδαφος αποτελεί έναν αποδέκτη μη κορεσμένο, με θερμοκρασία αρκετά κοντά στην επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου ή μιας κατοικίας.

Αυτή την ιδιότητα του εδάφους έρχεται να εκμεταλλευτεί η αβαθής γεωθερμία που αξιοποιεί τη γη ως μια αποθήκη θερμότητας τους χειμερινούς μήνες και ως αποθήκη ψύξης τους καλοκαιρινούς, καλύπτοντας της ανάγκες των κτιρίων για θέρμανση και κλιματισμό, με μια ενέργεια που βρίσκεται σε αφθονία στον γήινο φλοιό και αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Η διατήρηση της θερμοκρασίας αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την διάρκεια του καλοκαιριού ο ήλιος ζεσταίνει την επιφάνεια του εδάφους, το οποίο απορροφά στο βάθος την θερμότητα που του παρέχεται, ενώ στη διάρκεια του χειμώνα η ίδια επιφάνεια ψύχεται και αφαιρεί θερμότητα από εκείνη που είχε συσσωρευτεί στο υπέδαφος. Αυτό όμως γίνεται πολύ αργά και με μεγάλη διαφορά φάσης, έτσι ώστε ενώ στην επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία παρουσιάζει σημαντική διακύμανση, όσο προχωρούμε σε βάθος η διακύμανση αυτή στη διάρκεια ενός έτους γίνεται μικρότερη και ουσιαστικά κάτω από τα 5 μ. σχεδόν εξαφανίζεται.



Εικόνα 6: α. Αξιοποίηση γεωθερμίας κατά τους χειμερινούς μήνες - β. Αξιοποίηση γεωθερμίας κατά τους θερινούς μήνες (Cyprus Energy Agency).

3.4.1. Πλεονεκτήματα Αβαθούς Γεωθερμίας

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας παρατίθενται ακολούθως:

1. Πρόκειται για ενέργεια καθαρή και φιλική προς το περιβάλλον.
2. Είναι ενέργεια που διατίθεται σε οποιοδήποτε σημείο της γης, σε αντίθεση με την εκμετάλλευση γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας που μπορεί μόνο να εκμεταλλευτεί σε βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο.
3. Βρίσκει εφαρμογή τόσο στην θέρμανση – ψύξη του εσωτερικού των κτιρίων, όσο και στο ζεστό νερό χρήσης (ZNX).
4. Προσφέρει εξοικονόμηση της τάξης του 70% - 75% συγκριτικά με άλλες συμβατικές τεχνολογίες.
5. Όσον αφορά στις ανάγκες θερμότητας και κλιματισμού, μπορεί να προσφέρει πλήρη απεξάρτηση από το πετρέλαιο και άλλα ορυκτά καύσιμα.
6. Το μεγάλο της πλεονέκτημα έναντι των υπόλοιπων ΑΠΕ είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιείται όλο το χρόνο, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, μιας και δεν εξαρτάται από εξωτερικούς παράγοντες όπως ο ήλιος, ο άνεμος και άλλα κλιματολογικά δεδομένα.
7. Συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη.
8. Βρίσκονται επί της πράσινης γραμμής που χαράζει η Ευρωπαϊκή Ένωση προς εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας.
9. Προσφέρουν αυτόματα ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου.
10. Πρόκειται για αρκετά αξιόπιστη και εξελιγμένη τεχνολογία.
11. Δεν προκαλεί οπτική όχληση, μιας και οι εγκαταστάσεις δεν είναι εμφανείς.
12. Σε συνδυασμό με κάποια άλλη μικρή κλίμακας εγκατάσταση Ανανεώσιμης Πηγής Ενέργειας (πχ. Φωτοβολταϊκά) είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας όχι μόνο για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης – ψύξης, αλλά δίνουν τη δυνατότητα για οικονομικό κέρδος λόγω του πολύ υψηλού βαθμού απόδοσης των αντλιών θερμότητας.

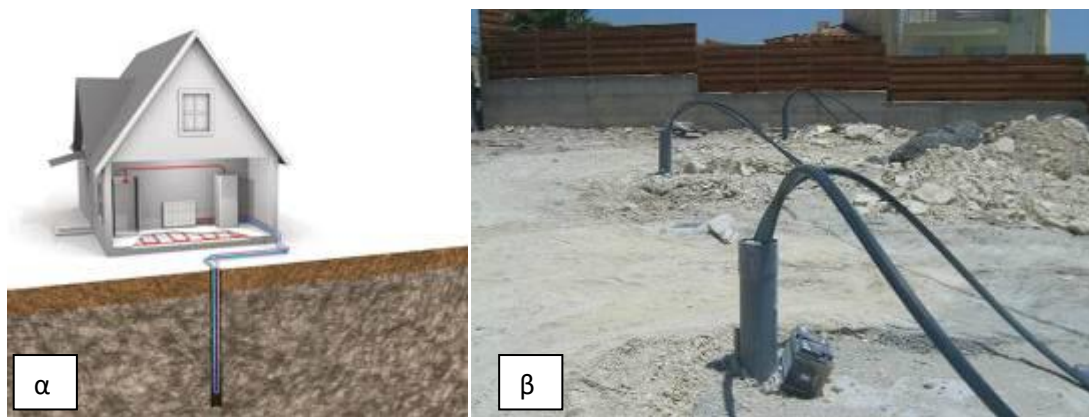
3.4.2. Αξιοποίηση Αβαθούς Γεωθερμίας

Η εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμίας μπορεί να γίνει με δυο τρόπους, διακρίνοντάς την σε συστήματα ανοιχτού και κλειστού τύπου κυκλώματος (βρόγχου).

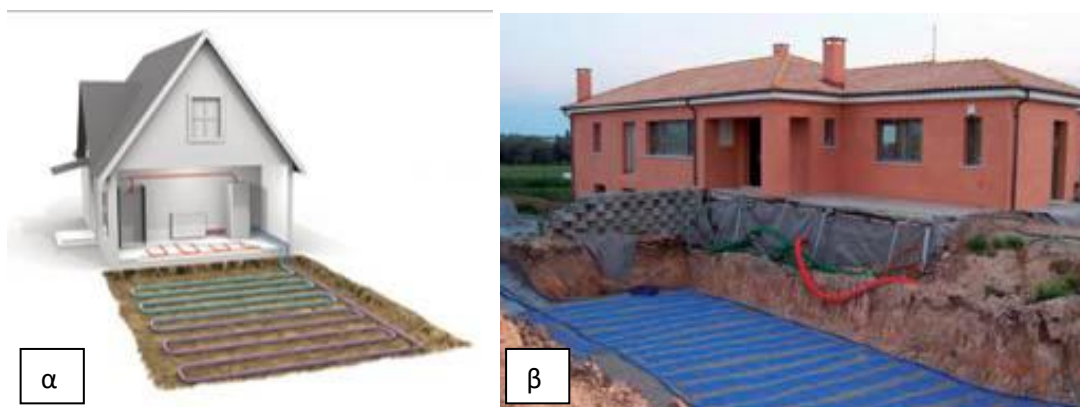
Η φιλοσοφία λειτουργίας ενός συστήματος αβαθούς γεωθερμίας είναι η μεταφορά θερμότητας από και προς το υπέδαφος με σκοπό την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών ενός κτιρίου. Η εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του υπεδάφους και του κτιρίου επιτυγχάνεται με ολοκληρωμένες τεχνικές εφαρμογές, που καλούνται Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (ΓΑΘ), μέσω της ανακυκλοφορίας υγρού σε κλειστές υδροφόρες ή ξηρές γεωτρήσεις ή ακόμη σε ρηχές επιφάνειες εδάφους, καθώς και με την απευθείας χρήση νερών (Ανδρίτσος, et al. N.d.), (Φραγκογιάννης, 2011), (Μαστοράκη, 2012).

Γεωθερμικοί εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος (βρόγχου):

Αποτελούνται από υπόγειο δίκτυο με πλαστικούς σωλήνες αντοχής, λειτουργώντας ως εναλλάκτες θερμότητας. Οι σωλήνες συνδέονται με την αντλία θερμότητας όπου και ολοκληρώνεται το κύκλωμα στο οποίο κυκλοφορεί διάλυμα νερού με φιλικό προς το περιβάλλον αντιψυκτικό. Ένα κλειστό κύκλωμα συνεχώς ανα-κυκλοφορεί, υπό πίεση, το διάλυμα που μεταφέρει την θερμότητα. Το κύκλωμα της γης και του κτιρίου, είναι κλειστό και κατά συνέπεια δεν παρουσιάζονται επικαθίσεις αλάτων, με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις για συντήρηση του συστήματος να είναι μικρές. Το κύκλωμα μπορεί να είναι οριζόντιο ή κατακόρυφο ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης των σωλήνων. Για την ομαλή τροφοδοσία της αντλίας θερμότητας είναι απαραίτητος κυκλοφορητής. Υπάρχουν τρεις τύποι κλειστού κυκλώματος γεωεναλλακτών ανάλογα με τη διάταξη του δικτύου σωληνώσεων στο έδαφος: οριζόντιο, κάθετο ή σπειροειδές σύστημα. Παρόλο που οι κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες έχουν υψηλότερο κόστος χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις λόγω των μειωμένων απαιτήσεών τους σε χώρο.



Εικόνα 7: Εγκατάσταση κατακόρυφου γεωθερμικού κυκλώματος (Cyprus Energy Agency).

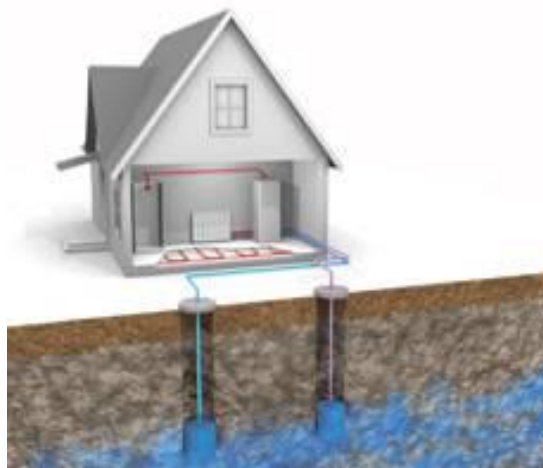


Εικόνα 8: Εγκατάσταση οριζόντιου γεωθερμικού κυκλώματος (Cyprus Energy Agency).

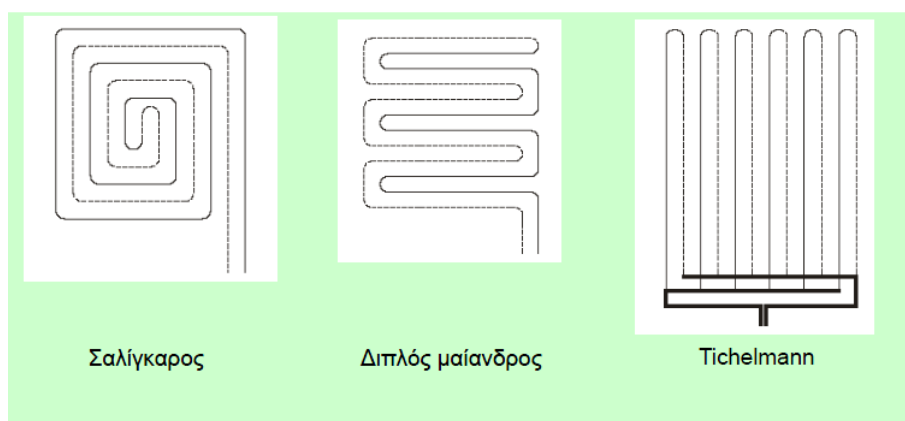
Γεωθερμικοί εναλλάκτες ανοικτού κυκλώματος (βρόγχου):

Χρησιμοποιούν επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα (από λίμνη, πηγάδι, ποτάμι, γεώτρηση ή τη θάλασσα), ως πηγή θερμότητας - ψύξης καθώς και χώρους απόθεσης/επιστροφής του νερού. Αντλούν νερό από υπόγειο ταμιευτήρα με χρήση γεώτρησης και ενδιάμεσου εναλλάκτη νερού/νερού που παρεμβάλλεται μεταξύ της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (ΓΑΘ) και του ανοικτού κυκλώματος, όπου προσδίδουν ή απορροφούν ενέργεια στο σύστημα πριν το νερό επιστρέψει στον ταμιευτήρα. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται σε περιοχές με ρηχό βάθος υδροφόρου ορίζοντα. Και σε αυτή την περίπτωση αξιοποιείται η ιδιότητα της σταθερής θερμοκρασίας που έχουν τα νερά του υπόγειου ταμιευτήρα καθ' όλο τον χρόνο ανεξάρτητα από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν.

Ενδεικτικά ένα κτίριο 280 m² απαιτεί περίπου 30 - 50 λίτρα ανά λεπτό παροχής νερού. Οι σωλήνες του εναλλάκτη τοποθετούνται είτε οριζόντια στο έδαφος σε μικρό βάθος (περίπου 2m), όταν υπάρχει μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια οικοπέδου είτε κατακόρυφα σε μεγάλο βάθος (περίπου 80m - 100m) όπου δεν απαιτείται μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια οικοπέδου.



Εικόνα 9: Εγκατάσταση κάθετου ανοικτού γεωθερμικού εναλλάκτη (Cyprus Energy Agency).



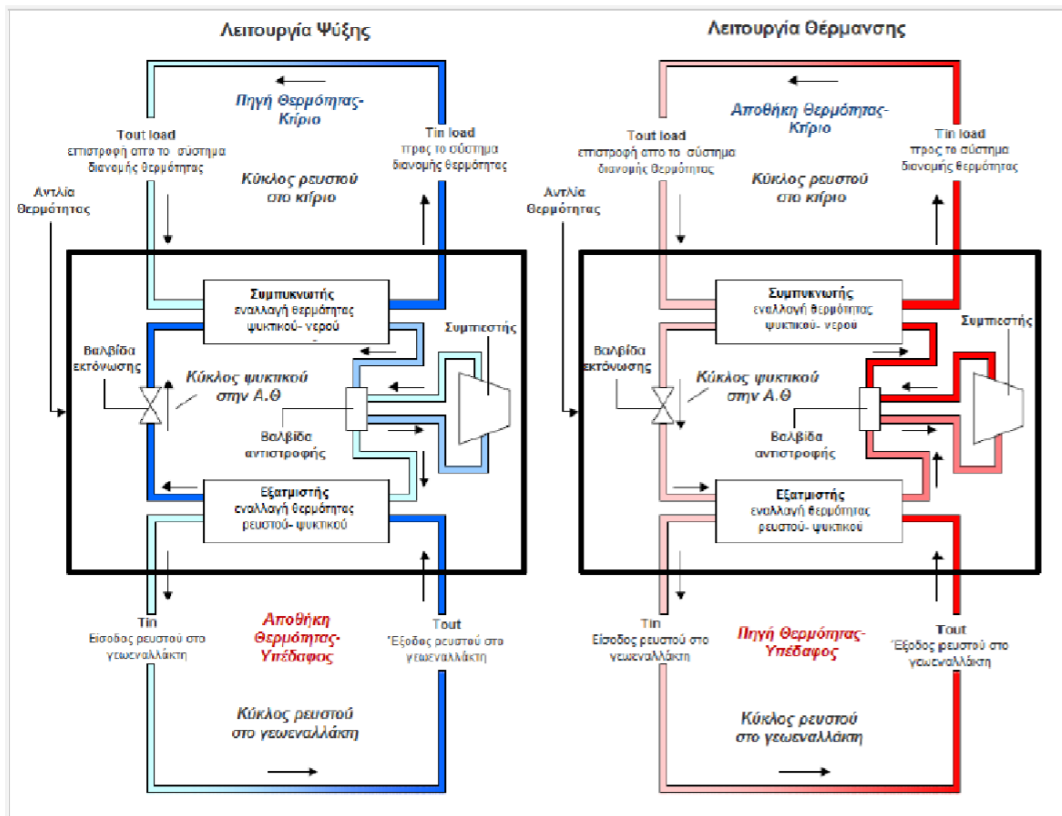
Εικόνα 10: Τρόποι διάστρωσης οριζόντιου γεωεναλλάκτη (IGME).

Ένα συμβατικό σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (ΓΑΘ) αποτελείται από (RETSscreen, 2005):

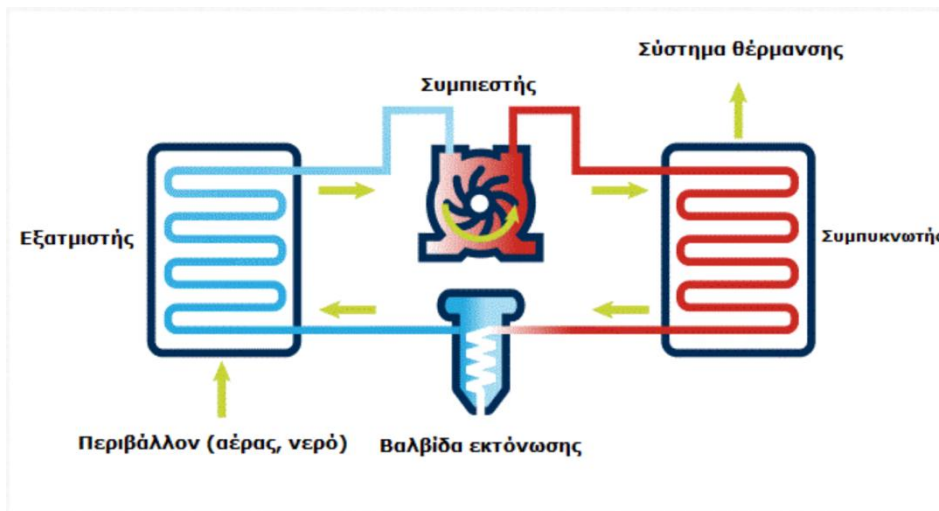
- τη μηχανική μονάδα της αντλίας,
- το γεωθερμικό εναλλάκτη (γεωεναλλάκτη) θερμότητας που απορροφά ή αποβάλλει, αντιστοίχως, ενέργεια στο έδαφος, και
- το σύστημα κυκλοφορίας νερού που προσδίδει θερμότητα στο υπό αναβάθμιση κτίριο, δηλαδή το δίκτυο διανομής.

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας αξιοποιεί τις σταθερές θερμοκρασίες που επικρατούν κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και αποσκοπεί στη δέσμευση της «ελεύθερης» ενέργειας.

Κατά τη χειμερινή περίοδο, το ρευστό κυκλοφορεί εντός του κυκλώματος του γεωεναλλάκτη, απορροφά την αποθηκευμένη θερμότητα του εδάφους και τη μεταφέρει στη μονάδα αντλίας θερμότητας, η οποία με τη σειρά της αντλεί τη θερμότητα αυτή και την αποδίδει στους χώρους του κτιρίου, χρησιμοποιώντας συχνά και μια πρόσθετη ενέργεια από συμβατικές πηγές. Κατά τους θερινούς μήνες, το σύστημα αντιστρέφεται απάγοντας από το κτίριο τη θερμότητα και μεταφέροντάς την στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη από όπου διοχετεύεται στο υπέδαφος (Cyprus Energy Agency, 2010).



Εικόνα 11: Διάγραμμα λειτουργίας συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας για ψύξη (αριστερά) και θέρμανση (δεξιά), (Chiasson, 1989).



Εικόνα 12: Σχηματική απεικόνιση του κύκλου μιας συμβατικής αντλίας θερμότητας (EnergoPlan).

3.4.3. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας

Όπως προαναφέρθηκε, η γεωθερμική ενέργεια, συγκαταλέγεται στις ΑΠΕ που μπορούν να αξιοποιηθούν 24 ώρες τη μέρα, 365 μέρες το χρόνο με την ίδια απόδοση, ανεξάρτητα από του εξωτερικούς καιρικούς –κατά κύριο λόγο- παράγοντες, παρέχοντας αποδοτική θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης. Η χρήση ΓΑΘ για θέρμανση και κλιματισμό έχει σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα από την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, 30% μικρότερο κόστος λειτουργίας από το καλύτερο αερόψυκτο σύστημα, κόστος συντήρησης μόλις το 1/3 από αυτό ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης – κλιματισμού και σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (25-30 έτη).

Μερικά από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι:

1. Πρόκειται για εξελιγμένη τεχνολογία, με υψηλή αξιοπιστία και φιλική προς το περιβάλλον, χωρίς αέριες εκπομπές.
2. Οι ΓΑΘ εκμεταλλεύονται την ενέργεια του εδάφους που υπάρχει σε αφθονία, χωρίς έξοδα, αξιοποιώντας ένα φυσικό διαθέσιμο της γης, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.
3. Πραγματοποιείται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας, της τάξης του 75% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και περίπου 40% για κλιματισμό (ψύξη) ενός κτιρίου.
4. Προσφέρουν οικονομικά οφέλη, με μείωση των απαιτούμενων δαπανών για ανάγκες θέρμανσης – ψύξης από 25% έως 75%.
5. Έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης, εγκατάστασης και εξοπλισμού.
6. Δεν παρουσιάζουν βλάβες από παρατεταμένη χρήση όπως ορισμένα συμβατικά συστήματα.
7. Δεν υπάρχει οπτική όχληση, λόγω του μειωμένου απαιτούμενου χώρου και οι εγκαταστάσεις δεν είναι εμφανείς.
8. Δεν υπάρχει ακουστική όχληση (θόρυβος) κατά την λειτουργία της εγκατάστασης.

9. Παρέχουν υψηλής ποιότητας άνεση στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου.
10. Όσον αφορά σε εγκαταστάσεις λειτουργίας, απαιτείται μικρότερος χώρος για εγκατάσταση εξοπλισμού συγκριτικά με το συμβατικό λεβητοστάσιο, καθώς δεν απαιτείται λέβητας, δεξαμενή πετρελαίου, καπνοδόχος ή αερόφυκτος ψύκτης για τον κλιματισμό του κτιρίου.
11. Παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με τις εγκαταστάσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Ενώ ορισμένα από τα μειονεκτήματα των ΓΑΘ είναι τα εξής:

1. Το αρχικό κόστος ενός γεωθερμικού συστήματος είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο κόστος ενός συμβατικού συστήματος. Το σχετικό πλεονέκτημα σε αυτή την περίπτωση είναι, όμως, ότι μπορεί να υπάρξει κάποια κρατική επιχορήγηση για μία τέτοια πράσινη «επένδυση».
2. Στα κλειστά κυκλώματα αντιμετωπίζεται δυσκολία επισκευής τυχόν διαρροής.
3. Για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη ποσότητα καθαρού νερού.
4. Κατά τη διάνοιξη των γεωτρήσεων δημιουργείται λάσπη, η οποία θα πρέπει να ξηρανθεί και να απομακρυνθεί από το χώρο ανέγερσης του κτιρίου για πιθανά στατικά μελλοντικά προβλήματα (σε περιπτώσεις χρήσεις γεωθερμίας κατά την ανέγερση κτιρίου).

Παρά το γεγονός πως η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται «καθαρή ενέργεια», στην πραγματικότητα είναι δύσκολο να θεωρηθεί πως έχει μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις οποιαδήποτε διαδικασία παραγωγής ενέργειας ή μετατροπής της σε μια άλλη μορφή ενέργειας. Για το λόγο αυτό προσεγγίζονται στον ακόλουθο πίνακα πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση και λειτουργία ενός γεωθερμικού συστήματος, ως ακολούθως:

Πίνακας 2: Πιθανότητα εμφάνισης και αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω εγκατάστασης γεωθερμικού συστήματος (Lunis & Breckenridge, 1991).

| Επίδραση | Πιθανότητα ύπαρξης επιπτώσεων | Συνέπειες |
|--|-------------------------------|-----------|
| Ρύπανση αέρα | L | M |
| Ρύπανση επιφάνειας νερού | M | M |
| Υπόγεια ρύπανση | L | M |
| Κατακρήση | L | L to M |
| Ηχορύπανση | H | L to M |
| Ρύπανση από τα αέρια | L | L to M |
| Διάβρωση αρχαιολογικών χαρακτηριστικών | L to M | M to H |
| Κοινωνικοοικονομικά προβλήματα | L | L |
| Χημική ή θερμική ρύπανση | L | M to H |
| Συμπαγή απόβλητα | M | M to H |

L=Χαμηλή, M=Μέτρια, H=Υψηλή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4



Μελέτη Περίπτωσης – Περιοχή Μελέτης

4. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1. Γενικά Στοιχεία Περιοχής Μελέτης

4.1.1. Γεωγραφικά Δεδομένα Περιοχής

Το υπό μελέτη κτίριο είναι το 4ο Γυμνάσιο και Λύκειο Ηλιούπολης που στεγάζεται στη συμβολή των οδών Βάκχου και Γράμμου στον εν λόγω δήμο Ηλιουπόλεως. Ο δήμος Ηλιούπολης υπάγεται στην Καλλικρατική Περιφερειακή Ενότητα Κεντρικού Τομέα Αθήνας, στις νοτιοδυτικές παρυφές του Υμηττού, σε υψόμετρο 210 μέτρων και ο πληθυσμός του ανέρχεται σε 78.153 σύμφωνα με την πλέον πιο πρόσφατη απογραφή του 2011. Πρόκειται για έναν από τους μεγαλύτερους δήμους της Ελλάδας, ανερχόμενος στην 28^η θέση στην εγχώρια κατάταξη με βάση τον πληθυσμό.



Χάρτης 4: Δήμος Ηλιούπολης – Περιφερειακή Ενότητα Κεντρικού Τομέα Αθήνας (el.wikipedia.org).

4.1.2. Κλιματολογικά Δεδομένα και Μικροκλίμα

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως το κλίμα μια περιοχής διαμορφώνεται κατά βάση από τους εξής παράγοντες:

- Το γεωγραφικό πλάτος,
- Την αναλογία ξηράς και θάλασσας, δηλαδή τη γειτνίαση με υγρό στοιχείο (λίμνη, θάλασσα) και σε τι ποσοστό, καθώς και
- Το ανάγλυφο (Υψόμετρο).

Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 34° (νότια) και 42° (βόρεια), ενώ χαρακτηρίζεται ως μια πολυσχιδής χερσόνησος με πλούσιο οριζόντιο (ακτογραμμές) και κάθετο διαμελισμό (βουνά), με αναλογία ξηράς/θάλασσας 1:3. Το κλίμα της χώρας διαμορφώνεται από την κλίση του άξονα της γης που την κατατάσσει στην Εύκρατη Ζώνη, που με τη σειρά της υποδιαιρείται σε θερμή και ψυχρή Εύκρατη Ζώνη, στην πρώτη εκ των οποίων συγκαταλέγεται και η Ελλάδα.

Το κλίμα της χώρας, λοιπόν, είναι θερμό μεσογειακό με ελάχιστες βροχές, ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια. Για τον προσδιορισμό των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή, η Ε.Μ.Υ (Ελληνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) χρησιμοποίησε στοιχεία από το μετεωρολογικό σταθμό στο Ελληνικό της Αθήνας. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος με θερμοκρασίες να πλησιάζουν τους 28ο C και ο ψυχρότερος είναι ο Ιανουάριος με θερμοκρασίες γύρω στους 10,3ο C, ενώ το μέσο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος είναι 17,7ο C. Ξηρότερος, φαίνεται να είναι ο μήνας Ιούλιος (5,2mm), ενώ αυτός με το μεγαλύτερο ύψος βροχών είναι ο Δεκέμβριος (64,1 mm). Το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 47% (Ιούλιο) έως 70,2% (Δεκέμβριο). Ο μήνας με τη μεγαλύτερη μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι ο Ιανουάριος και ο μήνας με τη μεγαλύτερη μέση μηνιαία υγρασία είναι ο Δεκέμβριος. Στο μετεωρολογικό σταθμό από όπου ελήφθησαν οι μετρήσεις επικρατούν βόρειοι και βορειοανατολικοί άνεμοι, κυρίως ασθενείς (ένταση 1-3 Beaufort), ενώ ισχυρότεροι άνεμοι τάξεως >6 Beaufort, είναι αρκετά σπάνιοι.

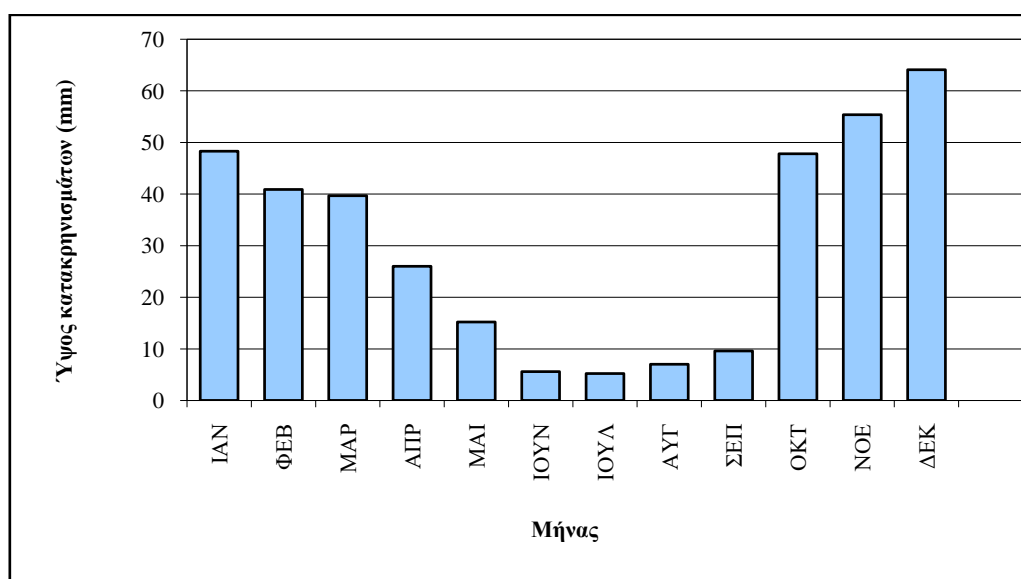
Πίνακας 3: Μεσαία μηνιαία βροχόπτωση στον Μ.Σ. «Ελληνικό» (1955-1997). Πηγή: Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την τροποποίηση του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου του Δήμου Λαυρεωτικής.

| 1ο Εξάμηνο | Ιαν. | Φεβρ. | Μάρτ. | Απρ. | Μαΐ | Ιουν. |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση | 48,3 | 40,9 | 39,7 | 26,0 | 15,2 | 5,6 |
| Συνολικές Μέρες Βροχής | 13,2 | 11,8 | 11,9 | 9,7 | 6,8 | 3,7 |
| 2ο Εξάμηνο | Ιουλ. | Αυγ. | Σεπτ. | Οκτ. | Νοεμβ. | Δεκ. |
| Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση | 5,2 | 7,0 | 9,6 | 47,8 | 55,4 | 64,1 |
| Συνολικές Μέρες Βροχής | 1,6 | 1,8 | 3,9 | 8,9 | 11,3 | 13,7 |

Πίνακας 4: Μέση μηνιαία υγρασία στον Μ.Σ. «Ελληνικό» (1955-1997). Πηγή: Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την τροποποίηση του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου του Δήμου Λαυρεωτικής.

| <i>1ο Εξάμηνο</i> | <i>Ιαν.</i> | <i>Φεβρ.</i> | <i>Μάρτ.</i> | <i>Απρ.</i> | <i>Μαΐ</i> | <i>Ιουν.</i> |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση | 48,3 | 40,9 | 39,7 | 26,0 | 15,2 | 5,6 |
| Συνολικές Μέρες Βροχής | 13,2 | 11,8 | 11,9 | 9,7 | 6,8 | 3,7 |
| <i>2ο Εξάμηνο</i> | <i>Ιουλ.</i> | <i>Αυγ.</i> | <i>Σεπτ.</i> | <i>Οκτ.</i> | <i>Νοεμβ.</i> | <i>Δεκ.</i> |
| Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση | 5,2 | 7,0 | 9,6 | 47,8 | 55,4 | 64,1 |
| Συνολικές Μέρες Βροχής | 1,6 | 1,8 | 3,9 | 8,9 | 11,3 | 13,7 |

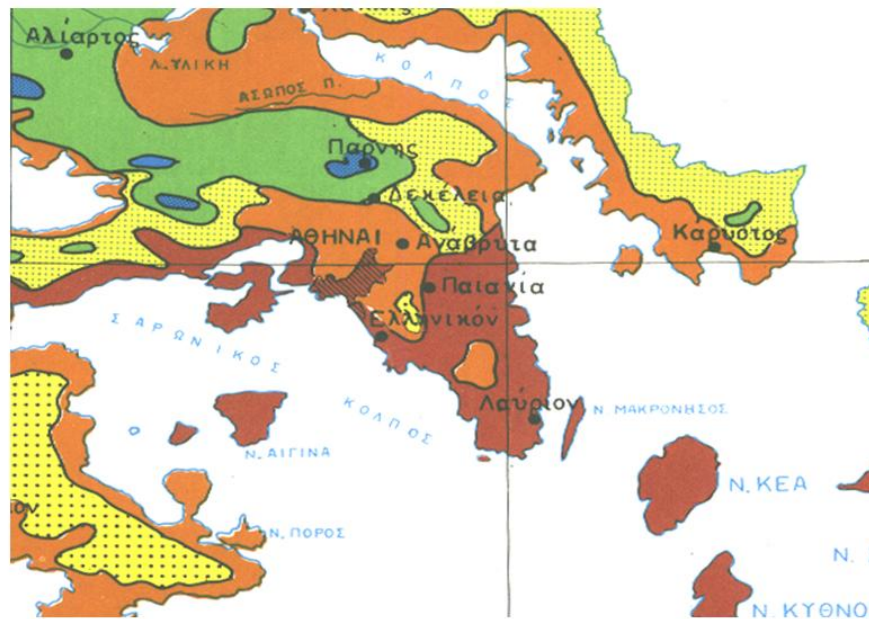
Διάγραμμα 11: Μέσο μηνιαίο ύψος Κατακρημισμάτων στον ΜΣ “Ελληνικό” (1955-1997). Πηγή: Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την τροποποίηση του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου του Δήμου Λαυρεωτικής.



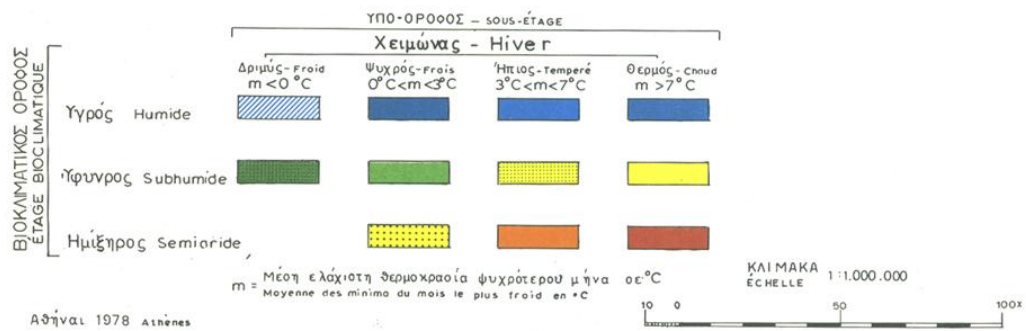
Ακολουθούν κλιματολογικά δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό του Ελληνικού της Αττικής, όπως αυτά συλλέχθηκαν από το, επίσημο διαδικτυακό χώρο της Ελληνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ).

Πίνακας 5: Πρόσφατα κλιματολογικά στοιχεία για τον Μ.Σ. «Ελληνικό». Πηγή: Ελληνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

| Αττική - Ελληνικό | Μέση Θερμοκρασία °C | | | Υγρασία | Βροχόπτωση | Άνεμοι | | Βροχή |
|-------------------|---------------------|---------|----------|---------|------------|--------|-------------|--------|
| | Μηνιαία | Μέγιστη | Ελάχιστη | (%) | (mm) | Δ/νση | Ένταση (Kt) | Ημέρες |
| Ιανουάριος | 10.3 | 13.6 | 7.0 | 68.8 | 48.3 | B | 7.6 | 13.2 |
| Φεβρουάριος | 10.6 | 14.1 | 7.1 | 68.0 | 40.9 | B | 7.7 | 11.8 |
| Μάρτιος | 12.3 | 15.7 | 8.4 | 65.9 | 39.7 | B | 7.3 | 11.9 |
| Απρίλιος | 15.9 | 19.4 | 11.4 | 62.6 | 26.0 | N | 6.4 | 9.7 |
| Μάιος | 20.7 | 24.1 | 15.8 | 59.0 | 15.2 | N | 6.0 | 6.8 |
| Ιούνιος | 25.2 | 28.7 | 20.1 | 52.8 | 5.6 | N | 6.4 | 3.7 |
| Ιούλιος | 28.0 | 31.8 | 22.8 | 47.0 | 5.2 | B | 7.6 | 1.6 |
| Αύγουστος | 27.8 | 31.7 | 22.8 | 47.1 | 7.0 | B | 7.8 | 1.8 |
| Σεπτέμβριος | 24.2 | 28.2 | 19.6 | 53.4 | 9.6 | B | 7.0 | 3.9 |
| Οκτώβριος | 19.5 | 23.2 | 15.6 | 62.1 | 47.8 | B | 7.1 | 8.9 |
| Νοέμβριος | 15.4 | 18.8 | 12.0 | 68.7 | 55.4 | B | 6.7 | 11.3 |
| Δεκέμβριος | 12.0 | 15.2 | 8.8 | 70.2 | 64.1 | B | 7.4 | 13.7 |



ΥΠΟΜΝΗΜΑ - LÉGENDE



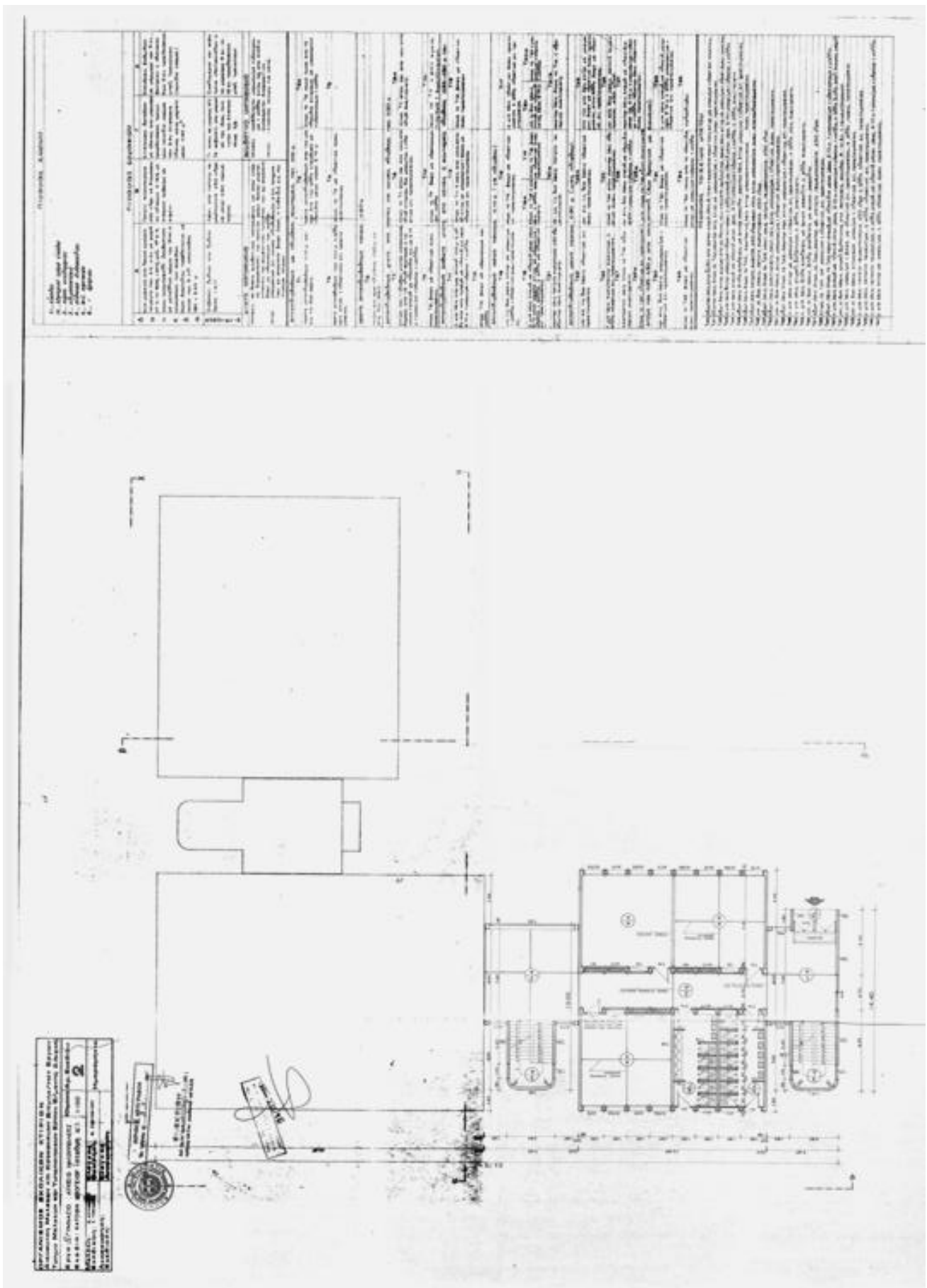
Χάρτης 5: Χάρτης Βιοκλιματικών Ορόφων περιοχής μελέτης. Πηγή: Ίδρυμα δασικών ερευνών Αθηνών του Υπ. Γεωργίας.

4.2. Στοιχεία Σχολικού Κτιρίου

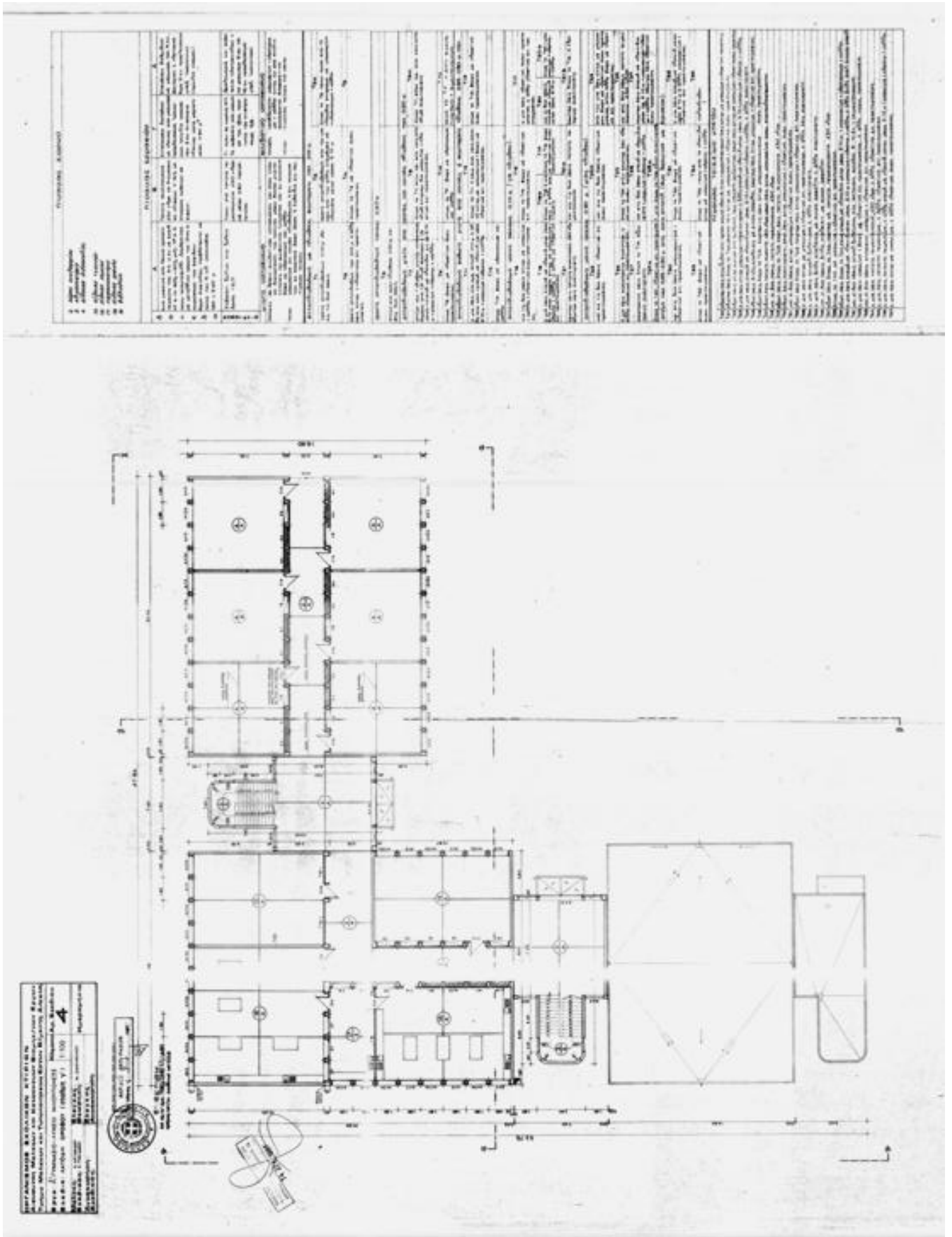
Το εν λόγω σχολικό συγκρότημα κατασκευάστηκε το έτος 1980 και εντός αυτού συστεγάζονται το 4ο Γυμνάσιο και Λύκειο Ηλιούπολης, όπως προαναφέρθηκε.

Το σχολείο διαθέτει ισόγειο, πρώτο και δεύτερο όροφο για τη διεξαγωγή των μαθημάτων και τη στέγαση γραφείων και λοιπών αιθουσών διδασκαλίας, προαύλιο χώρο για τα διαλείμματα καθώς επίσης και ένα σύνολο λυόμενων κατασκευών που λειτουργούν ως επιπλέον αίθουσες διδασκαλίας και οι οποίες δεν θα ληφθούν υπόψιν στην τρέχουσα μελέτη.

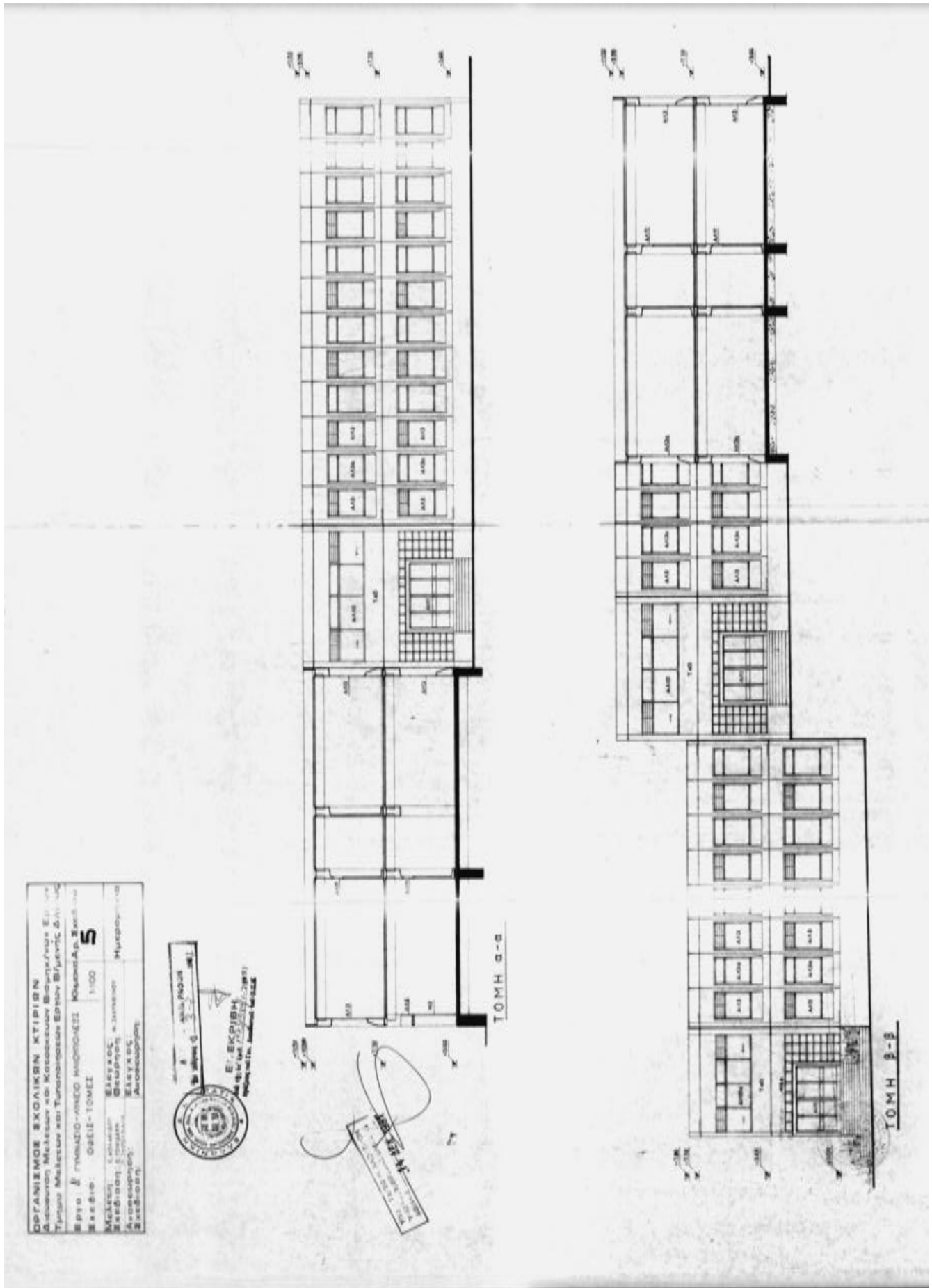
Ακολούθως παρατίθενται κατόψεις για το σχολικό κτίριο όπως χορηγήθηκαν για τις ανάγκες αυτής της Διπλωματικής Εργασίας:



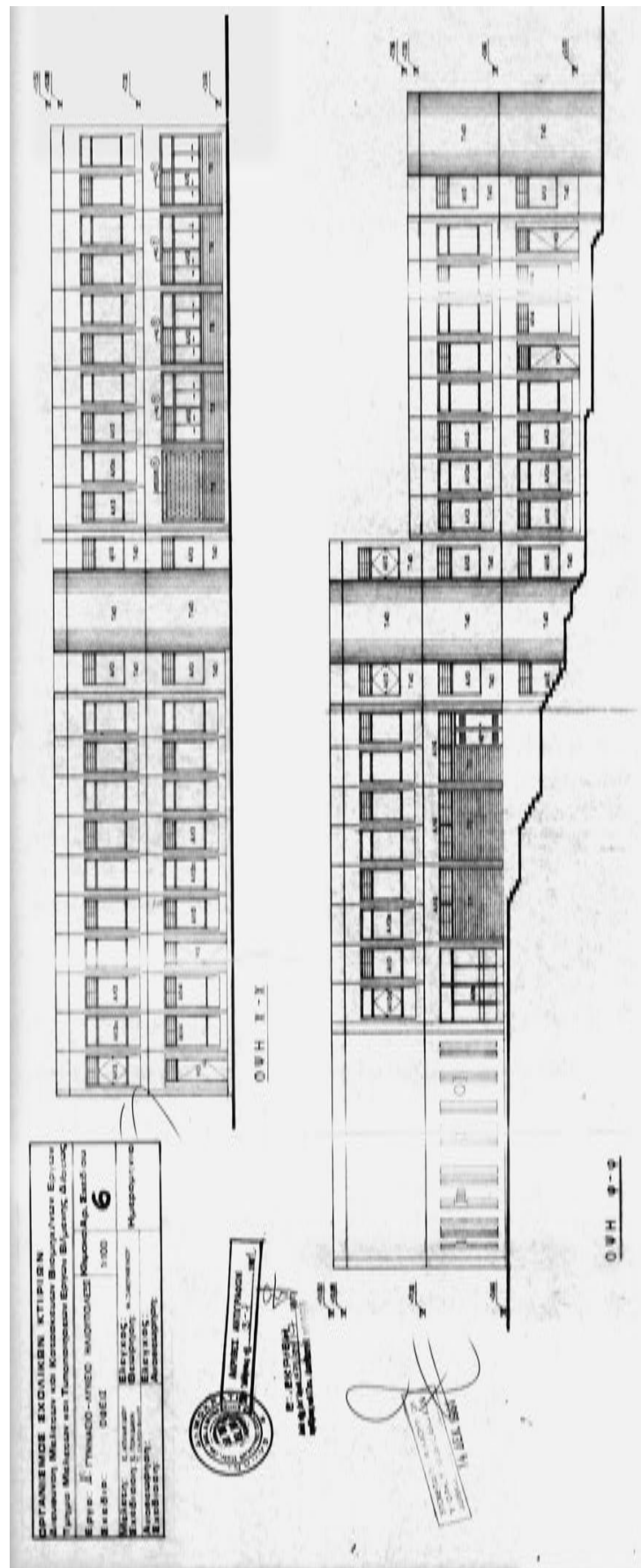
Σχήμα 5: Κάτοψη ισογείου του υπό μελέτη σχολικού συγκροτήματος.



Σχήμα 7: Κάτοψη δεύτερου ορόφου του υπό μελέτη σχολικού συγκροτήματος.

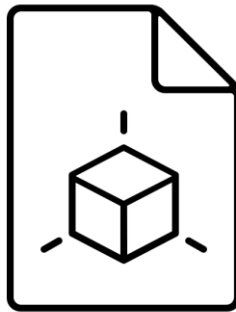


Σχήμα 8: Όψεις – Τομές του υπό μελέτη σχολικού συγκροτήματος σε κλίμακα 1:100.



Σχήμα 9: Πλάγιες όψεις του υπό μελέτη σχολικού συγκροτήματος σε κλίμακα 1:100.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5



Προσομοίωση κτιρίου με *Energy Plus*

5. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ SKETCH UP & ENERGY PLUS

5.1.Γενικά

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί προσομοίωση του σχολικού συγκροτήματος που μελετάται μέσω ειδικών εξειδικευμένων προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή, όπως το Sketch Up και το Energy Plus, ούτως ώστε να προκύψουν όσο το δυνατόν πιο σαφή συμπεράσματα για την υφιστάμενη κατάσταση των εγκαταστάσεων, από βιοκλιματικής άποψης, καθώς επίσης και η θερμική άνεση στις αίθουσες διδασκαλίας και στα γραφεία, όπως τις βιώνουν οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί.

Άξια αναφοράς, ωστόσο, είναι και κάποια βασικά γνωρίσματα και χαρακτηριστικά των δύο επιμέρους προγραμμάτων που θα χρησιμοποιηθούν για την διεκπεραίωση της τρέχουσας μελέτης, καθώς παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ολοκλήρωση της διαδικασίας.

Το **Sketch Up** είναι ένα πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης με ποικίλες εφαρμογές. Στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό και την ακριβή απόδοση του σχολικού συγκροτήματος, σύμφωνα με τα σχέδια που επισυνάπτονται σε προηγούμενο κεφάλαιο. Το μεγάλο προσόν του προγράμματος είναι ότι μπορεί να λειτουργήσει συνδυαστικά με ένα δευτερεύων πρόγραμμα (Plug in), μια βοηθητική εργαλειοθήκη του προγράμματος εν ονόματι Open Studio, που δίνει τη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί γραφικά η ενεργειακή απεικόνιση του εκάστοτε τρισδιάστατου μοντέλου, μέσω της δημιουργίας θερμικών ζωνών, επιφανειών σκίασης και φωτισμού εσωτερικών χώρων. Με τον τρόπο αυτό καθιστά τον χρήστη ικανό να εξάγει τα όποια αποτελέσματα του προγράμματος σε αντίστοιχο αρχείο με όλες τις χρήσιμες ενεργειακές πληροφορίες, που με τη σειρά του είναι διαθέσιμες προς περαιτέρω επεξεργασία στο πρόγραμμα Energy Plus.

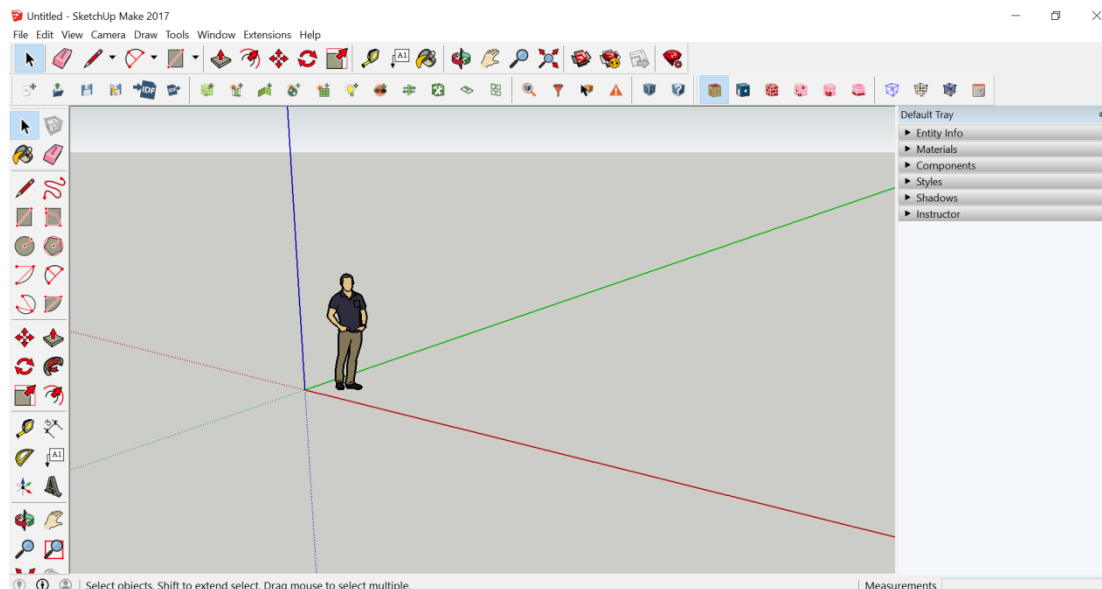
Ακολούθως, το **Energy plus**, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να χρησιμοποιήσει τα διεξαχθέντα αποτελέσματα από το Sketch Up, προκειμένου να βελτιώσει τον υφιστάμενο σχεδιασμό των υπό μελέτη εγκαταστάσεων, εξασφαλίζοντας παράλληλα τα βέλτιστα ενεργειακά οφέλη. Επιπροσθέτως, είναι εξοπλισμένο με την ικανότητα επεξεργασίας ποικίλων παραμέτρων, όπως ο φωτισμός και ο αερισμός χώρων, καθώς και η συνολική θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, με τελικό σκοπό τη διεξαγωγή των αντίστοιχων αποτελεσμάτων σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις που μας ενδιαφέρουν στην προκειμένη περίπτωση.

5.2.Σχεδίαση κτιριακού κελύφους στο πρόγραμμα Sketch Up με ταυτόχρονη χρήση του Open Studio

Το πρωταρχικό βήμα για την ενεργειακή προσομοίωση του σχολικού συγκροτήματος με το λογισμικό Energy Plus, είναι η εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων που αφορούν

στη γεωμετρία του κτιριακού κελύφους, όπως αυτά προκύπτουν μετά την τρισδιάστατη μοντελοποίηση στο Sketch Up.

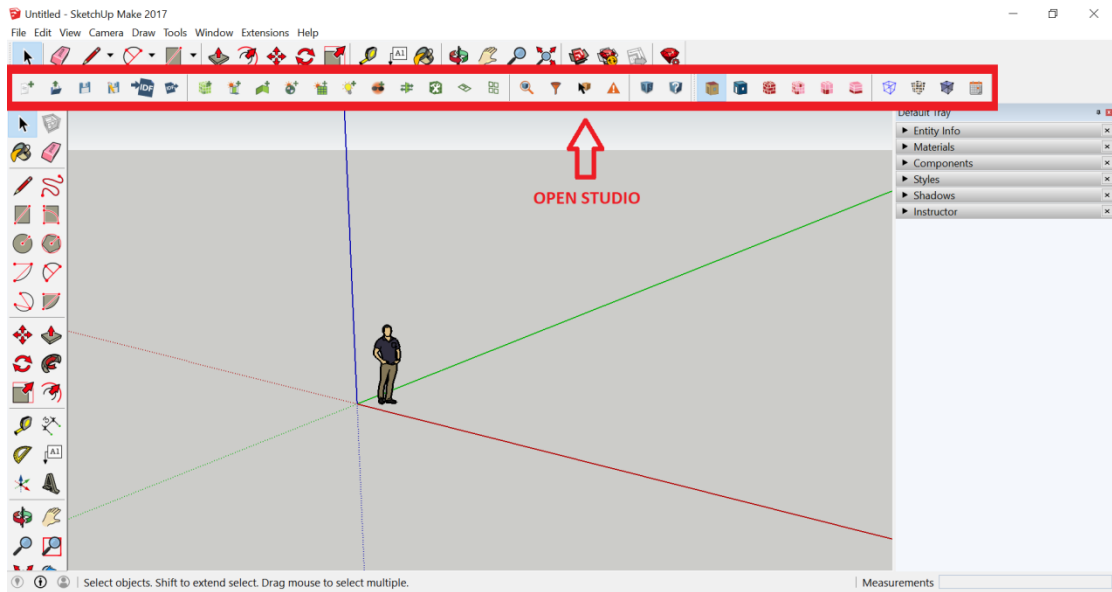
Ανοίγοντας το περιβάλλον στο πρόγραμμα Sketch Up, ο χρήστης έρχεται σε επαφή με την εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 13: Περιβάλλον λογισμικού Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

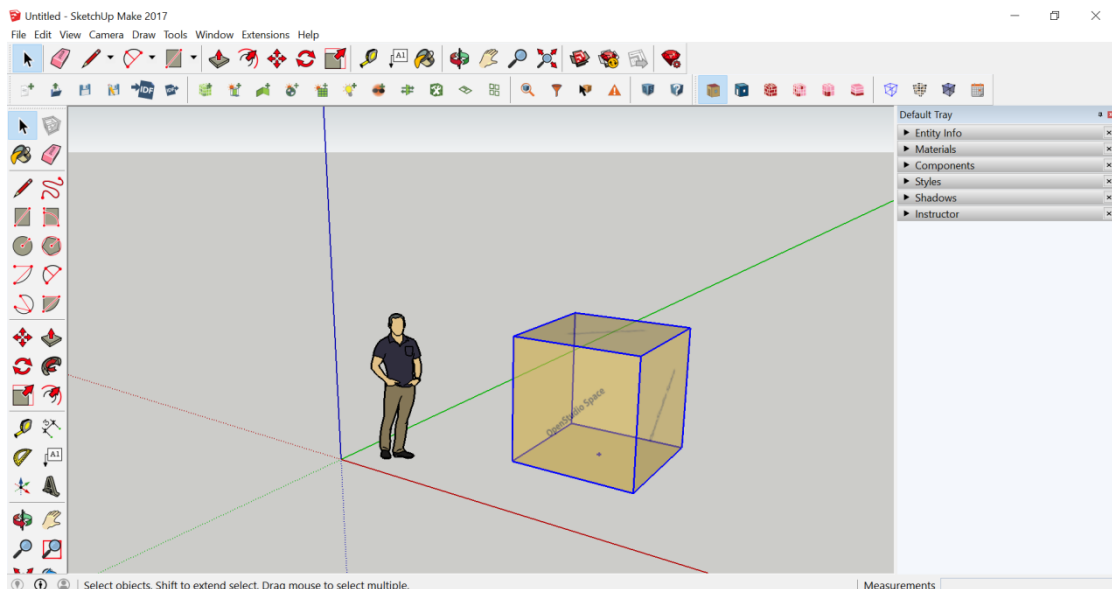
Γίνεται σαφές πως πρόκειται για ένα τρισδιάστατο λογισμικό μοντελοποίησης κτιρίου, γεγονός που διασαφηνίζεται από την ύπαρξη των τριών αξόνων, που απεικονίζονται με τα τρία χρώματα (μπλε, κόκκινο και πράσινο), στην ανωτέρω εικόνα. Δίνεται, λοιπόν, η δυνατότητα στο χρήστη να σχεδιάσει ένα κέλυφος, σε όλες τις δυνατές διαστάσεις, επιτυγχάνοντας έτσι ένα αποτέλεσμα πολύ κοντά στην πραγματική εικόνα του υπό μελέτη κτιρίου. Ο μπλε κατακόρυφος άξονας παριστάνει το ύψος ή το βάθος (που απεικονίζεται με την επέκταση του άξονα με μπλε αχνό χρώμα), ενώ αντίστοιχα ο άξονας με το πράσινο χρώμα σηματοδοτεί το Βορρά και ο τρίτος άξονας με το κόκκινο χρώμα αντιπροσωπεύει την Ανατολή, ενώ οι επεκτάσεις αυτών με αχνό πράσινο και κόκκινο χρώμα, αντιπροσωπεύουν το Νότο και τη Δύση, αντίστοιχα. Κάθε στοιχείο του κτιριακού κελύφους που καλείται να σχεδιάσει ο χρήστης θα έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και γεωμετρία, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα για τυχόν αστοχίες κατά τη σχεδίαση που θα μπορούσαν να επηρεάσουν με τη σειρά τους τη διεξαγωγή ορθών συμπερασμάτων.

Όπως προαναφέρθηκε, σημαντική παράμετρος για την διεκπεραίωση της διαδικασίας και την εξαγωγή των απαραίτητων συμπερασμάτων είναι η ενεργοποίηση του Plug in «Open Studio» που μετά την εγκατάστασή του, συμπληρώνει μια έξτρα εργαλειοθήκη στην ήδη υπάρχουσα του προγράμματος.

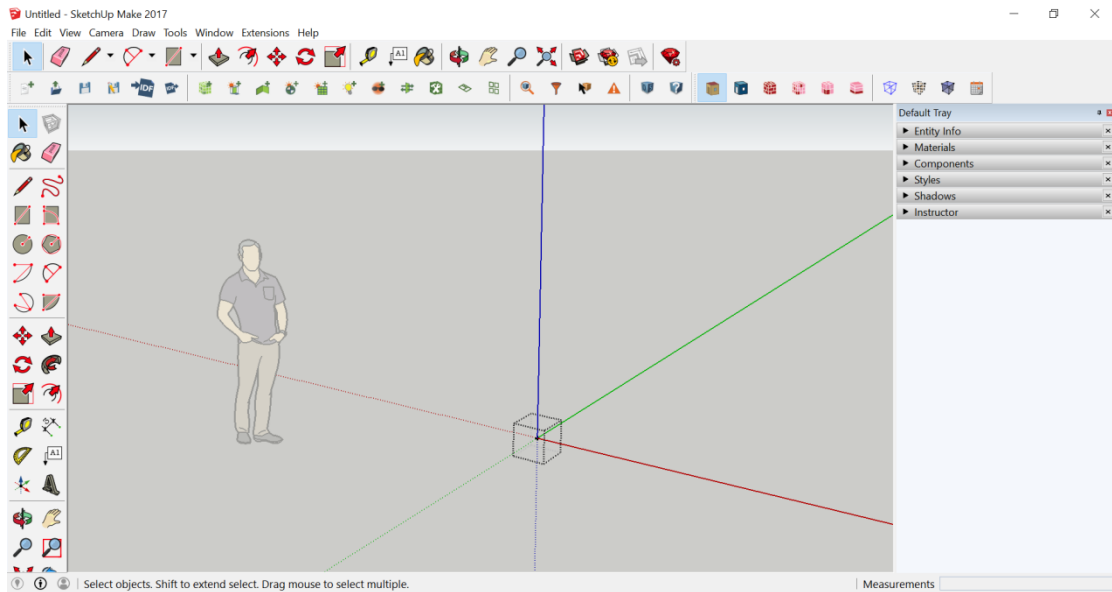


Εικόνα 14: Εισαγωγή εργαλειοθήκης μετά την εγκατάσταση του Open Studio Plugin (Ιδία Επεξεργασία).

Με την επιλογή “New Space”, από την πρόσθετη εργαλειοθήκη που εγκαταστάθηκε, και επιλέγοντας ένα τυχαίο σημείο μέσα στο περιβάλλον του λογισμικού, πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, εμφανίζεται ένας κύβος συνοδευόμενος με τον χαρακτηρισμό “Open Studio Space”. Στη συνέχεια, πατώντας διπλό κλικ πάνω στο δημιουργηθέντα κύβο, ο χρήστης βρίσκεται σε θέση να εισέλθει στο εσωτερικό του και να σχεδιάσει έναν νέο χώρο, ο οποίος πλέον θα έχει όμως ενεργειακό περιεχόμενο.



Εικόνα 15: Δημιουργία “Open Studio Space” στο περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

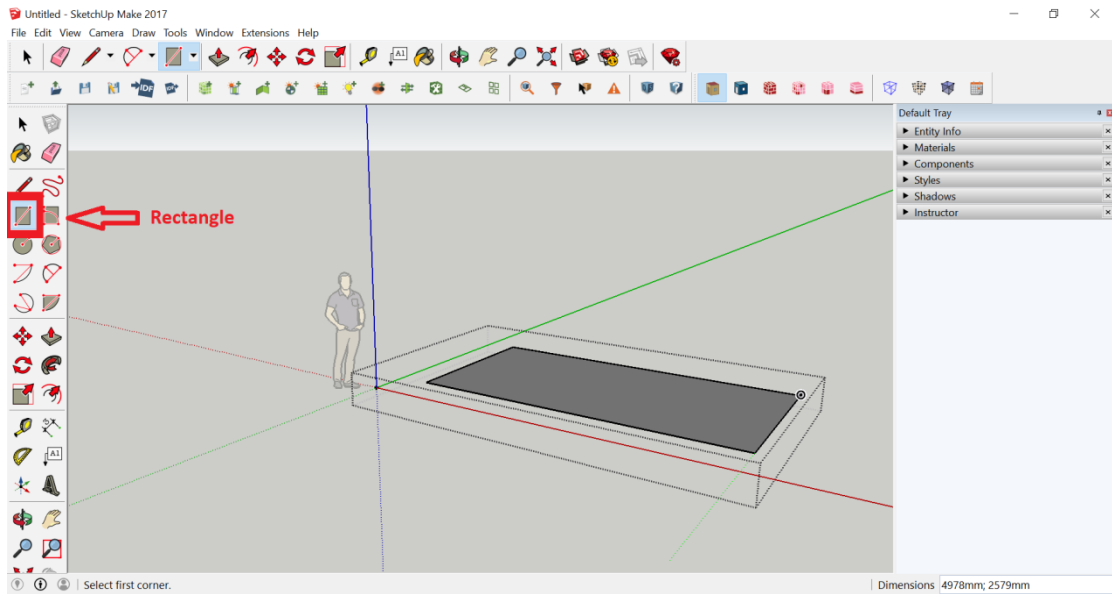


Εικόνα 16: Ο χρήστης είναι σε θέση να σχεδιάσει έναν χώρο με ενεργειακό περιεχόμενο (Ιδία Επεξεργασία).

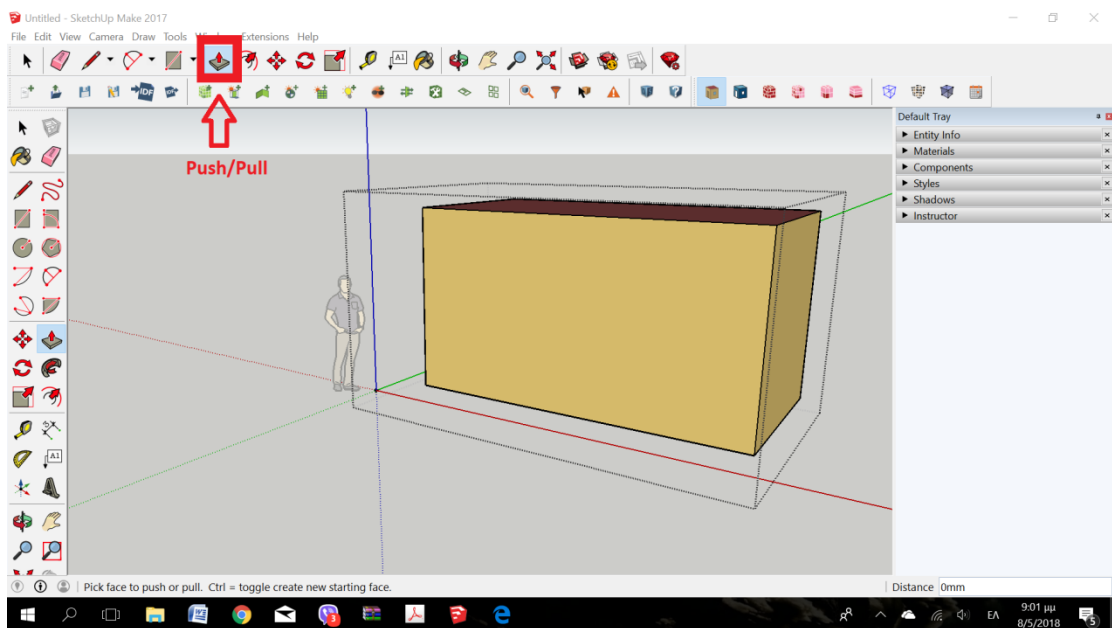
Ένας χώρος σχεδιάζεται πραγματοποιώντας συνδυασμένη χρήση των εντολών “Rectangle” και “Push/Pull”. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται ο σχεδιασμός του περιγράμματος της κάτοψης του χώρου που επιθυμεί να σχεδιάσει ο χρήστης, χρησιμοποιώντας την εντολή “Rectangle”, ενώ στη συνέχεια μπορεί να αποδώσει το επιθυμητό ύψος χρησιμοποιώντας την εντολή “Push/Pull”. Σε κάθε περίπτωση παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να αποδώσει τις ακριβείς διαστάσεις του κελύφους που σχεδιάζει, πληκτρολογώντας αυτές στο πλαίσιο που βρίσκεται στο κάτω δεξιό μέρος του προγράμματος. Κάθε επιφάνεια που σχεδιάζεται ορίζεται σύμφωνα με έναν παρατηρητή, ο οποίος βρίσκεται εντός των θερμικών ζωνών στις οποίες ανήκουν τα εν λόγω γεωμετρικά στοιχεία. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως ο χρήστης του προγράμματος πρέπει να σχεδιάζει τους χώρους βάσει των εξωτερικών διαστάσεών τους, χωρίς να αφαιρεί το πάχος των εκάστοτε διαχωριστικών, ή μη επιφανειών.

Κινούμενος στο πλαίσιο αυτό, ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει πλήθος χώρων, με τις διαστάσεις που αυτός κάθε φορά επιθυμεί, εισάγοντάς τους σε διαφορετικές θερμικές ζώνες ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου που μελετά.

Ένα σχολικό συγκρότημα, γίνεται σαφές, πως αποτελείται από διαφορετικές θερμικές ζώνες και πληθώρα διαφορετικών αιθουσών διδασκαλίας, γεγονός που καθιστά το σχεδιασμό αυτού μια πολύπλοκη διαδικασία.

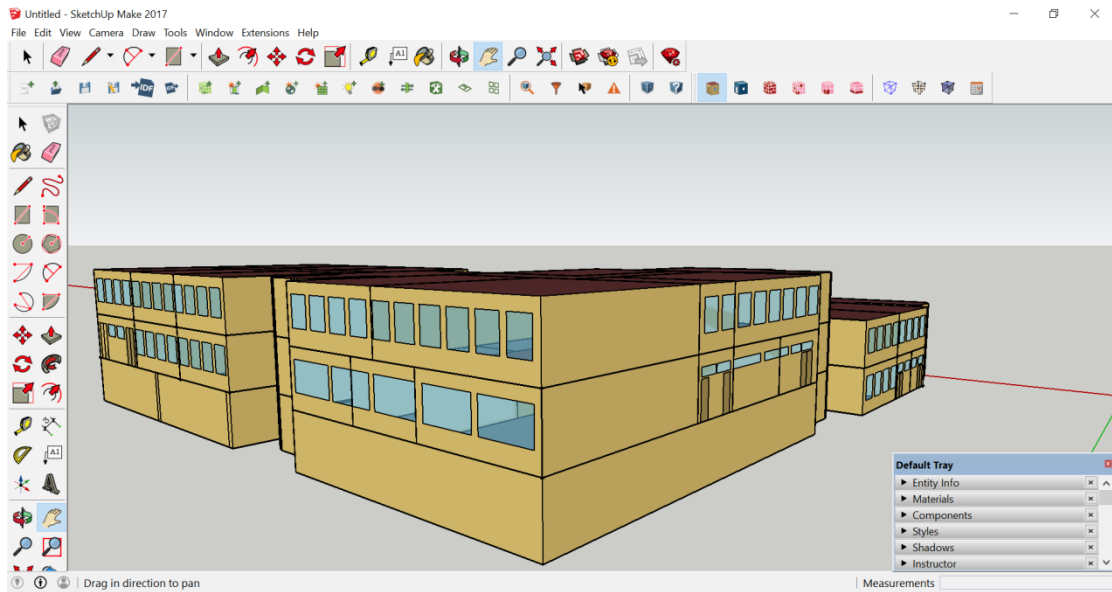


Εικόνα 17: Δημιουργία κάτοψης κελύφους χώρου κατά τη σχεδίαση αυτού στο λογισμικό Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

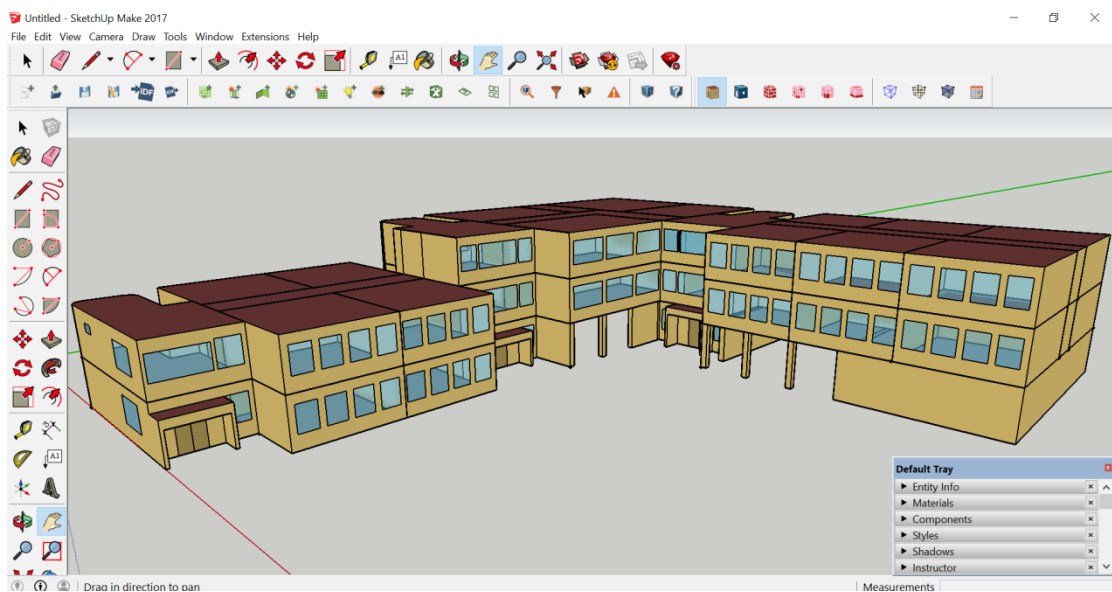


Εικόνα 18: Ανύψωση κελύφους με τη χρήση της εντολής “Push/Pull” στο λογισμικό Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

Επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία, λοιπόν, κατασκευάζεται το σχολικό συγκρότημα, όπως αυτό παρουσιάζεται στις εικόνες που ακολουθούν:

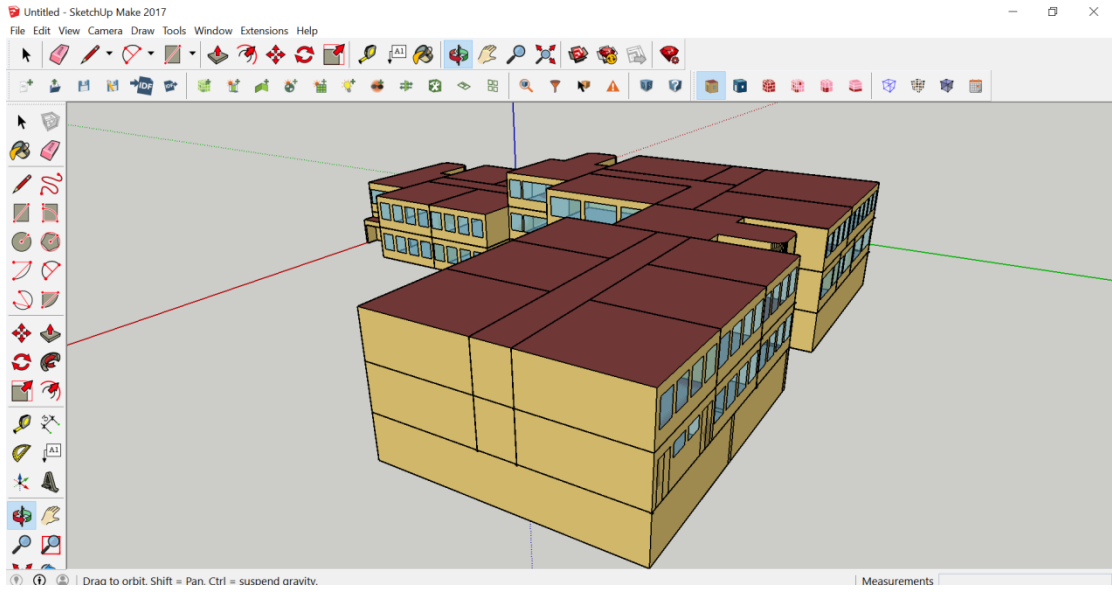


Εικόνα 19: Βόρεια όψη σχολικού συγκροτήματος σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

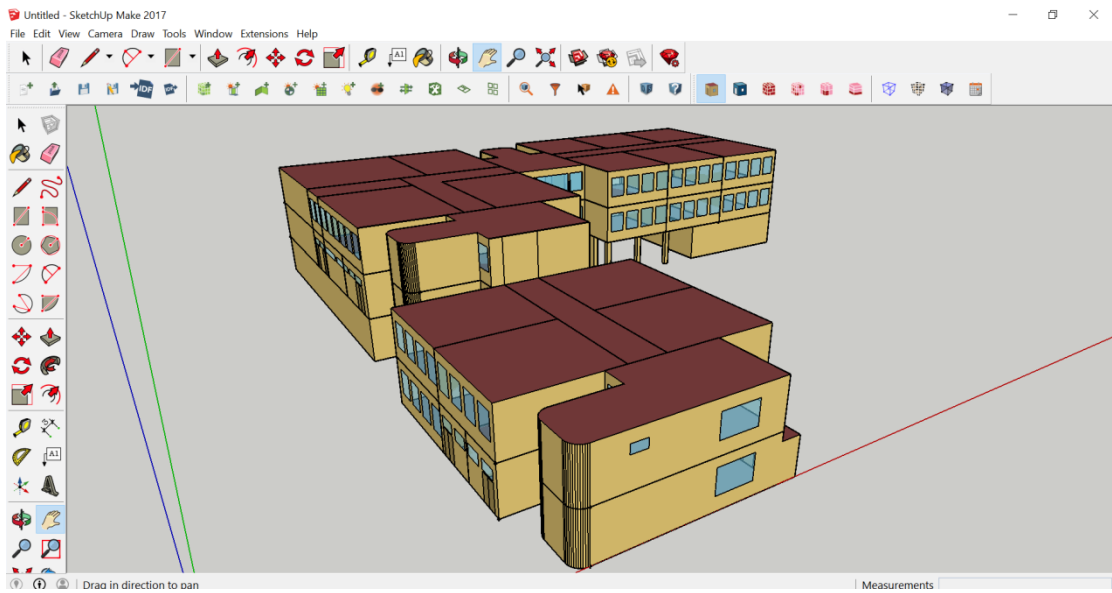


Εικόνα 20: Νότια όψη σχολικού συγκροτήματος σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

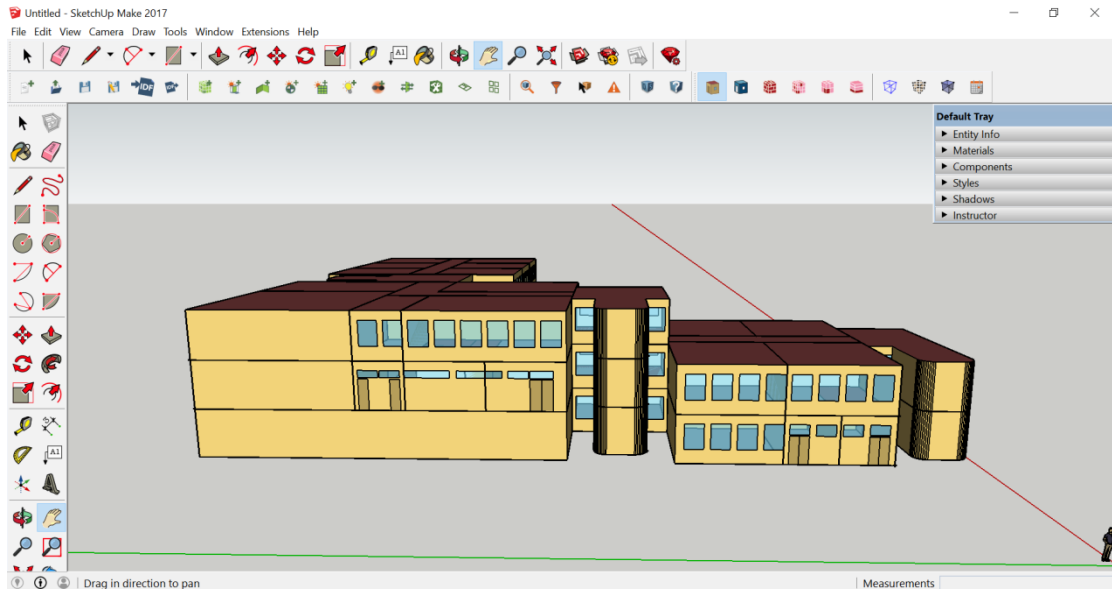
Με τη βοήθεια των εντολών “Orbit” και “Pan” δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη του προγράμματος να περιστρέφει την προβαλλόμενη εικόνα προς όλες τις κατευθύνσεις και να τη μεταφέρει στη θέση που εκείνος επιθυμεί, όπως παρουσιάζεται στις ανωτέρω εικόνες, καθώς και σε αυτές που ακολουθούν. Επιπλέον, υπάρχει και η επιλογή “Zoom in” και “Zoom out” για την επίτευξη της καλύτερης και ακριβέστερης προσομοίωσης.



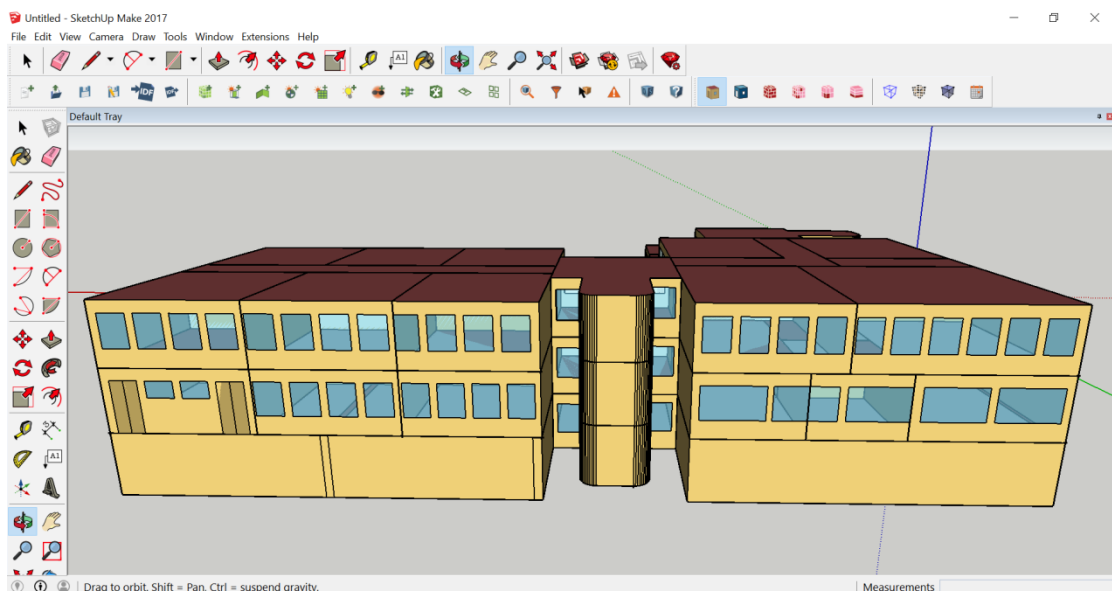
Εικόνα 21: Ανατολική όψη σχολικού συγκροτήματος σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 22: Δυτική όψη σχολικού συγκροτήματος σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 23: Βορειοδυτική όψη σχολικού συγκροτήματος σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 24: Βορειοανατολική όψη σχολικού συγκροτήματος σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

Στο σημείο αυτό επισημαίνεται πως το πρόγραμμα παρέχει πλήθος δυνατοτήτων προβολής του σχεδιαζόμενου κτιρίου, καθένας εκ των οποίων εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό. Συγκεκριμένα, σε όλες τις ανωτέρω εικόνες, επιλέχθηκε ως τρόπος προβολής ο τύπος “Render by Surface Type”, προκειμένου να παρουσιαστεί το εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου, όπως το βλέπει ο παρατηρητής. Έτσι, με καστανοκόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου που αποτελούν οροφές, ενώ με υποκίτρινο χρώμα εμφανίζονται οι τοίχοι και με γκρι τα δάπεδα του συγκροτήματος.

Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η διασφάλιση της ορθής προσομοίωσης και απόδοσης της κάθε επιφάνειας που σχεδιάζει ο χρήστης εντός του λογισμικού, ούτως ώστε να ανταποκρίνεται επακριβώς στην πραγματικότητα. Πρακτικά, αυτό εξυπηρετεί στη μεταγενέστερη επεξεργασία του μοντέλου στο πρόγραμμα Energy Plus. Εάν έχει γίνει σωστά ο διαχωρισμός των χώρων και έχει οριστεί ορθά η κάθε επιφάνεια, ο χρήστης είναι σε θέση να ορίσει θερμικές ζώνες εντός του κτιρίου, ώστε να μπορεί να αποτιμήσει με το πέρας της όλης διαδικασίας το θερμικό ισοζύγιο της κάθε θερμικής ζώνης που αυτός θα έχει ορίσει στο τρέχον μοντέλο. Η έλλειψη ακρίβειας κατά τον ορισμό των επιφανειών μπορεί να τροποποιηθεί κατά πολύ τα αποτελέσματα της διαδικασίας.

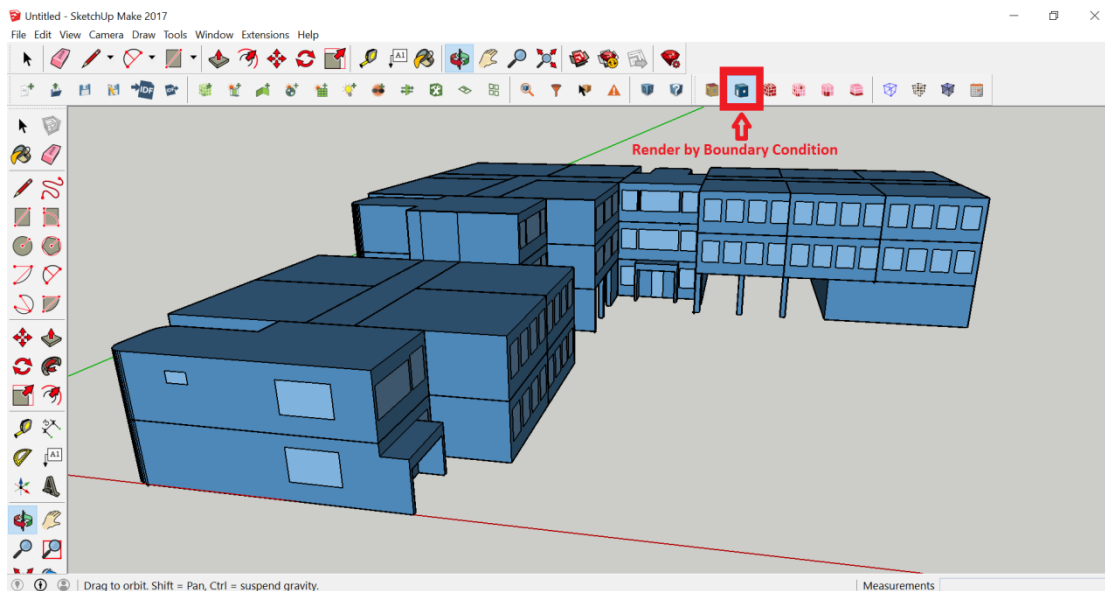
Επιφάνειες οι οποίες διαχωρίζουν χώρους με σαφή θερμοκρασιακή διαφορά, ορίζονται ως επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας. Σε αυτές κατατάσσονται όλες οι εξωτερικές επιφάνειες του σχεδιαζόμενου κτιρίου, όπως εξωτερικοί τοίχοι, εξωτερικά δάπεδα και δώματα, τοίχοι και δάπεδα υπογείων χώρων, καθώς επίσης και επιφάνειες που διαχωρίζουν χώρους ελεγχόμενης και μη θερμοκρασίας ή ακόμα και αυτές που διαχωρίζουν θερμικές ζώνες, περιοχές δηλαδή που επικρατούν διαφορετικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Ο διαχωρισμός των ανωτέρω επιφανειών επιτυγχάνεται βάσει των οριακών τους συνθηκών. Έτσι, οι εξωτερικές επιφάνειες διαχωρίζονται έχοντας οριακή συνθήκη το εξωτερικό περιβάλλον, κάτι που πρακτικά σημαίνει ότι επηρεάζονται πλήρως από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν ανά πάσα ώρα στην περιοχή, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η υγρασία, κλπ.. Από την άλλη, οι επιφάνειες που ορίζουν υπόγειους χώρους έχουν ως οριακή συνθήκη το έδαφος, που διέπεται από πιο σταθερές θερμοκρασιακές συνθήκες, ενώ οι διαχωριστικές επιφάνειες μεταξύ δύο διαφορετικών θερμικών ζωνών έχουν ως οριακή συνθήκη την ίδια την επιφάνεια του χώρου που γειτνιάζει.

Επιφάνειες αποθήκευσης θερμότητας, χαρακτηρίζονται εκείνες που διαχωρίζουν χώρους με την ίδια θερμοκρασία. Τέτοιες επιφάνειες ενδέχεται να είναι οροφές, δάπεδα και ενδιάμεσοι – διαχωριστικοί τοίχοι που διαχωρίζουν χώρους ή δωμάτια ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Στην προκειμένη περίπτωση, οριακή συνθήκη αποτελούν οι ομόλογες αυτές επιφάνειες.

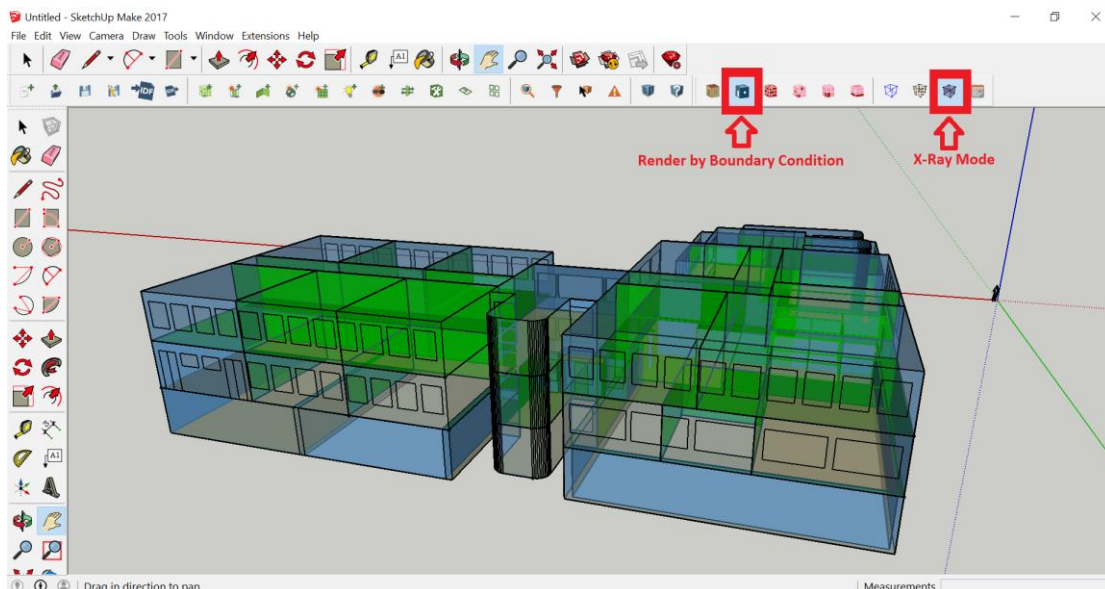
Κρίνεται, λοιπόν, απαραίτητο να αποδοθούν με ακρίβεια οι οριακές συνθήκες της κάθε σχεδιαζόμενης επιφάνειας στο λογισμικό, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη προσομοίωση του κτιριακού κελύφους και τα αποτελέσματα αυτής να είναι επεξεργάσιμα στην συνέχεια στο Energy Plus, ειδάλλως το αποτέλεσμα θα είναι απλώς μια τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου που θα ανταποκρίνεται σε μεγάλο βαθμό στην πραγματικότητα. Για το λόγο αυτό, το λογισμικό παρέχει την εντολή “Surface Matching”, που επιτρέπει στον χρήστη, μετά την ολοκλήρωση της σχεδίασης του κελύφους, να αντιστοιχίσει αυτομάτως κάθε επιφάνεια του κτιρίου που ο ίδιος σχεδίασε με τις ορθές οριακές συνθήκες, είτε αυτές είναι το εξωτερικό περιβάλλον ή το έδαφος στην περίπτωση των εξωτερικών επιφανειών, είτε η αντίστοιχη γειτονική επιφάνεια του συνορεύοντος χώρου, στην περίπτωση των εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών.

Για τη διασφάλιση της βέλτιστης εποπτείας και ελέγχου των οριακών συνθηκών που όρισε αυτόματα το πρόγραμμα, παρέχεται η εντολή “Render by Boundary Condition”, που επιτρέπει στο χρήστη να ελέγξει την ορθή αντιστοίχιση των οριακών αυτών συνθηκών, όπως το ίδιο επέλεξε να διεκπεραιώσει. Έτσι, πατώντας την επιλογή που προαναφέρθηκε, οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου που βρίσκονται σε άμεση επαφή

με τις περιβάλλουσες εξωτερικές καιρικές συνθήκες επισημαίνονται με μπλε χρώμα, οι εξωτερικές επιφάνειες που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος αλλά δεν δέχονται την επίδραση του ηλίου και του ανέμου επισημαίνονται με καφέ χρώμα, ενώ τέλος οι εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες του κτιρίου που δεν έρχονται σε επαφή με τίποτα από τα παραπάνω υποδεικνύονται με πράσινο χρώμα, όπως φαίνεται και στις εικόνες που ακολουθούν.



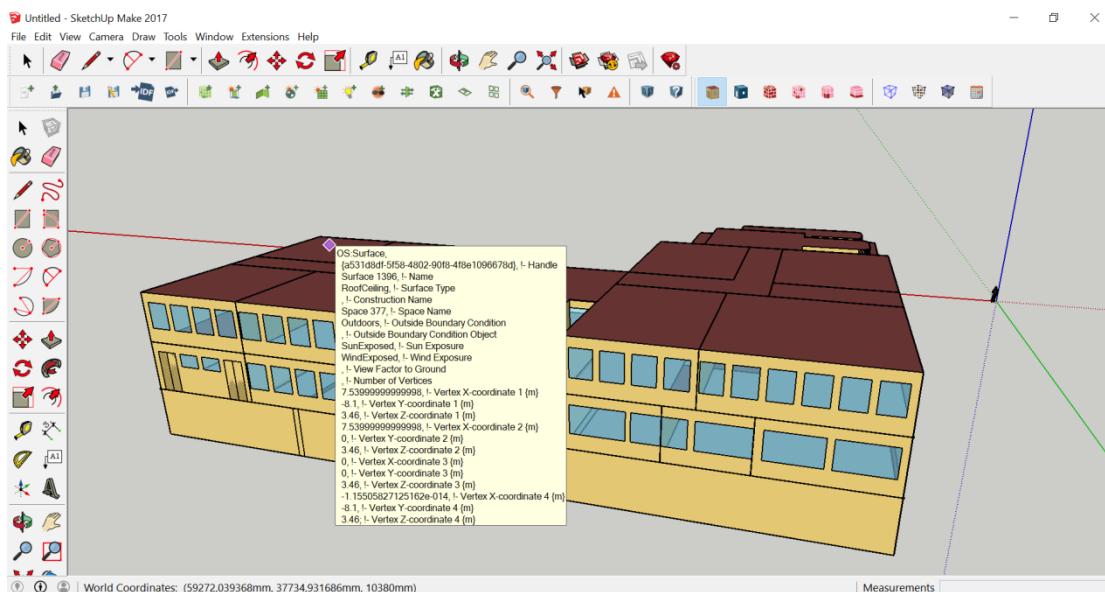
Εικόνα 25: Επιλογή εντολής “Render by Boundary Condition” σε περιβάλλον Sketch Up, όπου επισημαίνονται με μπλε χρώμα οι επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τις εξωτερικές συνθήκες (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 26: Επιλογή εντολής “Render by Boundary Condition” και “View model in X-Ray Mode” σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

Σημειώνεται ότι στη Εικόνα 24, έγινε χρήση της εντολής “View Model in X-Ray Mode”, προκειμένου όλες οι επιφάνειες του κτιρίου που σχεδιάστηκε να προβληθούν με μερική διαφάνεια, με σκοπό να καθίσταται δυνατή η πλέον πιο άμεση εποπτεία και έλεγχος του εσωτερικού του κτιριακού κελύφους.

Στο σημείο αυτό να αναφερθεί πως το πρόγραμμα είναι εξοπλισμένο με μια επιπλέον δυνατότητα. Παρέχεται η εντολή “Info Tool”, επιλέγοντας την οποία και μετακινώντας τον κέρσορα σε κάθε επιφάνεια, ο χρήστης μπορεί να έρθει σε επαφή με ένα αναδυόμενο παράθυρο, στο οποίο αναγράφονται όλα τα μοναδικά στοιχεία της κάθε επιφάνειας. Τέτοια στοιχεία είναι το είδος και ο αριθμός της εν λόγω επιφάνειας, καθώς και μια σειρά παραμέτρων, όπως γεωμετρικά και άλλα αριθμητικά στοιχεία, το είδος της οριακής συνθήκης συντεταγμένες κορυφών κ.α.. Να υπογραμμιστεί, πως κάθε επιφάνεια που σχεδιάζεται στο πρόγραμμα, ορίζεται με έναν μοναδικό αριθμό, που τη διαφοροποιεί από οποιαδήποτε άλλη επιφάνεια που σχεδιάζεται από το χρήστη.



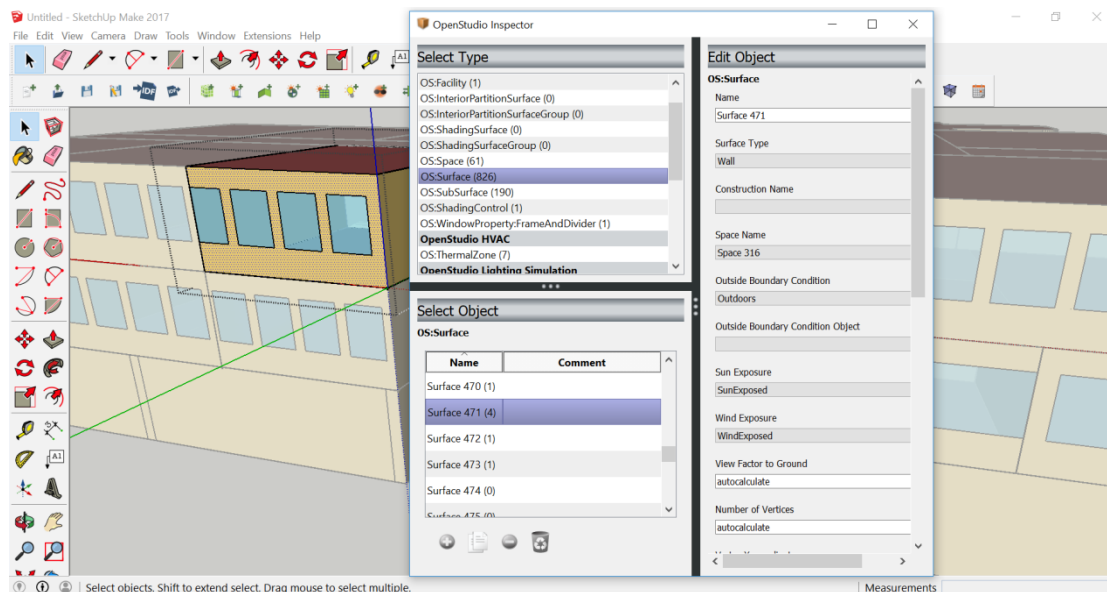
Εικόνα 27: Χρήση εργαλείου “Info Tool” σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

Εάν ο χρήστης του προγράμματος επιθυμεί μια πιο λεπτομερή επισκόπηση των ιδιοτήτων της κάθε επιφάνειας που ο ίδιος κατασκεύασε, αυτό εξασφαλίζεται με την εντολή “Insector”. Επιλέγοντας μια επιφάνεια του κελύφους και ακολούθως την ανωτέρω εντολή, αναδύεται ένα παράθυρο στο οποίο αναγράφονται όλες οι αναλυτικές πληροφορίες που σχετίζονται με την επιλεγμένη επιφάνεια, μερικές εκ των οποίων είναι οι εξής:

- Το όνομα της επιλεγμένης επιφάνειας, δηλαδή ο μοναδικός αριθμός που επέλεξε να δώσει το πρόγραμμα στην τρέχουσα επιφάνεια ώστε να ξεχωρίζει από οποιαδήποτε άλλη.
- Ο τύπος της επιφάνειας, δηλαδή αν πρόκειται για τοίχο, οροφή ή δάπεδο, ενώ στην περίπτωση των ανοιγμάτων, εάν πρόκειται για παράθυρο ή πόρτα, συντεταγμένες κλπ.
- Η κατασκευαστική δομή της επιφάνειας, εφόσον αυτή έχει οριστεί.

- Στην περίπτωση που έχει επιλεγεί κάποιο άνοιγμα του σχεδιασμένου κτιρίου, το όνομα της επιφάνειας στην οποία ανήκει
- Στην περίπτωση που έχει επιλεγεί κάποια επιφάνεια του κελύφους, το είδος της εξωτερικής οριακής συνθήκης, το όνομα της γειτνιάζουσας επιφάνεια με την οποία συνορεύει εάν πρόκειται για εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια, καθώς επίσης και αν εκτίθεται στον ήλιο και στον άνεμο, στην περίπτωση που γίνεται λόγος για εξωτερική επιφάνεια του κελύφους.

Σαφώς δίνεται η επιλογή στο χρήστη να αλλάξει κάποια από τα στοιχεία που εμφανίζονται στο παράθυρο εφόσον το επιθυμεί. Μια τέτοια επέμβαση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί στην αλλαγή της οριακής συνθήκης μια επιφάνειας από εξωτερική σε επαφή με το έδαφος, κάτι που πρακτικά σημαίνει πως ενώ είχε ορισθεί να έρχεται σε επαφή με τον ήλιο και τον άνεμο, τώρα βρίσκεται σε επαφή μόνο με το έδαφος, χωρίς να επηρεάζεται από τους προαναφερθέντες εξωτερικούς καιρικούς παράγοντες. Επιπροσθέτως, ο χρήστης μπορεί να επέμβει και στο υλικό κατασκευής μιας επιφάνειας η οποία ορίστηκε λάθος από το πρόγραμμα, για παράδειγμα, μια αδιαφανής πόρτα ή παράθυρο, να ορισθεί εκ νέου ως κατασκευασμένο από γυαλί. Μπορεί να φαίνεται κάπως ασήμαντο, αλλά μια τέτοια αλλαγή, θα επηρεάσει αρκετά τα τελικά αποτελέσματα του προγράμματος στο σύνολο του σχολικού συγκροτήματος, καθώς οι εισερχόμενες ηλιακές ακτίνες που θα διέρχονται από ένα τέτοιο άνοιγμα, καθορίζουν σε κάποιο βαθμό και τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν σε έναν κλειστό χώρο.



Εικόνα 28: Επιλογή εντολής “Inspector” που παρέχεται από το πρόγραμμα Sketch Up, δίνοντας στο χρήστη την επιλογή να επέμβει σε ιδιότητες επιλεγμένων επιφανειών (Ιδία Επεξεργασία).

5.3.Προσδιορισμός θερμικών ζωνών του σγολικού συγκροτήματος

5.3.1. Καθορισμός θερμικών ζωνών κτιρίου σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010)

Για την εκτίμηση της ενεργειακής του απόδοσης το κτίριο χωρίζεται σε «θερμικές ζώνες», δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για το διαχωρισμό του κτιρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- Ο διαχωρισμός του κτιρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.
- Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτιρίου.
- Τμήματα του κτιρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτιρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών

Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το κτίριο θα πρέπει να μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή να διακριτοποιείται (να διαχωρίζεται) κατά περίπτωση σε περισσότερες θερμικές ζώνες. Εφόσον διακριτοποιηθεί ένα κτίριο σε περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, υπάρχει η δυνατότητα βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων να εκπονηθεί η μελέτη ενεργειακής απόδοσης με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των θερμικών ζωνών. Δεδομένου ότι η θερμική σύζευξη των ζωνών πολλαπλασιάζει σημαντικά τόσο την είσοδο των δεδομένων στο μοντέλο του κτιρίου, όσο και τον υπολογιστικό χρόνο, χωρίς ωστόσο αντίστοιχα να επιτυγχάνει σημαντική βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, για την μελέτη ενεργειακής απόδοσης είναι σκόπιμο να ακολουθείται ο υπολογισμός χωρίς σύζευξη μεταξύ των θερμικών ζωνών.

Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010) και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 επιβάλλεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 K (4 °C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία. Για παράδειγμα, σε ένα νοσοκομείο υπάρχουν αίθουσες νοσηλείας, γραφείων, χειρουργείων, ειδικών ιατρικών μηχανημάτων, εργαστήρια κ.ά. Οι χώροι διαφορετικών χρήσεων έχουν συνήθως και διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο, που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.

- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο) συναλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες. Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτίριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Υπάρχουν χώροι, στους οποίους το σύστημα του μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Χώροι που καταλαμβάνουν όγκο μικρότερο του 10% του όγκου του κτιρίου ή/και έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με την κατανάλωση στο υπόλοιπο κτίριο, δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αυτόνομες θερμικές ζώνες. Επίσης, δευτερεύοντες βοηθητικοί χώροι που δεν θερμαίνονται και που συνδέονται λειτουργικά με μια θερμική ζώνη (π.χ. αποθηκευτικός χώρος εντός διαμερίσματος, ψευδοροφή που διαχωρίζεται από το θερμαινόμενο χώρο με δομικό στοιχείο που δεν είναι θερμομονωμένο) λαμβάνονται ως τμήμα της θερμικής ζώνης.

Ο διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες εναπόκειται στην ευχέρεια του μελετητή ή του επιθεωρητή και μπορεί να βασιστεί στους εθνικούς κανονισμούς και τις σχετικές τεχνικές οδηγίες. Ωστόσο, για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης και της ενεργειακής επιθεώρησης η ακρίβεια των υπολογισμών δεν επηρεάζεται σημαντικά από το διαχωρισμό του κτιρίου σε περισσότερες θερμικές ζώνες από αυτές που συστήνεται να επιλέγονται βάσει των παραπάνω κανόνων. Γι' αυτό το λόγο καλό είναι ο διαχωρισμός του κτιρίου σε ζώνες να είναι κατά το δυνατόν μικρότερος. Αν το κτίριο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές μεταξύ των τμημάτων του, η βέλτιστη προσέγγιση είναι να αντιμετωπιστεί ως μία ενιαία θερμική ζώνη.

Στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου καθορίζονται και οι θερμαινόμενοι χώροι (ή θερμικές ζώνες) και οι μη θερμαινόμενοι χώροι (Μ.Θ.Χ.) καθώς και οι ηλιακοί χώροι (π.χ. αίθρια), που γειτνιάζουν και έχουν θερμική σύζευξη με τους θερμαινόμενους χώρους. Οι μη θερμαινόμενοι και οι ηλιακοί χώροι του κτιρίου είναι ενεργειακά αδρανείς χώροι, χωρίς απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό. Κατά τους υπολογισμούς, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και ο φωτισμός των μη θερμαινόμενων και των ηλιακών χώρων θεωρούνται μηδενικά. Ωστόσο, συμμετέχουν δυναμικά στον υπολογισμό των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και ψύξη των θερμαινόμενων χώρων (θερμικές ζώνες) και για το λόγο αυτό περιγράφονται και καθορίζονται με την ίδια ακρίβεια όπως και οι θερμικές ζώνες.

Επισημαίνεται ότι ειδικά κατά την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης τμήματος κτιρίου και μόνο (π.χ. διαμερίσματος), το οποίο εφάπτεται με μη θερμαινόμενους χώρους (π.χ. κλιμακοστάσιο), για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, θεωρείται κατά παραδοχή ότι εφάπτεται με τον εξωτερικό αέρα. Σ' αυτή την περίπτωση, όλα τα δομικά στοιχεία του τμήματος κτιρίου που εφάπτονται με το μη θερμαινόμενο χώρο (τοιχοποιίες, ανοίγματα κ.ά.), περιγράφονται ως εφάπτομενα με τον εξωτερικό αέρα αλλά με συντελεστή θερμοπερατότητας (U) μειωμένο κατά το ήμισυ του υπολογιζόμενου (δηλαδή πολλαπλασιαζόμενο επί μειωτικό συντελεστή $b=0,5$) και με πλήρη σκίαση (μηδενικό συντελεστή σκίασης) χειμώνα και καλοκαίρι. Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U γίνεται βάσει της πραγματικής θέσης του δομικού στοιχείου, δηλαδή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.

5.3.2. Καθορισμός θερμικών ζωνών στο τρέχον μοντέλο

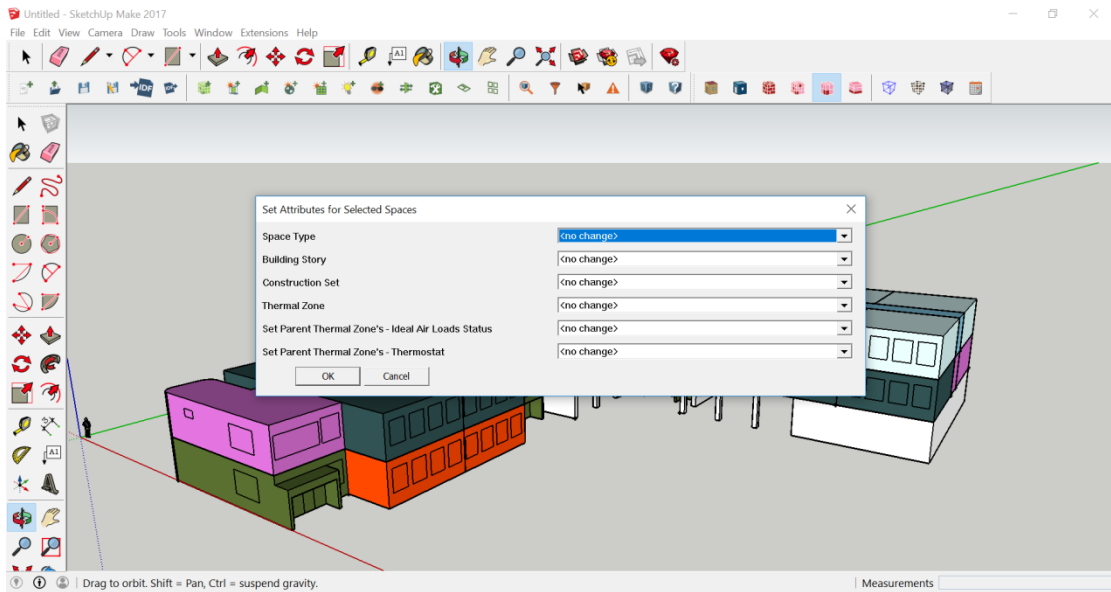
Το υπό μελέτη σχολικό συγκρότημα, το 4ο Γυμνάσιο και Λύκειο Ηλιούπολης όπως είναι λογικό διαθέτει μια πληθώρα χώρων που χρησιμοποιούνται ο καθένας για διαφορετική χρήση, βλέπε αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, αίθουσα υπολογιστών κλπ. Προτού πραγματοποιηθεί η προσομοίωση του μοντέλου με το πρόγραμμα Energy Plus προκρίμενου να προσδιορισθεί το ενεργειακό καθεστώς του σχολείου, κρίνεται απαραίτητο να διαχωριστεί το κτίριο σε θερμικές ζώνες. Ο διαχωρισμός αυτός είναι μια διαδικασία από τις πλέον πιο σημαντικές για την διεκπεραίωση της μοντελοποίησης και τη διεξαγωγή των επιθυμητών, ορθών και ρεαλιστικών αποτελεσμάτων.

Ακολουθώντας τον κανονισμό που παρατέθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, κρίθηκε σκόπιμο να χωρισθεί το κτίριο σε 7 διαφορετικές θερμικές ζώνες. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το σχολικό συγκρότημα αποτελείται από ισόγειο, πρώτο και δεύτερο όροφο. Έτσι, οι θερμικές ζώνες που ορίστηκαν για το τρέχον κτίριο, διαμορφώνονται ως ακολούθως:

Πίνακας 6: Καθορισμός Θερμικών Ζωνών σχολικού συγκροτήματος (Ιδία Επεξεργασία).

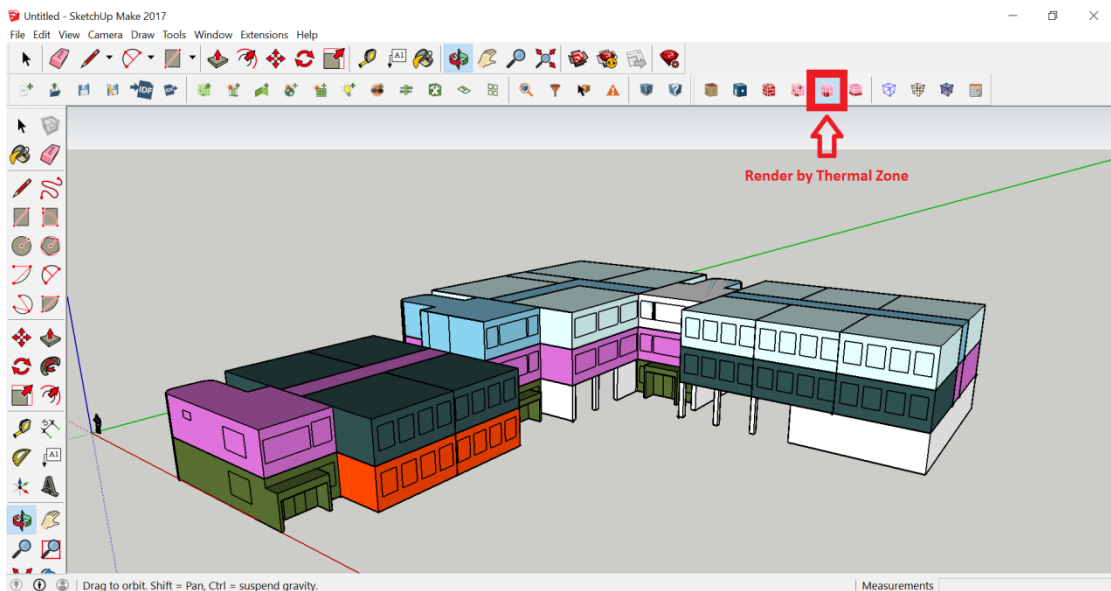
| Όροφος | Αντίστοιχοι Χώροι Κτιρίου | Ορισμός Θερμικής Ζώνης |
|------------------------|---------------------------|------------------------|
| Ισόγειο | Αίθουσα Διδασκαλίας | Θερμική Ζώνη 1 |
| | Κοινόχρηστοι Χώροι | Θερμική Ζώνη 2 |
| 1 ^{ος} Όροφος | Αίθουσα Διδασκαλίας | Θερμική Ζώνη 3 |
| | Κοινόχρηστοι Χώροι | Θερμική Ζώνη 4 |
| | Γραφεία Καθηγητών | Θερμική Ζώνη 5 |
| 2 ^{ος} Όροφος | Αίθουσα Διδασκαλίας | Θερμική Ζώνη 6 |
| | Κοινόχρηστοι Χώροι | Θερμική Ζώνη 7 |

Μετά το διαχωρισμό που φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, πρέπει να πραγματοποιηθεί ο ορισμός των ανωτέρω θερμικών ζωνών στο κτίριο αναφοράς. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται μέσω της εντολής “Set Attributes for Selected Spaces”, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα:

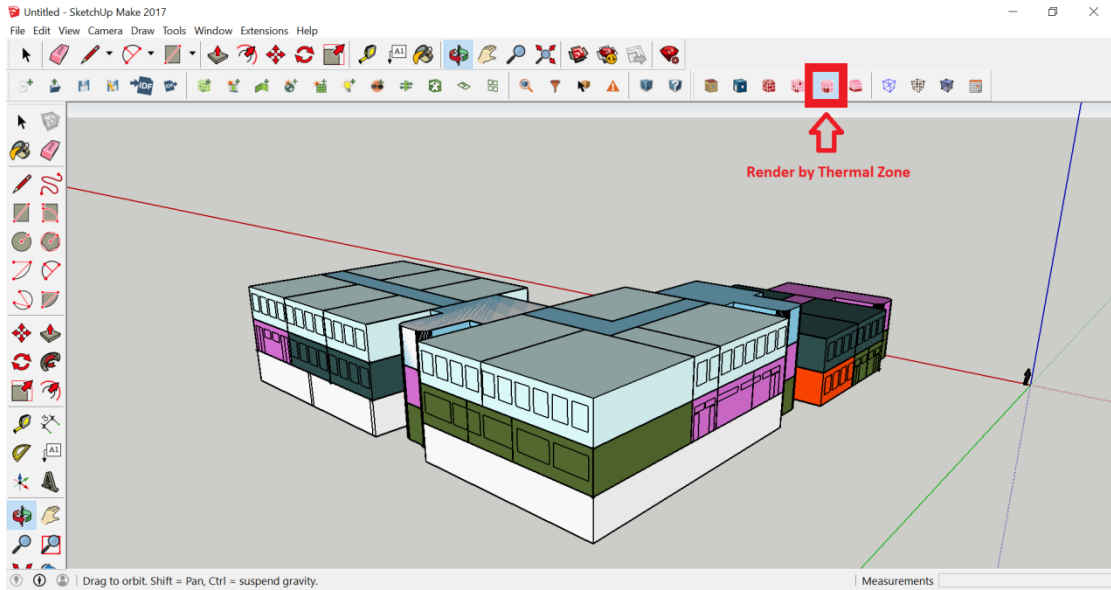


Εικόνα 29: Ορισμός θερμικών ζωνών στο σχολικό συγκρότημα σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

Μετά το πέρας της διαδικασίας που περιγράφηκε, ο χρήστης είναι σε θέση να πραγματοποιήσει επισκόπηση στις ήδη καθορισμένες θερμικές ζώνες του κτιρίου μέσω της εντολής “Render by Thermal Zone”, διαδικασία κατά την οποία κάθε θερμική ζώνη αποκτά διαφορετικό χρώμα ώστε να είναι ευδιάκριτα τα όρια της κάθε μιας.

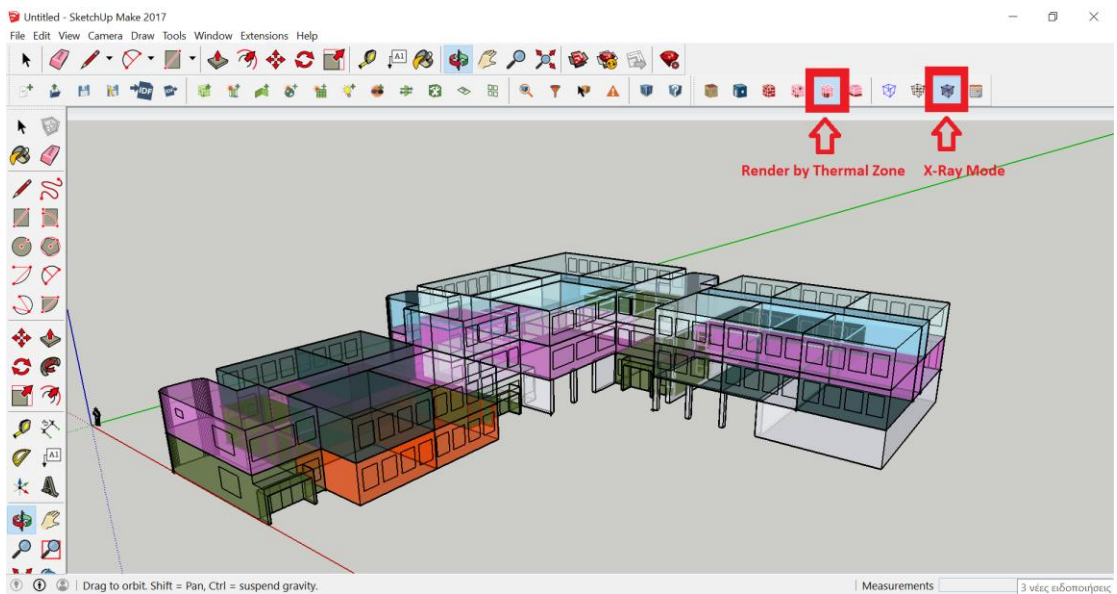


Εικόνα 30: Νότια όψη σχολικού συγκροτήματος με χρήση της εντολής “Render by Thermal Zone” όπου διαφαίνονται οι θερμικές ζώνες που ορίσθηκαν στο πρόγραμμα Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

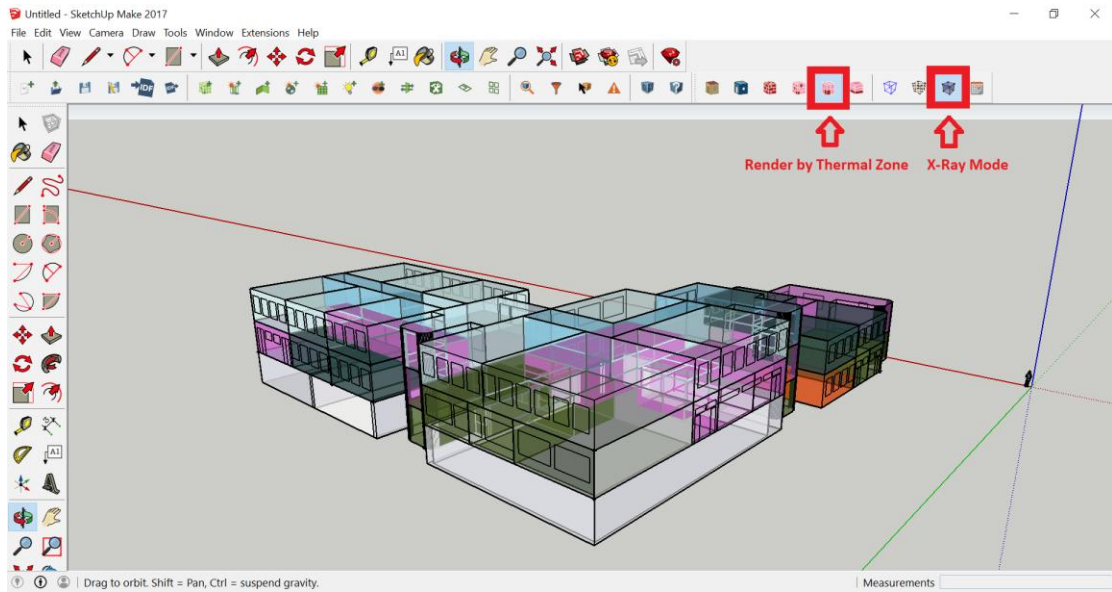


Εικόνα 31: Βόρεια όψη σχολικού συγκροτήματος με χρήση της εντολής “Render by Thermal Zone” , όπου διαφαίνονται οι θερμικές ζώνες που ορίσθηκαν στο πρόγραμμα Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

Για την καλύτερη εποπτεία των θερμικών ζωνών στο εσωτερικό του κελύφους, ενδείκνυται η συνδυαστική χρήση της εντολής “View Model in X-Ray Mode” και “Render by Thermal Zone”, όπως φαίνεται και ακολούθως:



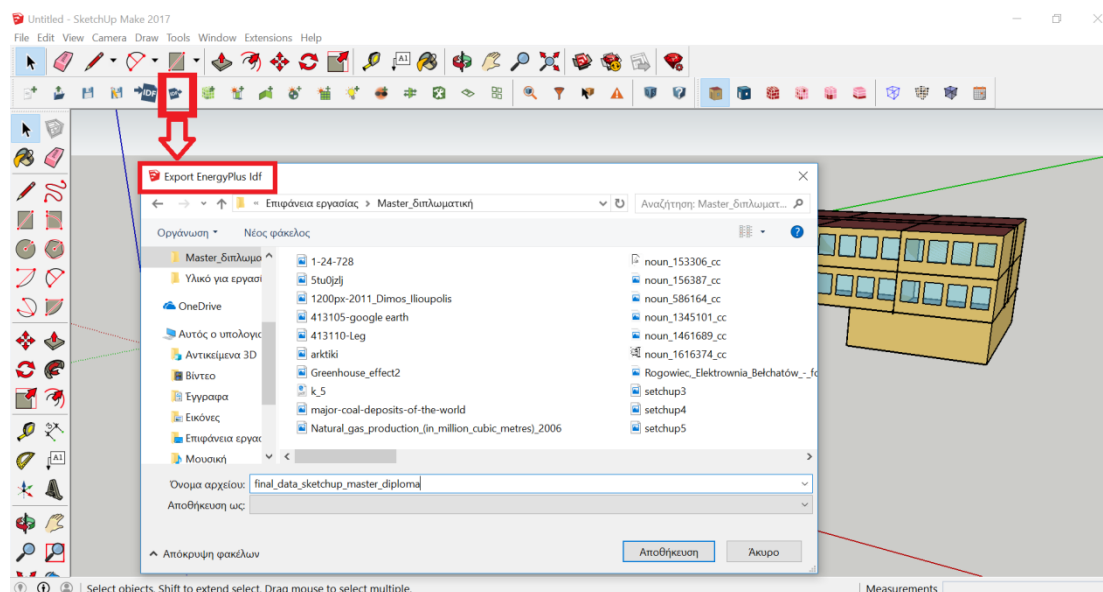
Εικόνα 32: Νότια όψη σχολικού συγκροτήματος όπου φαίνονται τα όρια των θερμικών ζωνών με τη συνδυαστική χρήση των εντολών “Render by Thermal Zone” και “View Model in X-Ray Mode” σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 33: Βόρεια όψη σχολικού συγκροτήματος όπου φαίνονται τα όρια των θερμικών ζωνών με τη συνδυαστική χρήση των εντολών “Render by Thermal Zone” και “View Model in X-Ray Mode” σε περιβάλλον Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

5.4. Μοντελοποίηση σχολικού συγκροτήματος με το πρόγραμμα Energy Plus

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθείται πριν εισαχθούν τα δεδομένα από το πρόγραμμα Sketch Up στο λογισμικό Energy Plus. Με το πέρας της ολοκλήρωσης του σχεδιασμού του κελύφους του σχολικού κτιρίου και το διαχωρισμό αυτού σε θερμικές ζώνες, δημιουργείται ένα αρχείο δεδομένων εισόδου για την προσομοίωση με το λογισμικό Energy Plus, το οποίο είναι επεξεργάσιμο πλέον από την εφαρμογή IDF Editor, στη οποία και θα ολοκληρωθεί η συμπλήρωσή του. Η εξαγωγή και συμπλήρωση του τρέχοντος αρχείου πραγματοποιείται μέσω της εντολής “Export EnergyPlus Idf”, όπως είναι κατανοητό από την εικόνα που ακολουθεί:

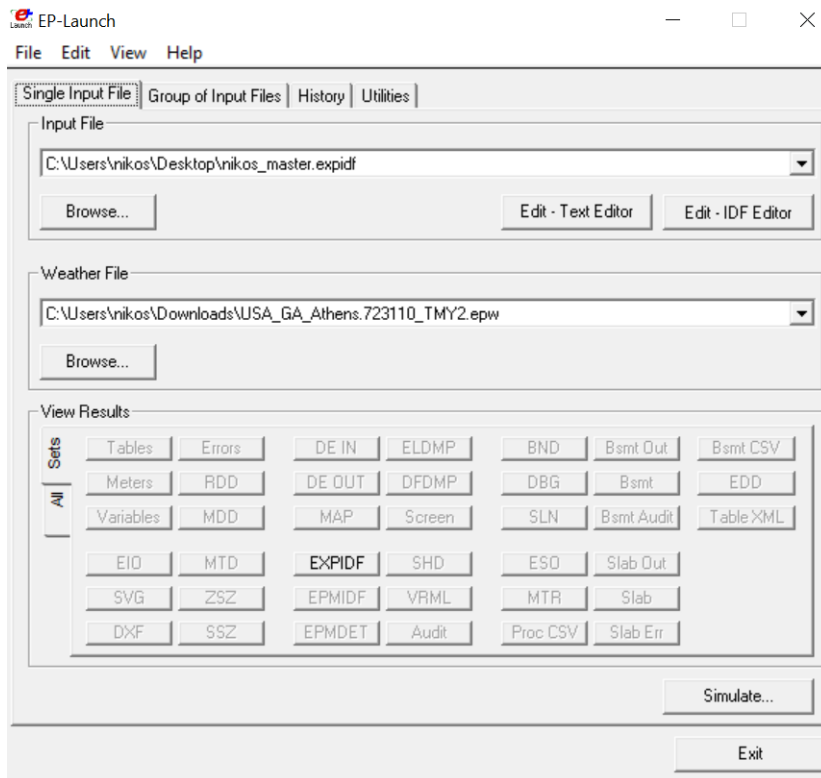


Εικόνα 34: Δημιουργία αρχείου δεδομένων εισόδου με χρήση της εντολής “Export EnergyPlus Idf” στο πρόγραμμα Sketch Up (Ιδία Επεξεργασία).

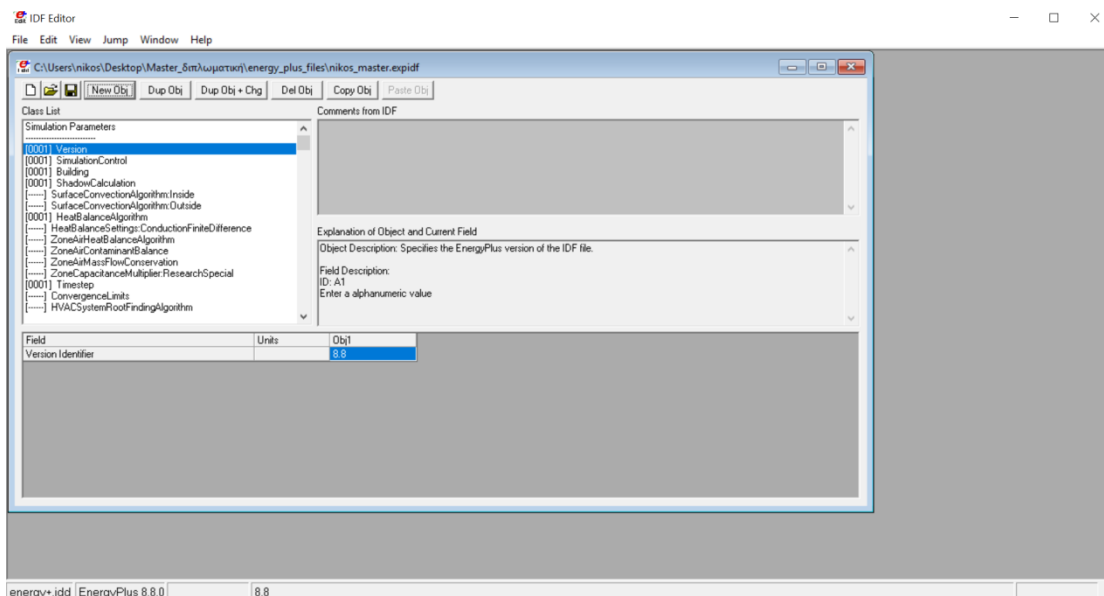
5.4.1. Εισαγωγή αρχικών δεδομένων στο λογισμικό Energy Plus

Ανοίγοντας το αρχείο Idf που εξήχθη προηγουμένως από το πρόγραμμα Sketch Up, ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου στο λογισμικό EP-Launch. Στο Input File, επιλέγεται το αρχείο που μόλις προαναφέρθηκε, και στη συνέχεια επιλέγεται το αρχείο καιρού.

Ακολούθως, επιλέγοντας την εντολή “Edit-Idf Editor”, ο χρήστης είναι σε θέση να ανοίξει το παράθυρο διαλόγου του λογισμικού Energy Plus, στο οποίο μπορεί να συμπληρώσει όλα τα πιθανά πεδία ενδιαφέροντος για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, όπως αυτή θα περιγραφεί αναλυτικά στη συνέχεια.

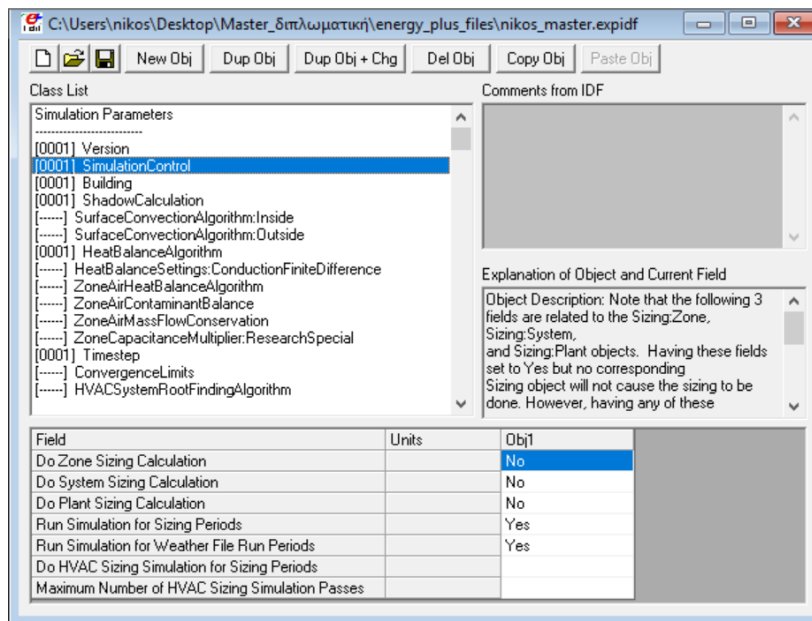


Εικόνα 35: Εισαγωγή στο περιβάλλον Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).



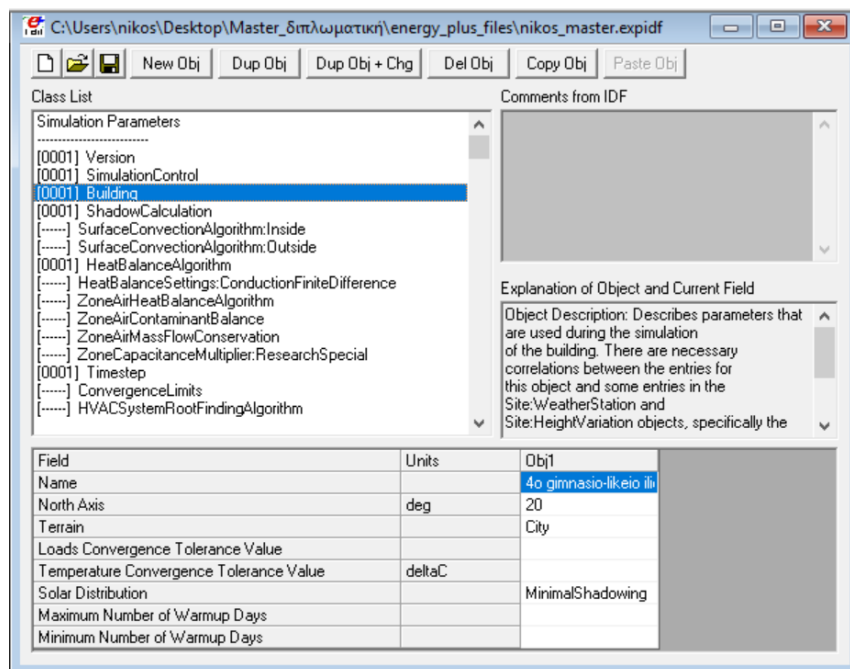
Εικόνα 36: Idf Editor στο περιβάλλον του Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Ένα από τα πρώτα πεδία που ζητά το πρόγραμμα να συμπληρωθεί είναι αυτό που ονομάζεται “Version Identifier”, και το οποίο συμπληρώνεται με τον αριθμό 8,8 , την έκδοση του λογισμικού που χρησιμοποιείται.



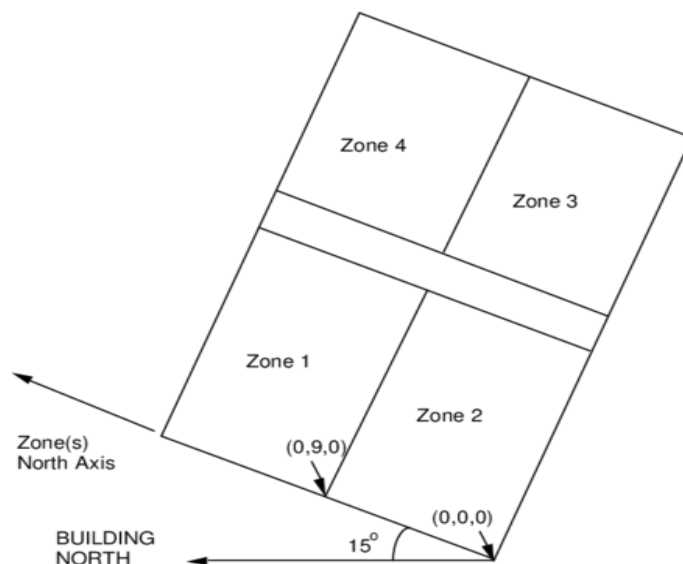
Εικόνα 37: Υποκατηγορία “SimulationControl” (Ιδία Επεξεργασία).

Στη συνέχεια πρέπει να συμπληρωθεί η υποκατηγορία “Building”, που αφορά κυρίως στο κτίριο και στο περιβάλλον αυτού. Συγκεκριμένα πρόκειται για το όνομα του κτιρίου και την κλίση αυτού σε σχέση με τον πραγματικό Βορρά.



Εικόνα 38: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Building” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

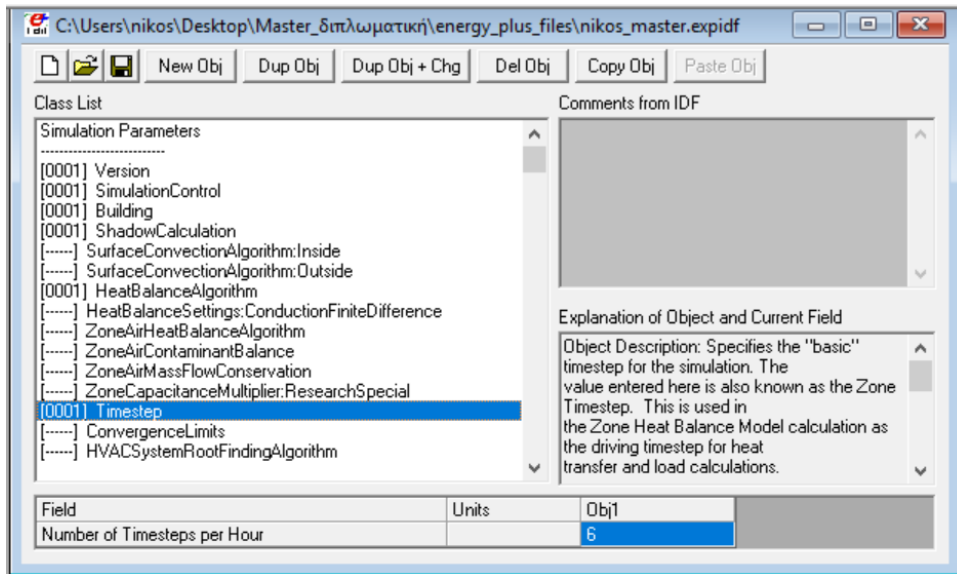
Μερικά στοιχεία για να γίνει κατανοητή η συμπλήρωση των ανωτέρω στοιχείων στο πεδίο “Building” είναι τα ακόλουθα:



Σχήμα 10: Βορράς κτιρίου σε σχέση με τον πραγματικό Βορρά (Big Ladder Software).

Στο πεδίο “terrain” συμπληρώνεται ως απάντηση το “City”, μιας και το σχολικό συγκρότημα εδρεύει σε αστική περιοχή, εντός πόλεως, ενώ η απόκλιση του κτιρίου από τον άξονα του Βορρά κρίνεται ίσο με 20 και τέλος ως μηχανισμός διανομής της ηλιακής ακτινοβολίας επιλέχθηκε το «Minimal Shadowing». Σε αυτή την περίπτωση, δεν υπάρχει εξωτερική σκίαση εκτός από τα ανοίγματα των παραθύρων και των θυρών. Όλη η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στη ζώνη θεωρείται ότι πέφτει στο πάτωμα, όπου απορροφάται ανάλογα με την ηλιακή απορρόφηση του δαπέδου. Οτιδήποτε ανακλάται από το δάπεδο προστίθεται στη μεταδιδόμενη διάχυτη ακτινοβολία, η οποία θεωρείται ότι είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες. Εάν δεν υπάρχει δάπεδο στη ζώνη, η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτουσας δέσμης απορροφάται σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες ανάλογα με τις απορροφήσεις τους. Η ζυγοστάθμιση της ζώνης εφαρμόζεται στη συνέχεια σε κάθε επιφάνεια και στον αέρα της ζώνης με την απορροφημένη ακτινοβολία να αντιμετωπίζεται ως ροή στην επιφάνεια (Big Ladder Software).

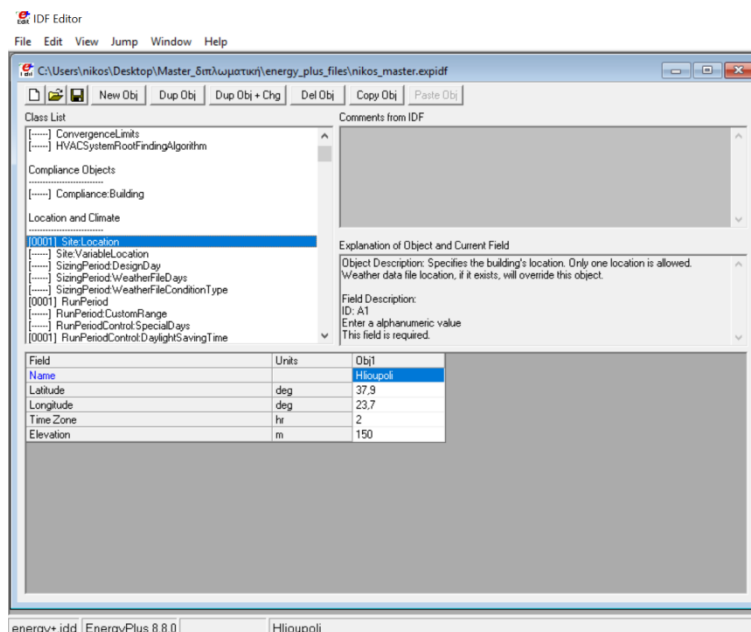
Στην καρτέλα “timestep” ορίστηκε το χρονικό βήμα προσομοίωσης , σύμφωνα με την προτεινόμενη τιμή του προγράμματος ίσο με 6. Σύμφωνα με το πεδίο αυτό στο πρόγραμμα ορίζεται πόσες μετρήσεις θα λαμβάνουν χώρα σε κάθε ζώνη ανά ώρα, ούτως ώστε να πραγματοποιηθεί υπολογισμός των φορτίων και της ροής θερμότητας. Η τιμή 6 που ορίστηκε, αντιπροσωπεύει ότι το πρόγραμμα θα λαμβάνει μετρήσεις κάθε 10 λεπτά της ώρας για έναν πιο ακριβή υπολογισμό.



Εικόνα 39: Ορισμός χρονικού βήματος προσομοίωσης στο Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

5.4.2. Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων και δεδομένων τοποθεσίας

Στην καρτέλα “Location and Climate” συμπληρώνεται το πεδίο “Site: Location”, που έχει να κάνει με δεδομένα της τοποθεσίας του εν λόγω κτιρίου, όπως είναι το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, το υψόμετρο και η ζώνη ώρας. Τα στοιχεία αυτά συμπληρώνονται ως ακολούθως:



Εικόνα 40: Εισαγωγή δεδομένων τοποθεσίας στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

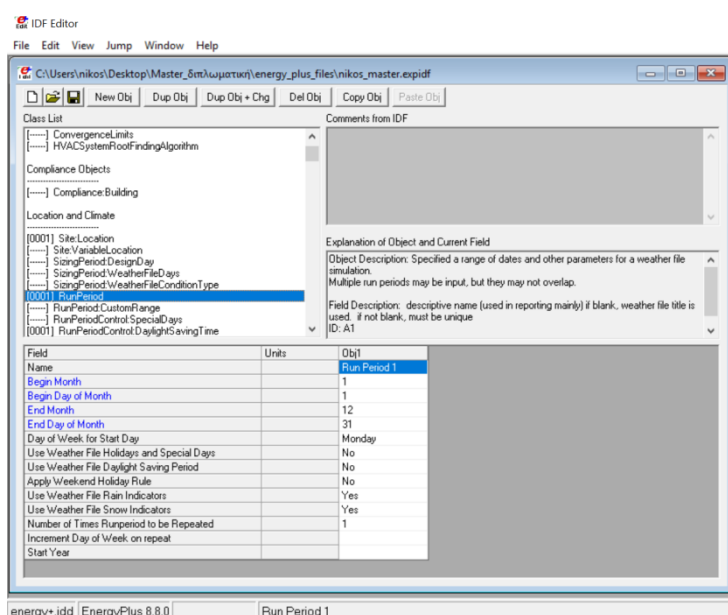
Στο βήμα αυτό έχει επιλεγεί το αρχείο καιρού για την περιοχή της Αθήνας. Οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στις συνθήκες που

επικρατούν εντός του οικοδομήματος. Χειμερινές μέρες με λιακάδα ή αυξημένη θερμοκρασία σηματοδοτούν μειωμένες ενεργειακές ανάγκες για το σχολικό συγκρότημα. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι για να υπάρχει άνεση εντός των αιθουσών διδασκαλίας μια ηλιόλουστη ημέρα, δεν χρειάζεται να καταναλωθούν καύσιμα προκειμένου να εξασφαλιστεί η βέλτιστη θερμοκρασιακή άνεση για την διεκπεραίωση των μαθημάτων. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για τους θερινούς μήνες με όχι τόσο υψηλές θερμοκρασίες, π.χ. λόγω συννεφιάς, όπου δεν θα ήταν απαραίτητη η χρήση κλιματισμού εντός των αιθουσών για να πραγματοποιούνται τα μαθήματα. Παρόλα αυτά, το σχολικό κτίριο δεν διαθέτει κλιματισμό, οπότε η παράμετρος αυτή στην προκειμένη περίπτωση δεν επηρεάζει την έρευνα, όσον αφορά τους θερινούς μήνες, γιατί για τους χειμερινούς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα πιο πάνω, τα πεδία συμπληρώνονται ως εξής: Latitude: 37,9 deg, Longitude: 23,7 deg, Time Zone: +02:00 hr και Elevation: 150m.

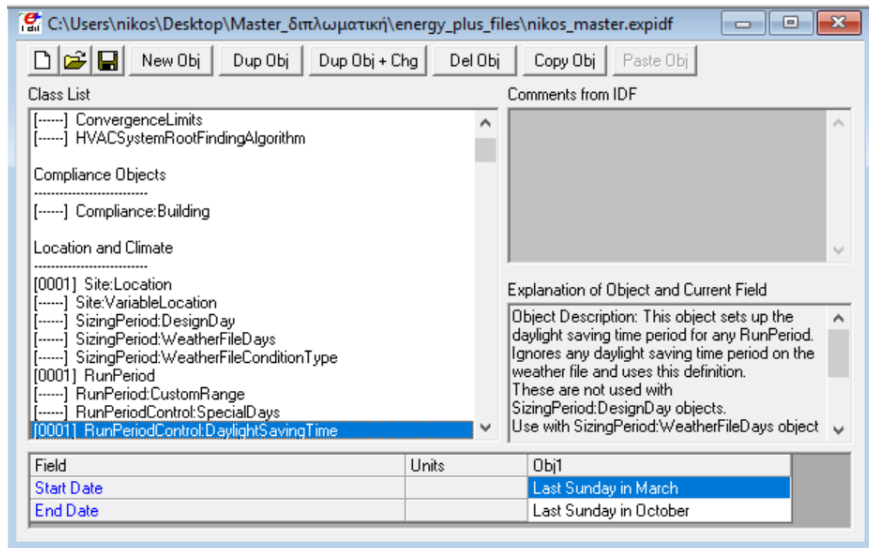
5.4.3. Run Period

Συνεχίζοντας, συμπληρώνεται η υποκατηγορία “Run Period”, που έχει να κάνει με δεδομένα που αφορούν στο αρχείο καιρού, καθώς επίσης και άλλα δεδομένα χρήσιμα για τη διεξαγωγή της διαδικασίας. Τα πεδία συμπληρώνονται ως εξής:



Εικόνα 41: Εισαγωγή δεδομένων στην κατηγορία “Run Period” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Ημέρα έναρξης της εβδομάδας ορίζεται η Δευτέρα, έναρξη περιόδου ορίζεται η 01/01 και λήξη η 31/12 κάθε έτους. Οι παράμετροι “ Use Weather File Rain Indicators” και “Use Weather File Snow Indicators” ενεργοποιούνται, καθώς οι δείκτες βροχής και χιονιού του αρχείου καιρού υποδηλώνουν υγρές επιφάνειες με διαφορετική συμπεριφορά στη μεταφορά θερμότητας με συναγωγή απ’ ότι οι στεγνές, και διαφορετική ανακλαστικότητα του καλυμμένου με χιόνι εδάφους, αντίστοιχα.



Εικόνα 42: Παράμετρος “RunPeriodControl: DaylightSavingTime” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Στην υποκατηγορία “Run Period Control : Daylight Saving Time”, συμπληρώνεται από το χρήστη σε περίπτωση που εκείνος επιθυμεί να λαμβάνεται υπόψη από το πρόγραμμα στους υπολογισμούς των ενεργειακών καταναλώσεων η αλλαγή της ώρας κατά της διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους. Η αλλαγή της ώρας, ορίζεται στο πρόγραμμα ως η τελευταία Κυριακή του Μαρτίου, όπου η ώρα πηγαίνει μια ώρα μπροστά και ορίζεται ξανά την τελευταία Κυριακή του Οκτωβρίου όπου η ώρα επιστρέφει στα κανονικά επίπεδα, μια ώρα πίσω.

5.4.4. Ground Temperature

Σε αυτή την υποκατηγορία, πρέπει να οριστεί η μέση θερμοκρασία του εδάφους για κάθε μήνα του ημερολογιακού έτους, για τη διεξαγωγή των ορθών τελικών αποτελεσμάτων. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια τα στοιχεία του πλησιέστερου μετεωρολογικού σταθμού εντός του λεκανοπεδίου Αττικής, παρόλα αυτά θα γίνει προσπάθεια υπολογισμού αυτών με βάση την ακόλουθη μαθηματική εξίσωση του Labs (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Τεχνική Οδηγία TOTEE 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών, Β’ Έκδοση, Απρίλιος 2012):

Εξίσωση 1: Μαθηματική εξίσωση υπολογισμού μέσης θερμοκρασίας εδάφους κατά Labs.

$$T(z,t) = T_m - A_s * \exp \left[-z * \left(\frac{\pi}{365 * \alpha} \right)^{1/2} \right] * \cos \left[\left(\frac{2\pi}{365} \right) * \left(t - t_0 - \frac{z}{2} * \left(\frac{365}{\pi * \alpha} \right)^{1/2} \right) \right]$$

Η παραπάνω εξίσωση ισχύει για ομογενές έδαφος, στο οποίο ωστόσο δεν υπάρχουν πηγές ή καταβόθρες θερμότητας. Στην εξίσωση εμπεριέχεται σταθερός συντελεστής θερμικής διάχυσης (α). ακολούθως παρατίθενται όλες οι παράμετροι που εμφανίζονται στην εξίσωση:

| ΣΥΜΒΟΛΟ | ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ | ΕΡΜΗΝΕΙΑ |
|----------|-------------------------|--|
| $T(z,t)$ | $^{\circ}\text{C}$ | Θερμοκρασία εδάφους σε βάθος z |
| z | m | Βάθος |
| t | Ημέρα (1-365 ή 366) | Χρόνος στον οποίο υπολογίζεται η θερμοκρασία $T(z,t)$ |
| T_m | $^{\circ}\text{C}$ | Μέση ετήσια θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους |
| A_s | $^{\circ}\text{C}$ | Πλάτος της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας επιφάνειας εδάφους |
| a | m^2/day | Συντελεστής θερμικής διάχυσης εδάφους |
| t_0 | Day (1-365) | Ημέρα του χρόνου με τη χαμηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους |

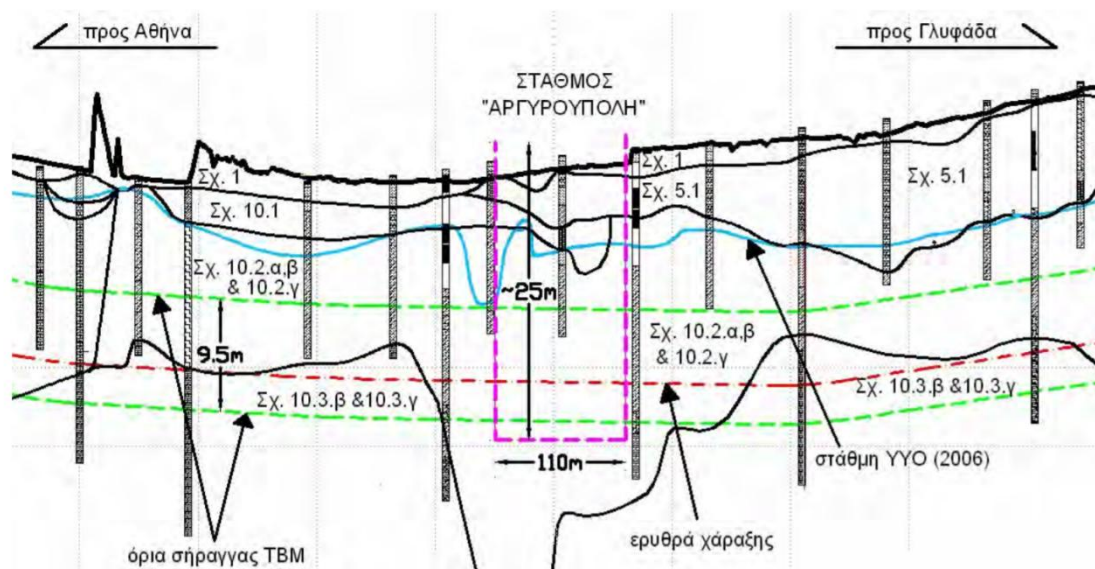
Για την επίλυση της εξίσωσης κρίνεται απαραίτητο να εντοπιστούν οι μέσες θερμοκρασίες ανά μήνα σύμφωνα με τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό του Ελληνικού. Τα στοιχεία αυτά λαμβάνονται από τον επίσημο διαδικτυακό τόπο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.). στην εξίσωση η παράμετρος T_m που πρέπει να συμπληρωθεί υποδηλώνει την μέση ετήσια θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους. Έτσι από το site της Ε.Μ.Υ. λαμβάνονται οι αντίστοιχες θερμοκρασίες για κάθε μήνα, προκειμένου στη συνέχεια να υπολογιστεί η μέση ετήσια, οπότε λαμβάνουμε τα εξής:

| ΜΗΝΑΣ | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ($^{\circ}\text{C}$) |
|---|---------------------------------------|
| Ιανουάριος | 14,4 |
| Φεβρουάριος | 13,5 |
| Μάρτιος | 13,9 |
| Απρίλιος | 15,6 |
| Μάιος | 18,0 |
| Ιούνιος | 20,6 |
| Ιούλιος | 22,5 |
| Αύγουστος | 23,5 |
| Σεπτέμβριος | 23,0 |
| Οκτώβριος | 21,3 |
| Νοέμβριος | 18,9 |
| Δεκέμβριος | 16,4 |
| | 221,6 |
| Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Επιφάνειας Εδάφους (T_m) | 18,46630827 |

Το εύρος της ετήσιας διακύμανσης της επιφάνειας του εδάφους (As) λαμβάνεται υπόψη υπό κανονικές συνθήκες από μετεωρολογικά δεδομένα, στην τρέχουσα περίπτωση, όμως, επειδή για τον ελληνικό χώρο αυτά τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα στο ευρύ κοινό, πραγματοποιείται κατά προσέγγιση υπολογισμός αυτής ίσος με 7,1 °C, αφαιρώντας από τη μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος τη μέση ετήσια που προαναφέρθηκε και πολλαπλασιάζοντας στη συνέχεια το αποτέλεσμα επί δύο. Ακολούθως, ο συντελεστής θερμικής διάχυσης ορίζεται ως ο λόγος του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) προς το γινόμενο της πυκνότητας αυτού (ρ) επί το συντελεστή ειδικής θερμότητας υπό σταθερή πίεση (c_p), σύμφωνα με την εξής σχέση:

$$\alpha = \frac{k}{c_p * \rho}$$

Ο συντελεστής θερμικής διάχυσης, προσδιορίζεται βάσει της πετρολογίας της περιοχής μελέτης. Οπότε κρίνεται απαραίτητο να γίνει προσδιορισμός της ακριβούς πετρολογίας του υποβάθρου στην περιοχή εδραίωσης του σχολικού συγκροτήματος. Σε αυτή τη φάση της μελέτης, βοηθητικό ρόλο διαδραματίζει μια γεωτεχνική μελέτη για τη νότια επέκταση της γραμμής 2 του Μετρό της Αθήνας, όπως διεκπεραιώθηκε από τους Παπαγεωργίου και Μπούσουλα και παρουσιάστηκε στο 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής το 2010 στον Βόλο. Ακολουθεί μια ενδεικτική μηκοτομή γύρω από τη σήραγγα του Μετρό:



Σχήμα 11: Απόσπασμα γεωτεχνικής μηκοτομής στην περιοχή του σταθμού «Αργυρούπολη» (Παπαγεωργίου και Μπούσουλας).

Παρατίθεται παρακάτω το συνοδευτικό υπόμνημα της ανωτέρω μηκοτομής που επεξηγεί σε βάθος κάθε εμφανιζόμενο γεωλογικό σχηματισμό.

| ΣΧΗΜΑ-ΤΙΣΜΟΙ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ |
|--------------|--|
| 1 | τεχνητές επιχώσεις |
| 2 | αδρομερή υλικά ρέματος |
| 3 | λεπτόκοκκα υλικά ρέματος |
| 4 | σιμεντοποιημένα υλικά ρέματος |
| 5.1 | συνεκτικά κορηματικά υλικά (κυρίως ασβεστολιθικής σύστασης) |
| 5.2 | σιμεντωμένα κορηματικά υλικά |
| 6 | νεογενείς σχηματισμοί Ηλιούπολης (βόρειο άκρο επέκτασης) |
| 6.1 | αποσαθρωμένη ζώνη ψαμμιτών και ιλυολίθων - αργιολίθων |
| 6.2 | ιλυόλιθος – αργιόλιθος, στιφρός έως σκληρός (ή πολύ ασθενής) |
| 6.3 | ψαμμίτης και ασβ. ψαμμίτης – μαργαϊκός ασβεστόλιθος |
| 6.4 | κροκαλοπαγές, μέτρια ισχυρό |
| 6.5 | ασβεστόλιθος (ασβ. αρενίτης – ασβ. ρουδίτης) |
| 7 | νεογενείς σχηματισμοί Ελληνικού (νότιο άκρο επέκτασης) |
| 7.1 | ιλυόλιθος – αργιόλιθος, πολύ ασθενούς έως μέτριας αντοχής |
| 7.2 | ψαμμίτης, πολύ ασθενούς έως μέτριας αντοχής |
| 7.3 | κροκαλοπαγές, μέτρια ισχυρό έως ισχυρό |
| 8 | κλαστικός σχηματισμός |
| 8.1 | συνεκτικός κλαστικός σχηματισμός |
| 8.2 | σιμεντωμένος κλαστικός σχηματισμός |
| 9 | σχιστολιθική – ψαμμιτική – μαργαϊκή σειρά |
| 9.1 | μανδύας αποσάθρωσης μαργαϊκού ασβεστόλιθου |
| 9.2α, β, γ | μαργαϊκός ασβεστόλιθος – ασβ. ψαμμίτης (ασβ. αρενίτης – ασβ. ρουδίτης) |
| 10 | Αθηναϊκός σχιστόλιθος (υπόβαθρο) |
| 10.1 | μανδύας αποσάθρωσης μεταψαμμιτών – μεταίλυολίθων |
| 10.2α, β, γ | μεταψαμμίτης – μεταίλυόλιθος |
| 10.3α, β, γ | μαύρος αργιλικός σχιστόλιθος με ενστρώσεις μεταψαμμίτη – μεταίλυολίθου |

Πίνακας 7: Συνοδευτικό υπόμνημα αποσπάσματος γεωτεχνικής μηκοτομής στην περιοχή του σταθμού «Αργυρούπολη» (Παπαγεωργίου και Μπούσουλας).

Ο συντελεστής θερμικής διάχυσης (α) προσδιορίζεται πειραματικά. Ενδεικτικές τιμές αυτού βάσει βιβλιογραφίας παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Pitts & Sissom):

Πίνακας 8: Συντελεστής θερμικής διάχυσης διαφόρων τύπων εδαφών (TOTEE).

| Τύπος εδάφους | Συντελεστής θερμικής διάχυσης α ($\times 10^{-6}$) |
|---------------|--|
| Γρανίτης | 0,49 - 0,70 |
| Ασβεστόλιθος | 0,80 - 1,83 |
| Μάρμαρο | 1,39 |
| Ψαμμίτης | 1,06 - 1,26 |
| Άργιλος | 0,139 |

Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές και την παραπάνω γεωτεχνική μελέτη, γύρω από το σχολικό συγκρότημα, οι γεωλογικοί σχηματισμοί που επικρατούν σε μεγάλο βαθμό είναι ψαμμιτικοί. Συνεπώς, ως συντελεστής θερμικής διάχυσης βάσει του παραπάνω πίνακα πρέπει να ληφθεί αυτός που αντιστοιχεί στους ψαμμίτες. Συγκεκριμένα, ο (α) που απαντά στον ψαμμίτες κυμαίνεται από 1,06 έως 1,26 $\times 10^{-6}$, συνεπώς στην προκειμένη περίπτωση, θα ληφθεί προσεγγιστικά ο μέσος όρος αυτών των ακραίων τιμών, δηλαδή το 1,16 $\times 10^{-6}$.

Για να μετατραπούν οι μονάδες αυτές του συντελεστή θερμικής διάχυσης από το σύστημα S.I. σε μονάδες συμβατές με αυτές της εξίσωσης του Labs, πολλαπλασιάζεται η τιμή του (α) επί 86400 και με τον τρόπο αυτό οι μονάδες μέτρησης του (α) μετατρέπονται σε $m^2/ημέρα$.

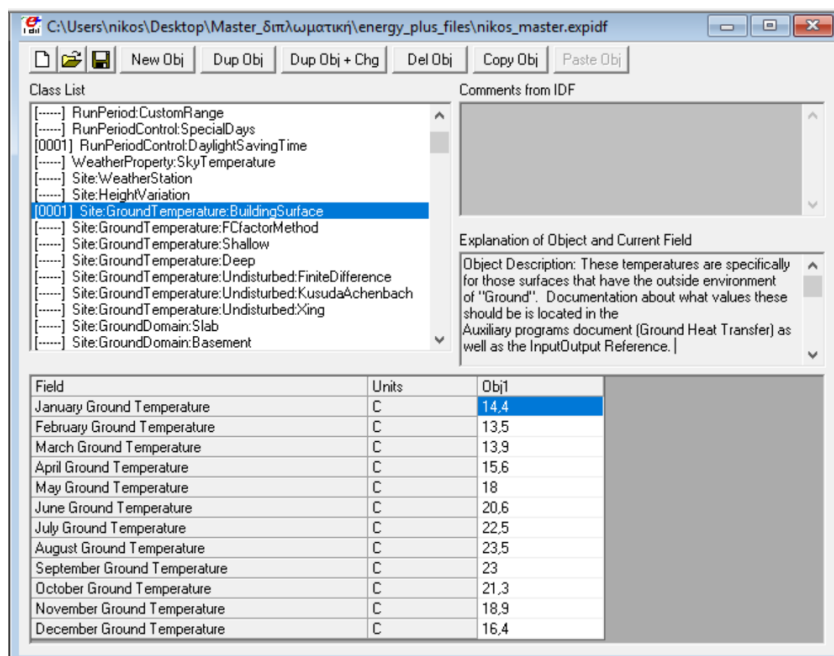
Η ημέρα του έτους κατά την οποία η θερμοκρασία επιφανείας του εδάφους λαμβάνει τη χαμηλότερη τιμή της, προκύπτει από μετρήσεις. Επειδή, γενικά αυτή η παράμετρος μετράται σε ελάχιστους σταθμούς, μπορεί να ληφθεί ίση με 30, γιατί, κατά μέσο όρο, στο Βόρειο ημισφαίριο η χαμηλότερη θερμοκρασία επιφανείας του εδάφους λαμβάνει χώρα την 30^η ημέρα του Ιανουαρίου.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν όπως αυτές εντοπίστηκαν και υπολογίστηκαν προκειμένου να εισαχθούν στην εξίσωση του Labs και να υπολογιστεί στη συνέχεια η μέση θερμοκρασία εδάφους ανά μήνα του έτους:

Πίνακας 9: Παράμετροι υπολογισμού της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας εδάφους (Ιδία Επεξεργασία).

| z (m) | t_0 | a (m ² /day) | T_m (°C) | Μέση ετήσια μέγιστη θερμοκρασία αέρα (°C) | A_s (°C) | Μήνας | t | Μέση θερμοκρασία εδάφους (°C) |
|------------|-------|---------------------------|---------------|--|---------------|-------------|-----|-------------------------------------|
| 1,21 | 30 | 0,100224 | 18,49 | 22,04 | 7,1 | Ιανουάριος | 15 | 14,4 |
| | | | | | | Φεβρουάριος | 46 | 13,5 |
| | | | | | | Μάρτιος | 75 | 13,9 |
| | | | | | | Απρίλιος | 106 | 15,6 |
| | | | | | | Μάιος | 136 | 18,0 |
| | | | | | | Ιούνιος | 167 | 20,6 |
| | | | | | | Ιούλιος | 197 | 22,5 |
| | | | | | | Αύγουστος | 228 | 23,5 |
| | | | | | | Σεπτέμβριος | 259 | 23,0 |
| | | | | | | Οκτώβριος | 289 | 21,3 |
| | | | | | | Νοέμβριος | 320 | 18,9 |
| | | | | | | Δεκέμβριος | 350 | 16,4 |

Μετά τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του εδάφους για το περασμένο ημερολογιακό έτος, ο χρήστης είναι σε θέση να εισάγει στο λογισμικό, πλέον, όλα τα στοιχεία που συνέλλεξε και υπολόγισε για τη συνέχιση της διαδικασίας.



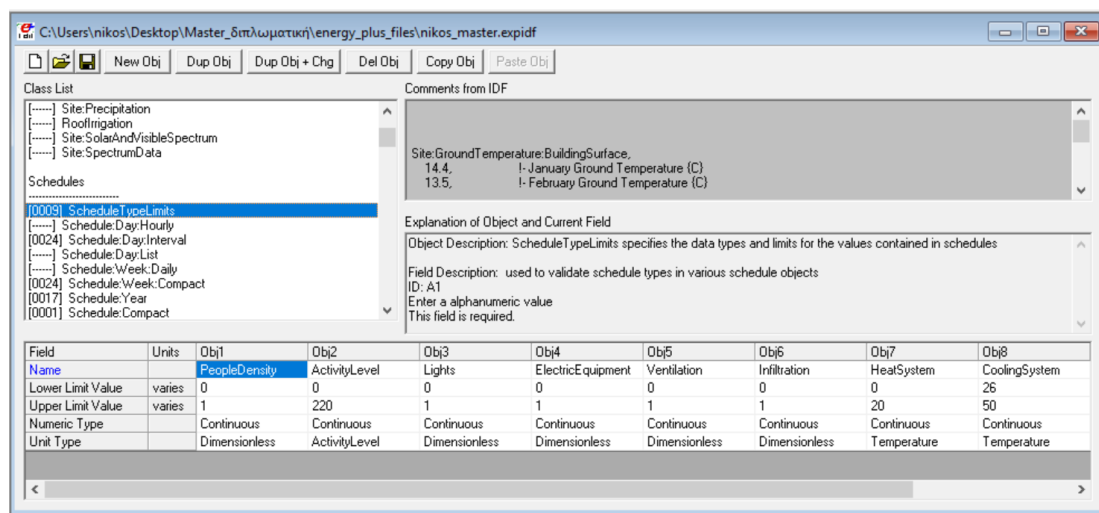
Εικόνα 43: Συμπλήρωση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας εδάφους στην υποκατηγορία “Ground Temperature – Building Surface” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

5.4.5. Schedules

Η κατηγορία αυτή, ίσως θα μπορούσε κανείς να πει, πως είναι μια από της σπουδαιότερες παραμέτρους του λογισμικού. Πρόκειται για το βήμα αυτό που ο χρήστης πραγματοποιεί το χρονικό προγραμματισμό όλων των ενεργειακών παραμέτρων βάσει χρονοδιαγραμμάτων εικοσιτετραώρου βάσεως. Στη συνέχεια αναλύονται υποκατηγορίες αυτής για την εκτέλεση της προσομοίωσης.

Στην υποκατηγορία “**Schedule Type Limits**” , ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει τους διάφορους τύπους προγραμμάτων που θα χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία της προσομοίωσης, το εύρος των τιμών που μπορεί να δοθεί σε κάθε υπολογιζόμενη μεταβλητή, τις τιμές αυτών, καθώς επίσης και διαδικαστικές λεπτομέρειες, εάν πρόκειται για δεκαδικούς ή ακέραιους αριθμούς. Έτσι, δημιουργήθηκαν οχτώ τύποι προγραμμάτων στο λογισμικό στην υποκατηγορία αυτή, που αφορούν αντίστοιχα τους εξής συντελεστές, βάσει των οποίων θα πραγματοποιηθεί η μοντελοποίηση:

- Πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης (People Density).
- Επίπεδο ανθρώπινης δραστηριότητας (Activity Level).
- Τεχνητός φωτισμός (Lights).
- Ηλεκτρικός εξοπλισμός (Electric Equipment).
- Εκούσιος φυσικός αερισμός (Ventilation).
- Ακούσια διείσδυση αέρα (Infiltration).
- Χρήση μέσων θέρμανσης (Heat System).
- Χρήση μέσων ψύξης (Cooling System).



Εικόνα 44: Εισαγωγή δεδομένων στην υποκατηγορία “Schedule Type Limits” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

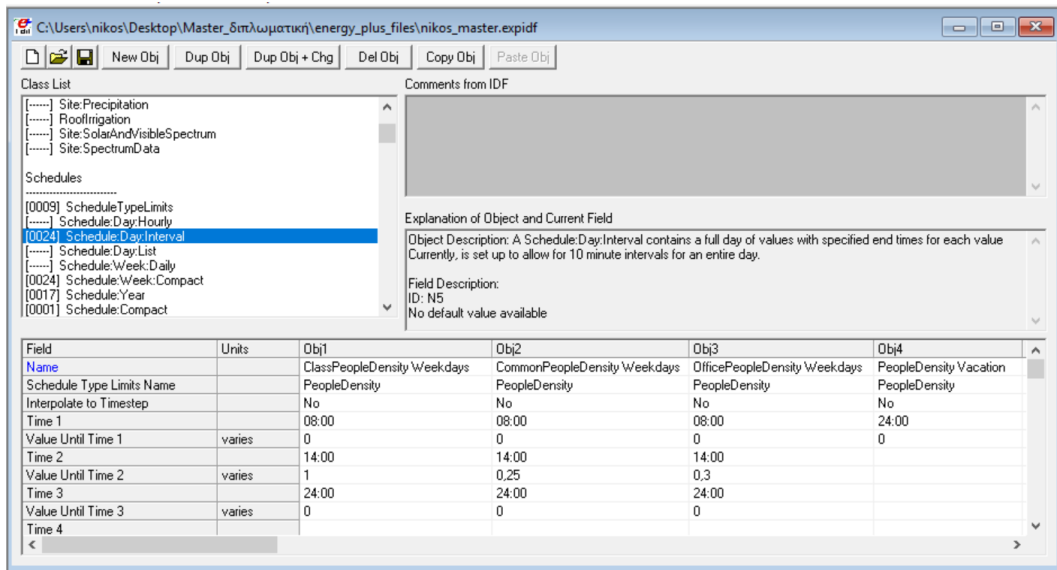
Όσον αφορά στα μέσα θέρμανσης και ψύξης, οι εισαχθείσες τιμές υπολογίζονται σε °C, ενώ τα πεδία που αφορούν σε ανθρώπινη δραστηριότητα υπολογίζονται στο πρόγραμμα με μονάδες W/άτομο. Οι υπόλοιπες παράμετροι είναι αδιάστατοι αριθμοί. Στη συνέχεια θα γίνει

αναλυτική αναφορά σε κάθε υπό συμπλήρωση πεδίου, κατά την εκπόνηση της προσομοίωσης.

Στην υποκατηγορία **“Schedule: Day Interval”** καθορίζονται όλες εκείνες οι πληροφορίες που αφορούν στους συντελεστές που ορίστηκαν στο προηγούμενο βήμα (βλ. Schedule Type Limits), καθώς επίσης και η συμπεριφορά αυτών για διάφορες ημέρες κατά τη διάρκεια του έτους αναλόγως τη ζώνη που επηρεάζουν.

Σε πρώτη φάση δημιουργούνται χρονοδιαγράμματα σχετικά με την πυκνότητα της ανθρώπινης ύπαρξης στους χώρους του σχολικού συγκροτήματος που παρουσιάζουν συναφή ανθρώπινη πυκνότητα κατά τη διάρκεια μια τυπικής σχολικής ημέρας. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη ότι το πλέον τυπικό ωράριο λειτουργίας του σχολείου, σύμφωνα με το οποίο και ορίζεται η ανθρώπινη πυκνότητα και δραστηριότητα, είναι από τις 08:00 έως τις 14:00, όπου και σημαίνει η λήξη των μαθημάτων. Οι τιμές συντελεστή λαμβάνουν τιμές από το 0 (ελάχιστη) έως το 1 (μέγιστη), οπότε και δημιουργούνται τα εξής:

- Το **“Class People Density Weekdays”**, στο οποίο παρουσιάζεται η πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης στις αίθουσες διδασκαλίας από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνει την τιμή 1 στο ωράριο των μαθημάτων, δηλαδή από τις 08:00 μέχρι τις 14:00 και 0 την υπόλοιπη περίοδο.
- Το **“Common People Density Weekdays”**, όπου παρουσιάζει την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης στους κοινόχρηστους χώρους του σχολικού κτιρίου από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 0,25 την περίοδο 08:00 με 14:00 και 0 όλη την υπόλοιπη περίοδο.
- Το **“Office People Density Weekdays”**, που παρουσιάζει την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης στα γραφεία των καθηγητών από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 0,3 την περίοδο 08:00 με 14:00 και 0 όλη την υπόλοιπη περίοδο.
- Το **“People Density Vacation”**, το οποίο παρουσιάζει την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0 για όλη την ημέρα.



Εικόνα 45: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Day Interval – People Density” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

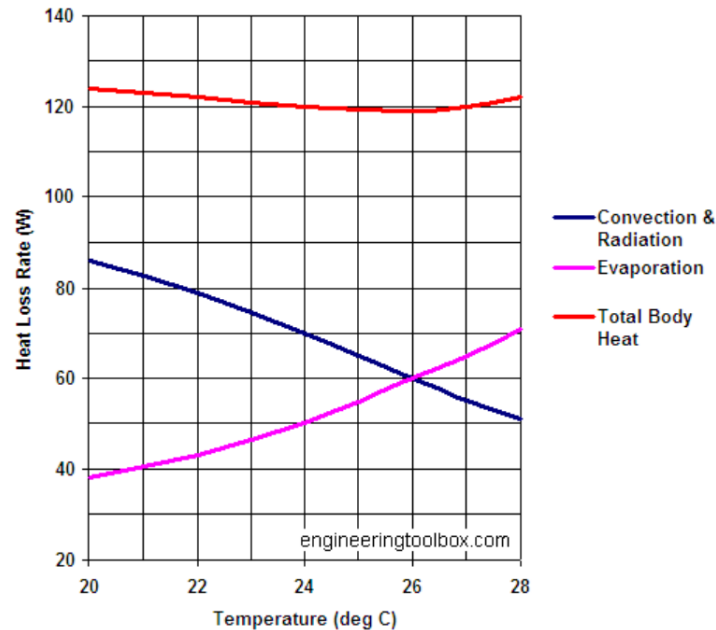
Έπειτα δημιουργούνται τα χρονοδιαγράμματα σχετικά με την ανθρώπινη δραστηριότητα, που όπως προαναφέρθηκε, μετρώνται σε W/άτομο. Σύμφωνα με τον διαδικτυακό τόπο του Engineering-Tool-Box, ακολουθεί πίνακας με την παραγόμενη θερμότητα ενός ατόμου σε διαφορετικές φάσεις και καταστάσεις:

Πίνακας 10: Παραγόμενη θερμότητα από διαφορετικές καταστάσεις ανθρώπινης δραστηριότητας (Engineering-Tool-Box).

| Degree of Activity | Typical Application | Average Metabolic Rate - male adult (W) (Btu/hr) | Room Dry Bulb Temperature (°C) (deg F) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--|--|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | | | 28 | | 27 | | 26 | | 24 | | 22 | | 20 | |
| | | | Heat (W) (Btu/hr) | | | | | | | | | | | |
| | | | Sens. | Lat. | Sens. | Lat. | Sens. | Lat. | Sens. | Lat. | Sens. | Lat. | Sens. | Lat. |
| Seated at rest | Cinema, theater, school | 100 | 50 | 50 | 55 | 45 | 60 | 40 | 67 | 33 | 72 | 28 | 79 | 21 |
| Seated, very light work | Computer working | 120 | 50 | 70 | 55 | 65 | 60 | 60 | 70 | 50 | 78 | 42 | 84 | 36 |
| Office work | Hotel reception, cashier | 130 | 50 | 80 | 56 | 74 | 60 | 70 | 70 | 60 | 78 | 52 | 86 | 44 |
| Standing, walking slowly | Laboratory work | 130 | 50 | 80 | 56 | 74 | 60 | 70 | 70 | 60 | 78 | 52 | 86 | 44 |
| Walking, seated | | 150 | 53 | 97 | 58 | 92 | 64 | 86 | 76 | 74 | 84 | 66 | 90 | 60 |
| Moderate work | Servant, hair dresser | 160 | 55 | 105 | 60 | 100 | 68 | 92 | 80 | 80 | 90 | 70 | 98 | 62 |
| Light bench work | Mechanical production | 220 | 55 | 165 | 52 | 158 | 70 | 150 | 85 | 135 | 100 | 120 | 115 | 105 |
| Moderate Dancing | Party | 250 | 62 | 188 | 70 | 180 | 78 | 172 | 94 | 156 | 110 | 140 | 125 | 125 |
| Fast walking | Mountain walking | 300 | 80 | 220 | 88 | 212 | 96 | 204 | 110 | 190 | 130 | 170 | 145 | 155 |
| Heavy work | Athletics | 430 | 132 | 298 | 138 | 292 | 144 | 286 | 154 | 276 | 170 | 260 | 188 | 242 |

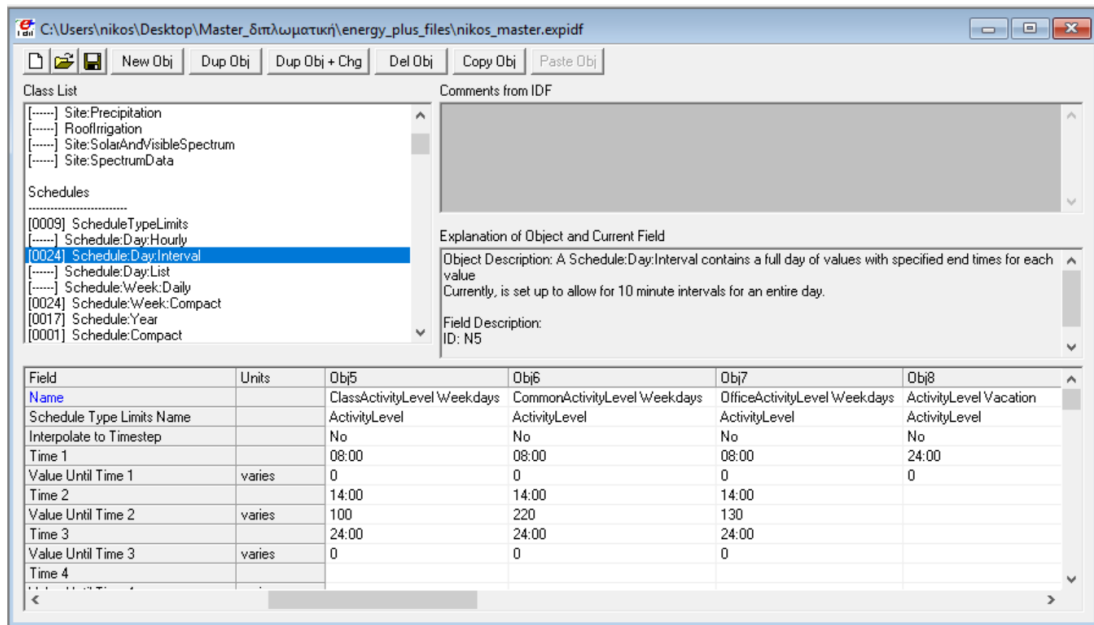
- 1 W = 3.41 Btu/hr

Διάγραμμα 12: Διάγραμμα για μέτρια δραστηριότητα, καθήμενο, ελαφριά εργαζόμενο ή άτομο που εργάζεται σε υπολογιστή (Engineering-Tool-Box).



Βάσει των παραπάνω συμπληρώνονται στο πρόγραμμα τα ακόλουθα πεδία:

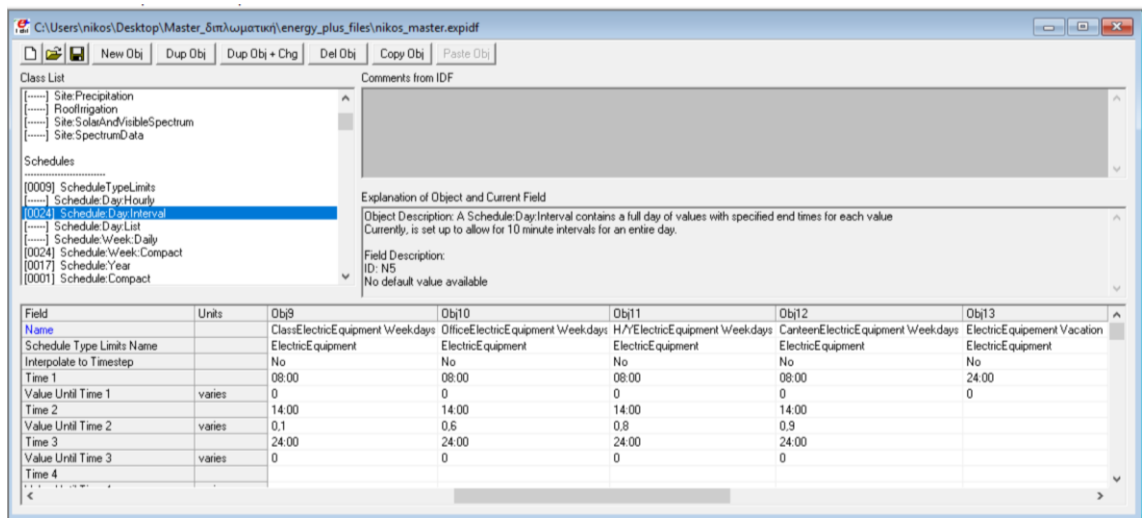
- Το “Class Activity Level Weekdays”, το οποίο παρουσιάζει την ανθρώπινη δραστηριότητα μαθητών και καθηγητών κατά την διάρκεια των μαθημάτων από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 100.
- Το “Common Activity Level Weekdays”, το οποίο υποδεικνύει την ανθρώπινη δραστηριότητα των μαθητών στους κοινόχρηστους χώρους κατά την διάρκεια των διαλειμμάτων από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 220.
- Το “Office Activity Level Weekdays”, το οποίο υποδηλώνει την ανθρώπινη δραστηριότητα των καθηγητών στους χώρους των γραφείων κατά την διάρκεια των διαλειμμάτων από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 130.
- Το “Activity Level Vacation”, στο οποίο παρουσιάζεται η ανθρώπινη δραστηριότητα σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0 για όλη την ημέρα.



Εικόνα 46: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Day Interval – Activity Level” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

Εν συνεχεία, πρέπει να υπολογιστεί και να διαμορφωθεί το χρονοδιάγραμμα του ηλεκτρικού εξοπλισμού που συμπεριλαμβάνεται στις σχολικές εγκαταστάσεις, ένας παράγοντας εξαιρετικά σημαντικός και καθοριστικός για τη διεξαγωγή των συμπερασμάτων. Γίνεται λόγος για το σύνολο των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στο σχολικό συγκρότημα κατά τη διάρκεια της ημέρας, είτε πρόκειται για ηλεκτρονικούς υπολογιστές, είτε βοηθητικούς εξοπλισμούς για τη διεκπεραίωση της διδασκαλίας, φωτοτυπικά μηχανήματα, εκτυπωτές, εξοπλισμός κυλικείου, κλπ. Για την ακρίβεια, συμπληρώνονται τα ακόλουθα πεδία:

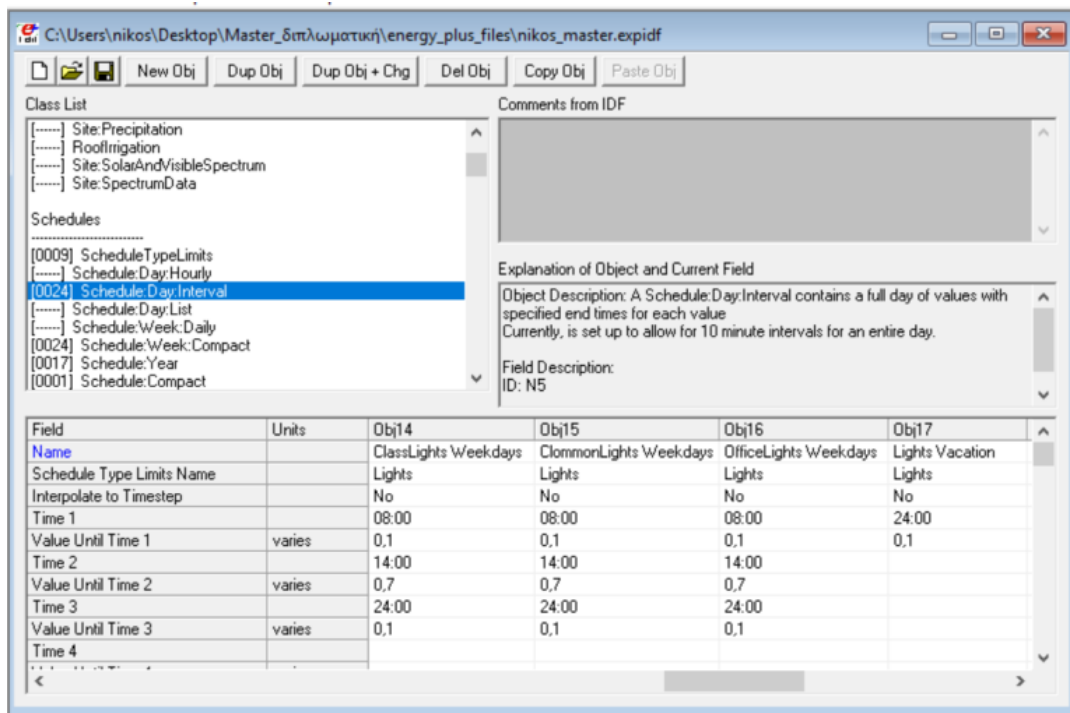
- Το “Class Electric Equipment Weekdays”, το οποίο αφορά στη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στις αίθουσες διδασκαλίας από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει την μέγιστη τιμή 0,1 στο ωράριο των μαθημάτων(08:00 με 14:00).
- Το “Office Electric Equipment Weekdays”, το οποίο έχει να κάνει με τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στους χώρους των γραφείων των καθηγητών (πχ εκτυπώσεις, fax) από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει και αυτό την μέγιστη τιμή 0,6 κατά τις ώρες των μαθημάτων.
- Το “H/Y Electric Equipment Weekdays”, το οποίο με τη σειρά του αφορά στη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στην αίθουσα των ηλεκτρονικών υπολογιστών από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 0,8 κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.
- Το “Canteen Electric Equipment Weekdays”, που αναφέρεται στο σύνολο των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στο κυλικείο του σχολείου από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει τη μέγιστη 0,9 επίσης στο ωράριο των μαθημάτων.
- Το “Electric Equipment Vacation”, το οποίο παρουσιάζει τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0 για όλη την ημέρα.



Εικόνα 47: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Day Interval – Electric Equipment (Ιδία Επεξεργασία).

Όσον αφορά στα χρονοδιαγράμματα του τεχνητού φωτισμού, εδώ, ο χρήστης πρέπει να ορίσει στο πρόγραμμα ποιες ώρες μέσα στη μέρα λειτουργεί ο φωτισμός εντός του σχολείου στο σύνολο των χώρων αυτού. Ζητείται, λοιπόν, ένας τυπικός μέσος όρος λειτουργίας του φωτισμού για τις δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους, την χειμερινή και τη θερινή, όπου όπως είναι λογικό τα ωράρια λειτουργίας του διαφοροποιούνται αισθητά. Συνεπώς ορίζονται τα εξής:

- Το “Class Lights Weekdays”, αφορά κυρίως στην χρήση του τεχνητού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει την μέγιστη τιμή 0,7 του στο ωράριο των μαθημάτων (08:00 με 14:00)
- Το “Common Lights Weekdays”, έχει να κάνει με την χρήση του τεχνητού φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους του σχολικού συγκροτήματος από Δευτέρα έως Παρασκευή, και λαμβάνει και αυτό με τη σειρά του την μέγιστη τιμή 0,7 κατά τις ώρες των μαθημάτων.
- Το “Office Lights Weekdays”, το οποίο αφορά στην χρήση του τεχνητού φωτισμού στους χώρους των γραφείων των καθηγητών από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 0,7 κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.
- Το “Lights Vacation”, υποδεικνύει τη χρήση του τεχνητού φωτισμού σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0,1 για όλη την ημέρα. Θεωρητικά, θα έπρεπε να λάβει την τιμή μηδέν (0), επειδή ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις παραμένουν ανοιχτά κάποια φώτα ασφαλείας σε κοινόχρηστους, ως επί τω πλείστον, χώρους θεωρήθηκε σκόπιμο να ορισθεί ως τιμή το 0,1.

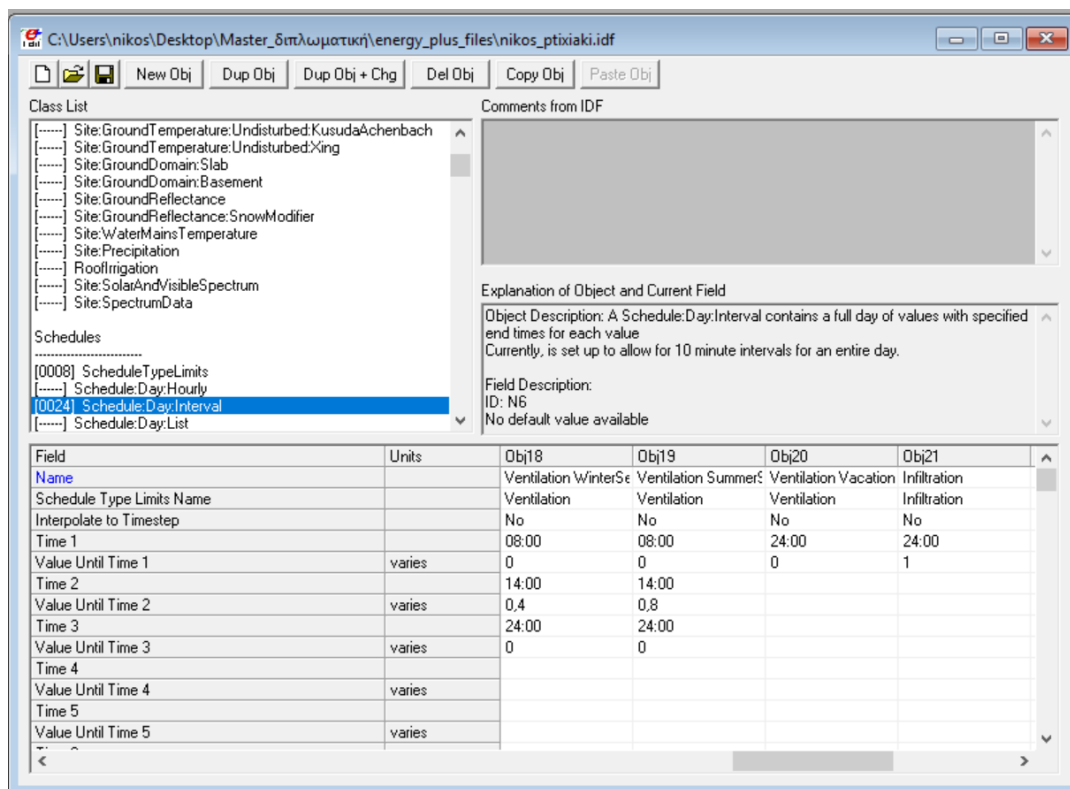


Εικόνα 48: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Day Interval – Lights” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Προχωρώντας, πρέπει να συμπληρωθεί από το χρήστη, το πεδίο του φυσικού αερισμού. Γίνεται, λοιπόν, η παραδοχή πως σε όλους τους χώρους του σχολικού συγκροτήματος υπάρχει η δυνατότητα φυσικού αερισμού, ενώ αυτός μπορεί να λαμβάνει χώρα καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αποτέλεσμα της παραδοχής αυτής είναι η λήψη ενός ενιαίου – κοινού χρονοδιαγράμματος για όλες τις ζώνες του κτιρίου. Κατ’ αντιστοιχία, και σε αυτή την περίπτωση, από περίοδο σε περίοδο η τιμή του πεδίου τοποθετείται (σε θερινή και χειμερινή περίοδο). Έτσι ορίζονται τα ακόλουθα:

- Το “Ventilation Winter Season”, αναφερόμενο σε εκείνους τους χώρους του σχολείου που επιτυγχάνεται φυσικός αερισμός κατά τους χειμερινούς μήνες, λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 0,4 κατά τις ώρες διδασκαλίας.
- Το “Ventilation Summer Season”, αναφερόμενο αντιστοίχως σε εκείνους τους χώρους του σχολικού συγκροτήματος που κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών επιτρέπει τον φυσικό αερισμό, λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 0,8 κατά τις ώρες διδασκαλίας.
- Το “Ventilation Vacation”, αναφέρεται στον φυσικό αερισμό σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0 για όλη την ημέρα.

Επόμενος παράγοντας που πρέπει να συμπεριληφθεί στην τρέχουσα μελέτη είναι και ο αθέλητος αερισμός, εκείνος δηλαδή που δεν επιτυγχάνεται κατά το εκούσιο άνοιγμα των παραθύρων, αλλά πρόκειται για την ακούσια διείσδυση αέρα μέσω οπών και χαραμάδων των κουφωμάτων. Έτσι το πεδίο “Infiltration” συμπληρώνεται με την τιμή 1 για όλη την ημέρα όπως περιγράφεται και στην εικόνα που ακολουθεί:

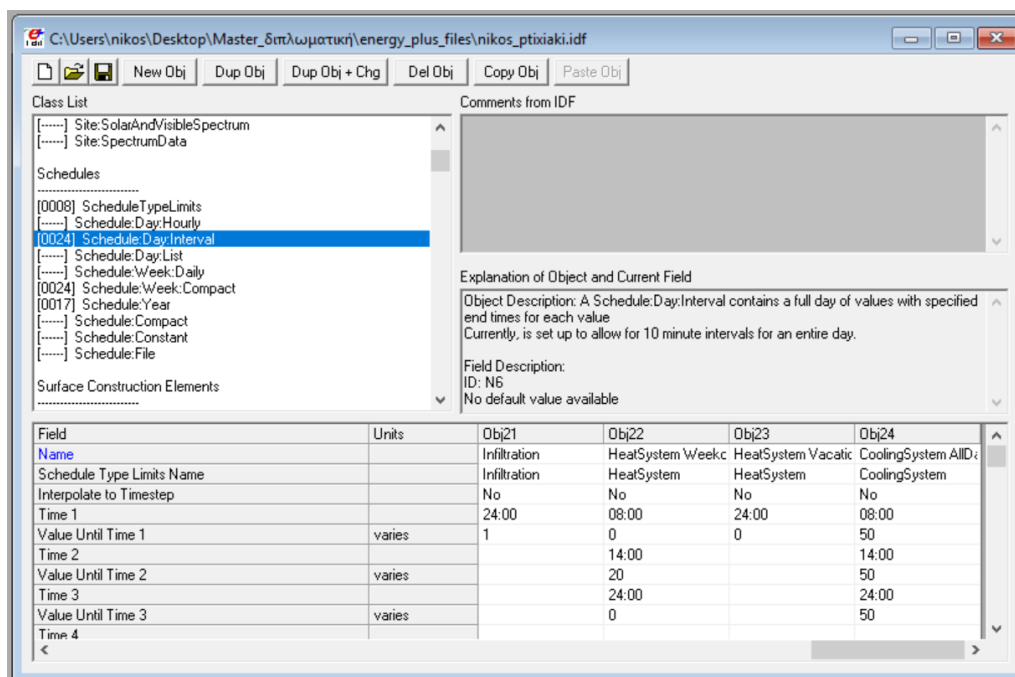


Εικόνα 49: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Day Interval – Ventilation and Infiltration” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

Συνεχίζοντας, ορίζονται οι παράμετροι λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης και ψύξης που διαθέτει το υπό μελέτη κτίριο. Το συγκεκριμένο σχολικό συγκρότημα, ωστόσο, είναι εφοδιασμένο μόνο με σύστημα θέρμανσης που λειτουργεί κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, ενώ σύστημα ψύξης (κλιματισμός) δεν διατίθεται. Στην προκειμένη περίπτωση στο πεδίο που αφορά στο σύστημα ψύξης δίδονται ακραίες τιμές υποδηλώνοντας την ανυπαρξία αυτού ή την ανενεργή του λειτουργία. Απόρροια αυτού είναι η συμπλήρωση των αντίστοιχων πεδίων που παρατίθενται ακολούθως.

- Το “HeatSystem Weekdays” αναφέρεται στις ώρες διδασκαλίας κατά τη διάρκεια της εβδομάδας που λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης. Πιο συγκεκριμένα η λειτουργία αυτού περιορίζεται από Δευτέρα έως Παρασκευή και εντός του διαστήματος 08:00 έως 14:00. Ως κατώτατο όριο θερμοκρασίας δηλώνονται οι 20ο C στο διάστημα αυτό, ενώ τις υπόλοιπες ώρες ορίζεται θερμοκρασία 0 βαθμοί C με σκοπό να παρουσιαστεί η μη λειτουργία του συστήματος την υπόλοιπη ημέρα.
- Το “HeatSystem Vacation” έχει να κάνει με τη λειτουργία το συστήματος θέρμανσης κατά τη διάρκεια Σαββατοκύριακων και διακοπών, διαστήματα δηλαδή που το σύστημα παραμένει ανενεργό και για το λόγο αυτό λαμβάνει στο πρόγραμμα τη τιμή μηδέν (0) στο πεδίο της θερμοκρασίας.
- Το “CoolingSystem Alldays” αφορά στο σύστημα ψύξης του σχολικού συγκροτήματος που όπως προαναφέρθηκε όμως είναι ανύπαρκτο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι πρέπει να δοθούν στο πρόγραμμα τιμές τέτοιες που να το αναγνωρίζει

ως ανενεργό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Έτσι, λοιπόν, ορίζεται η θερμοκρασιακή τιμή 50ο C.



Εικόνα 50: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Day Interval – Heat and Cooling Systems” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

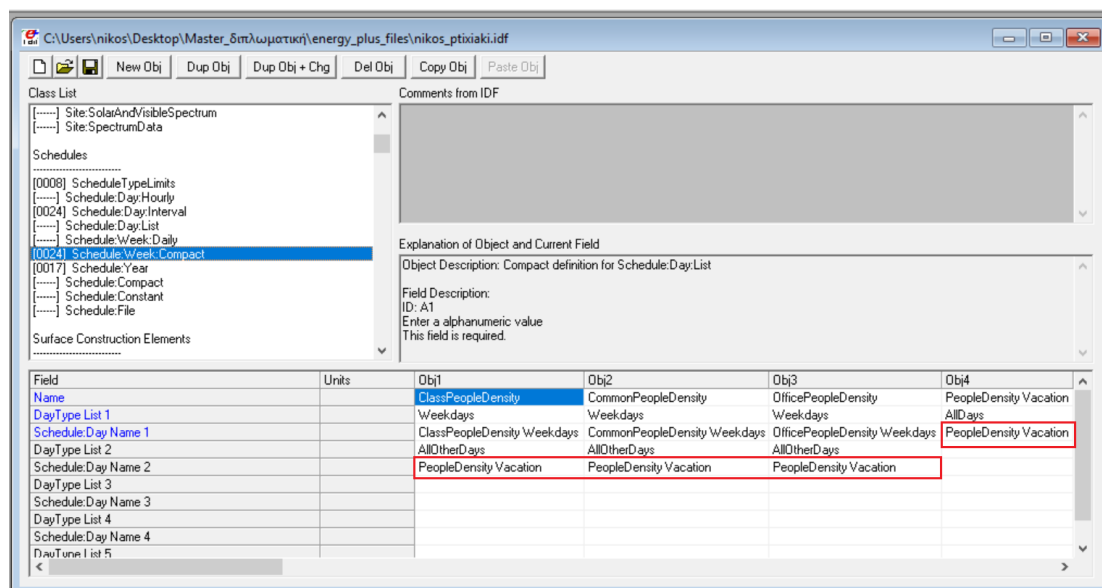
Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί η συμπλήρωση όλων των πεδίων που αφορούν στους παράγοντες εκείνους από τους οποίους εξαρτώνται οι ανάγκες και διαμορφώνονται οι όποιες συνθήκες άνεσης εντός του κτιρίου. Η διαδικασία αυτή έγινε προκειμένου να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή λεπτομέρεια και ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ακολούθως πραγματοποιείται η αναγωγή των προηγούμενων παραγόντων σε επίπεδο εβδομάδας για να είναι πιο επεξεργάσιμα τα στοιχεία.

Με βάση τα προηγούμενα συμπληρωμένα πεδία, στην υποκατηγορία “Schedule: Week Compact”, σχεδιάζονται τα εβδομαδιαία προγράμματα όλων των εμπλεκόμενων παραγόντων στις εκάστοτε περιόδους προσομοίωσης του έτους. Όσον αφορά, λοιπόν, στην πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, δημιουργούνται τα πεδία που ακολουθούν και συμπληρώνονται, αντιστοίχως, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

- Το “Class People Density”, σε επίπεδο εβδομάδας απαρτίζεται από τα ημερήσια χρονοδιαγράμματα που αφορούν στις καθημερινές (Class People Density Weekdays) καθώς και από αυτά που ισχύουν για τα Σαββατοκύριακα (People Density Vacation).
- Το “Common People Density” με τη σειρά του, σε επίπεδο εβδομάδας, συμπληρώνεται συνδυάζοντας το χρονοδιάγραμμα “Common People Density Weekdays” για τις καθημερινές με το χρονοδιάγραμμα “People Density Vacation” που ισχύει τα Σαββατοκύριακα.
- Το “Office People Density”, εβδομαδιαίως, απαρτίζεται από το αντίστοιχο καθημερινό χρονοδιάγραμμα “Office People Density Weekdays” και εκ νέου το

ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “People Density Vacation” όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις.

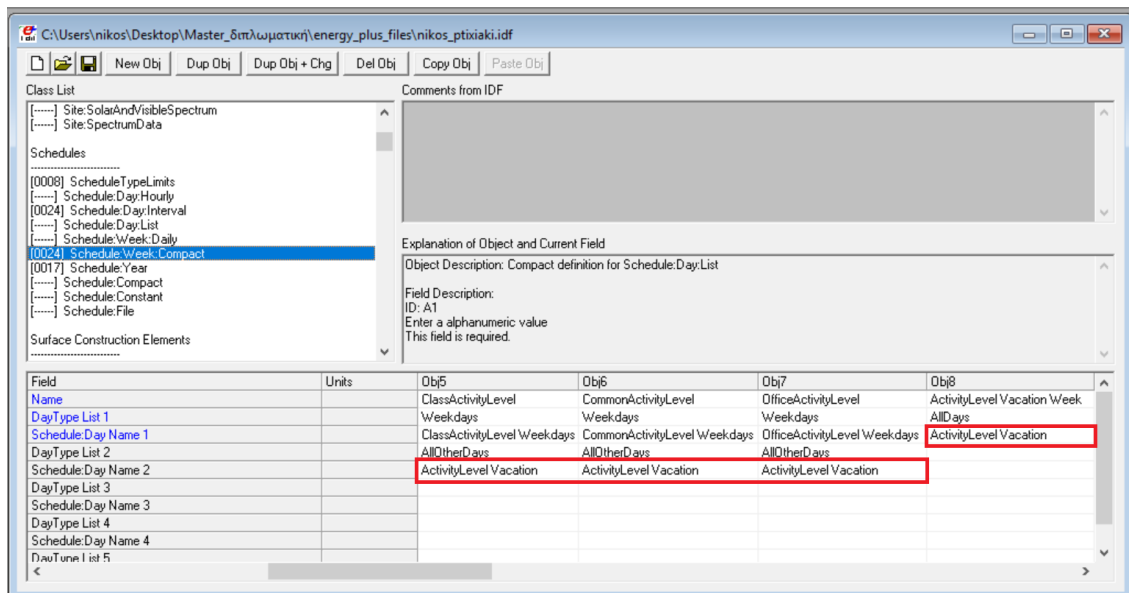
- Το “People Density Vacation Week”, δημιουργείται για να καλύψει εκείνες τις εβδομάδες του έτους που το σχολείο παραμένει κλειστό. Πρόκειται για εβδομάδες διακοπών, όπως αυτές οι δυο εβδομάδες των Χριστουγέννων και του Πάσχα, αντίστοιχα. Σε αυτή την περίπτωση και για τις επτά ημέρες της εβδομάδας χρησιμοποιείται το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “People Density Vacation” για τους προφανείς λόγους.



Εικόνα 51: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Week Compact – People Density” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

Κατά παρόμοιο τρόπο δημιουργούνται και τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα εβδομαδιαίας βάσης για τον παράγοντα της ανθρώπινης δραστηριότητας, οπότε έχουμε τα εξής:

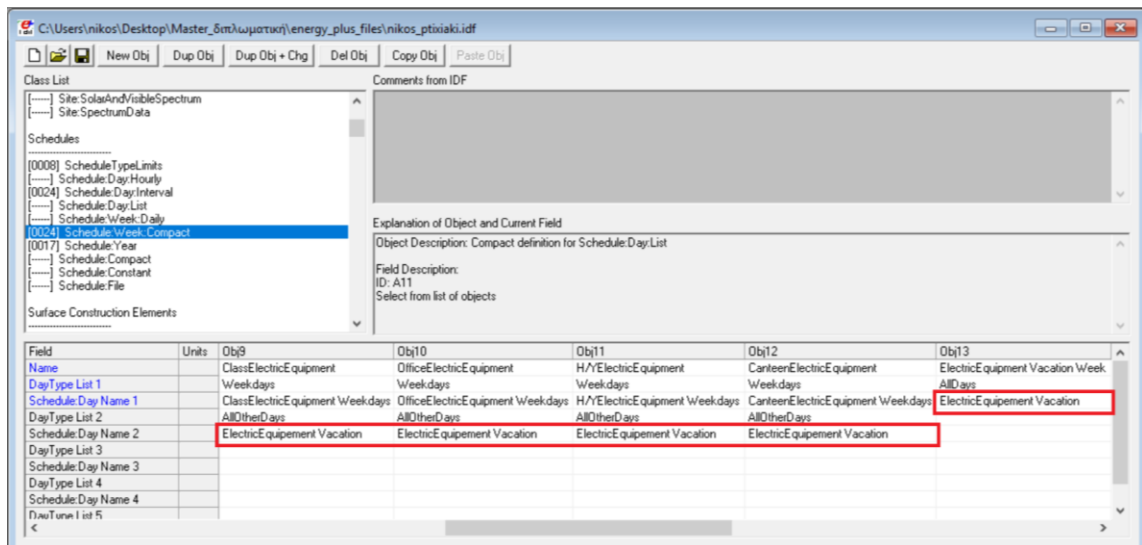
- Το “Class Activity Level”, σε επίπεδο εβδομάδας απαρτίζεται από τα ημερήσια χρονοδιαγράμματα που αφορούν στις καθημερινές (Class Activity Level Weekdays) καθώς και από αυτά που ισχύουν για τα Σαββατοκύριακα (Activity Level Vacation).
- Το “Common Activity Level” με τη σειρά του, σε επίπεδο εβδομάδας, συμπληρώνεται συνδυάζοντας το χρονοδιάγραμμα “Common Activity Level Weekdays” για τις καθημερινές με το χρονοδιάγραμμα “Activity Level Vacation” που ισχύει τα Σαββατοκύριακα.
- Το “Office Activity Level”, εβδομαδιαίως, απαρτίζεται από το αντίστοιχο καθημερινό χρονοδιάγραμμα “Office Activity Level Weekdays” και εκ νέου το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “Activity Level Vacation” όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις.
- Το “Activity Level Vacation Week”, δημιουργείται για να καλύψει εκείνες τις εβδομάδες του έτους που το σχολείο παραμένει κλειστό. Σε αυτή την περίπτωση και για τις επτά ημέρες της εβδομάδας χρησιμοποιείται το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “Activity Level Vacation” για τους προφανείς λόγους.



Εικόνα 52: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Week Compact – Activity Level” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

Ακολουθούν τα εβδομαδιαία χρονοδιαγράμματα που αφορούν στον ηλεκτρικό εξοπλισμό:

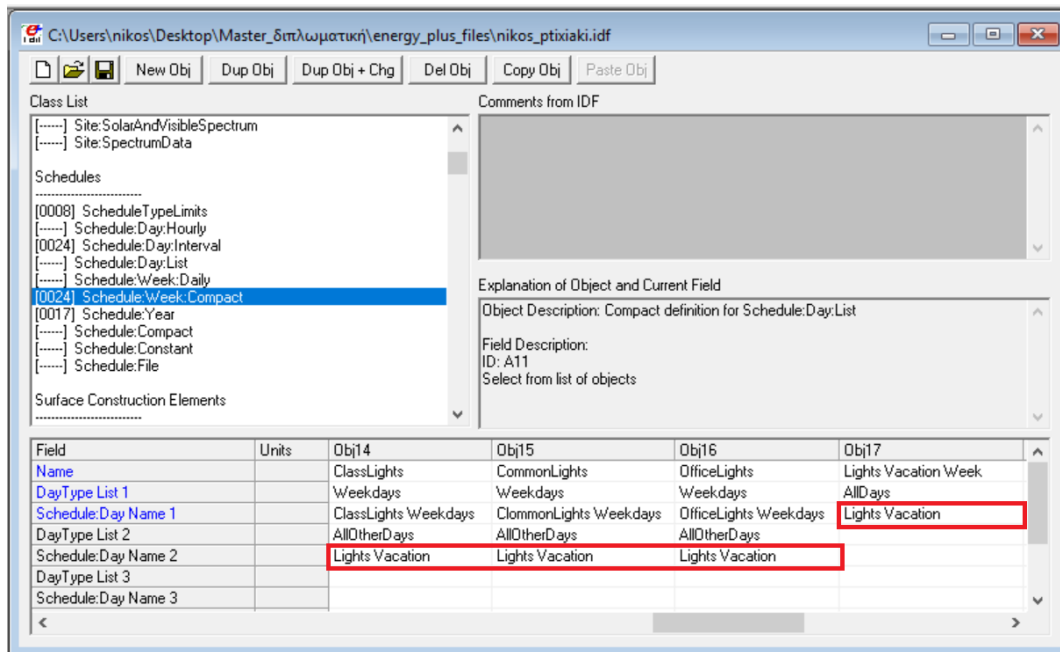
- Το “Class Electric Equipment”, σε επίπεδο εβδομάδας απαρτίζεται από τα ημερήσια χρονοδιαγράμματα που αφορούν στις καθημερινές (Class Electric Equipment Weekdays) καθώς και από αυτά που ισχύουν για τα Σαββατοκύριακα (Electric Equipment Vacation).
- Το “Office Electric Equipment”, εβδομαδιαίως, απαρτίζεται από το αντίστοιχο καθημερινό χρονοδιάγραμμα “Office Electric Equipment Weekdays” και το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “Electric Equipment Vacation”.
- Το “H/Y Electric Equipment” με τη σειρά του, σε επίπεδο εβδομάδας, συμπληρώνεται συνδυάζοντας το χρονοδιάγραμμα “H/Y Electric Equipment Weekdays” για τις καθημερινές με το χρονοδιάγραμμα “Electric Equipment Vacation” που ισχύει τα Σαββατοκύριακα.
- Το “Canteen Electric Equipment” δημιουργείται από το πάντρεμα του ημερήσιου χρονοδιαγράμματος που ισχύει για τις καθημερινές (Canteen Electric Equipment Weekdays) με αυτό που ισχύει για τα Σαββατοκύριακα (Electric Equipment Vacation).
- Το “Electric Equipment Vacation Week”, δημιουργείται για να καλύψει εκείνες τις εβδομάδες του έτους που το σχολείο παραμένει κλειστό. Σε αυτή την περίπτωση και για τις επτά ημέρες της εβδομάδας χρησιμοποιείται το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “Electric Equipment Vacation”.



Εικόνα 53: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Week Compact – Electric Equipment” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

Αντίστοιχη είναι και η διαδικασία που ακολουθείται για τη συμπλήρωση των εβδομαδιαίων χρονοδιαγραμμάτων που αφορούν στον τεχνητό φωτισμό.

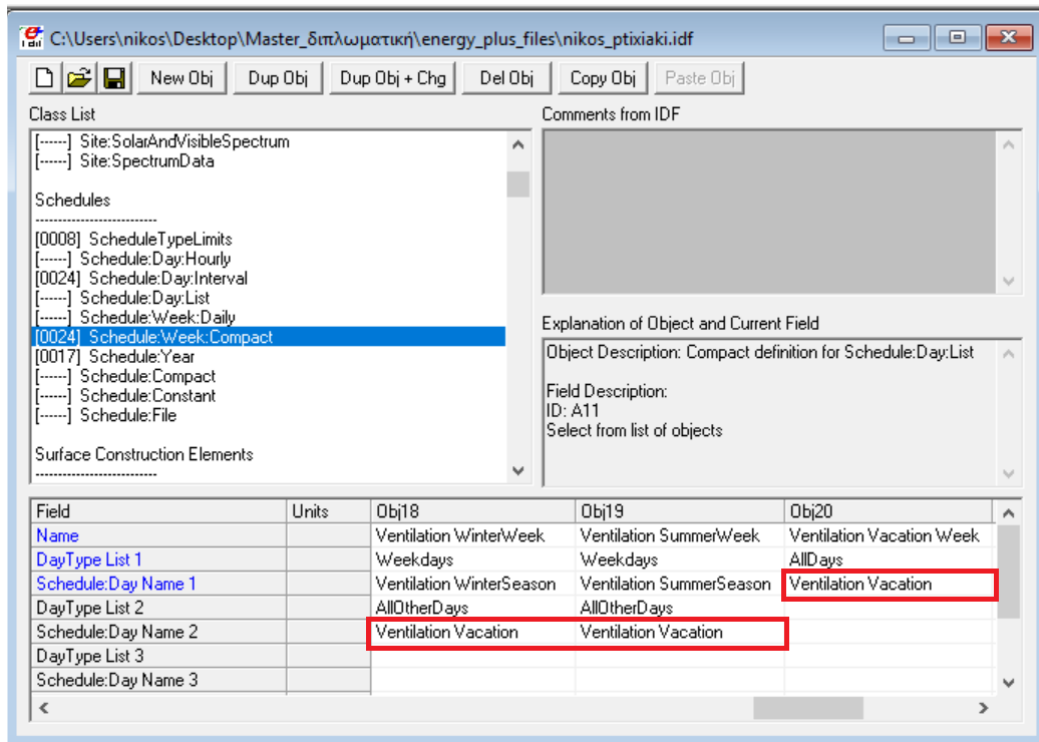
- Το “Class Lights”, σε επίπεδο εβδομάδας απαρτίζεται από τα ημερήσια χρονοδιαγράμματα που αφορούν στις καθημερινές (Class Lights Weekdays) καθώς και από αυτά που ισχύουν για τα Σαββατοκύριακα (Lights Vacation).
- Το “Common Lights” με τη σειρά του, σε επίπεδο εβδομάδας, συμπληρώνεται συνδυάζοντας το χρονοδιάγραμμα “Common Lights Weekdays” για τις καθημερινές με το χρονοδιάγραμμα “Lights Vacation” που ισχύει τα Σαββατοκύριακα.
- Το “Office Lights”, εβδομαδιαίως, απαρτίζεται από το αντίστοιχο καθημερινό χρονοδιάγραμμα “Office Lights Weekdays” και εκ νέου το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “Lights Vacation” όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις.
- Το “Lights Vacation Week”, τέλος, δημιουργείται για να καλύψει εκείνες τις εβδομάδες του έτους που το σχολείο παραμένει κλειστό, όπου και σε αυτή την περίπτωση για όλες τις ημέρες της εβδομάδας χρησιμοποιείται το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “Lights Vacation”



Εικόνα 54: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Week Compact –Lights” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

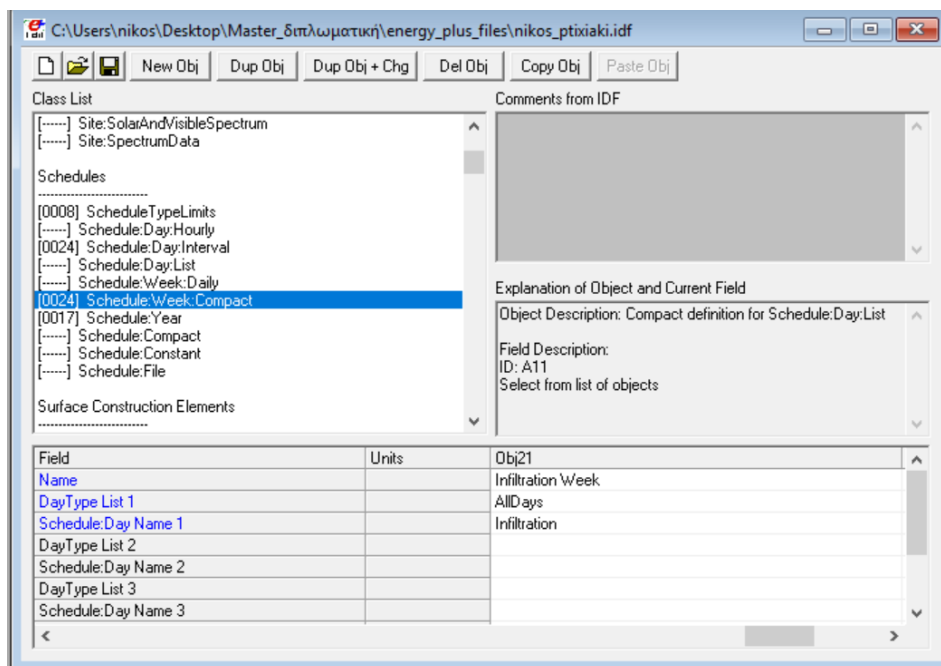
Προχωρώντας τη διαδικασία, δημιουργούνται χρονοδιαγράμματα για τον παράγοντα του φυσικού αερισμού σε εβδομαδιαίο επίσης επίπεδο για περαιτέρω επεξεργασία. Έτσι διαμορφώνονται τα εξής:

- Το “Ventilation Winter Week”, το οποίο προκύπτει από το συνδυασμό του ημερήσιου χρονοδιαγράμματος “Ventilation Winter Season”, όπως αυτό ισχύει για τις καθημερινές, και του ημερήσιου χρονοδιαγράμματος “Ventilation Vacation”, το οποίο ισχύει για τις διακοπές και τα Σαββατοκύριακα.
- Το “Ventilation Summer Week” δημιουργείται από τη σύνδεση του ημερήσιου χρονοδιαγράμματος “Ventilation Summer Season” και εκ νέου του ημερήσιου χρονοδιαγράμματος “Ventilation Vacation” που ισχύει για τα Σαββατοκύριακα.
- Το “Ventilation Vacation Week” δημιουργείται για την κάλυψη εκείνων των εβδομάδων όπου το σχολικό συγκρότημα είναι κλειστό λόγω διακοπών (Χριστούγεννα, Πάσχα, καλοκαίρι) και για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται για κάθε μέρα της εβδομάδας το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα που ισχύει και για τα Σαββατοκύριακα, δηλαδή το “Ventilation Vacation”.



Εικόνα 55: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Week Compact – Ventilation” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

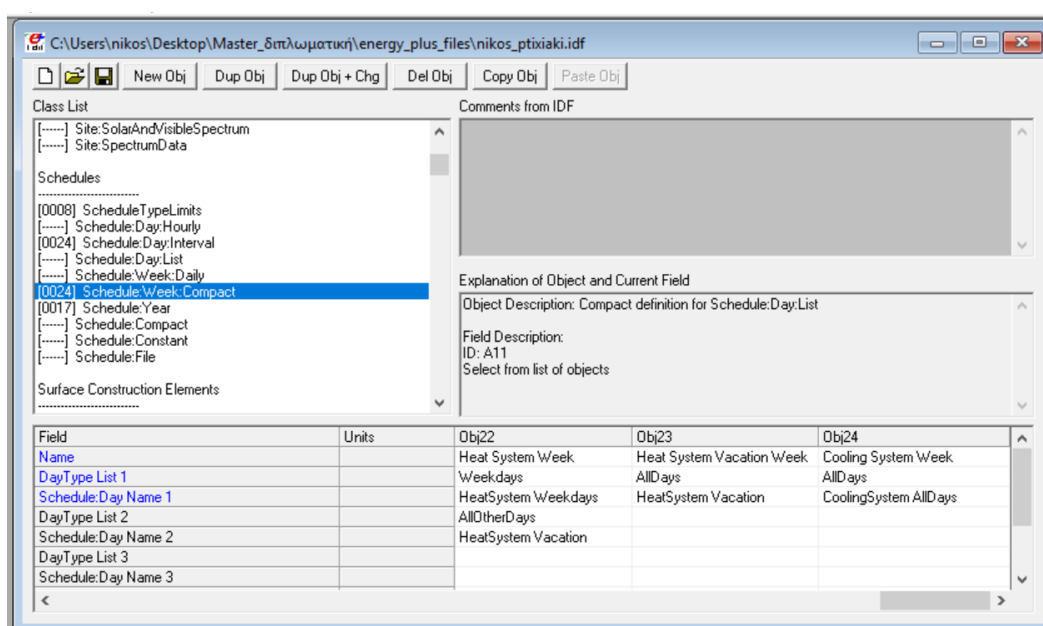
Για τον παράγοντα του αθέλητου αερισμού (Infiltration) δημιουργείται το “Infiltration Week” στο οποίο για κάθε μέρα της εβδομάδας θα χρησιμοποιηθεί “Infiltration” που είχε δημιουργηθεί σε προηγούμενο βήμα της διαδικασίας.



Εικόνα 56: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Week Compact – Infiltration” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

Η διαδικασία αυτή δημιουργίας εβδομαδιαίων χρονοδιαγραμμάτων ολοκληρώνεται με τη δημιουργία αυτών για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Οπότε λαμβάνουμε τα ακόλουθα:

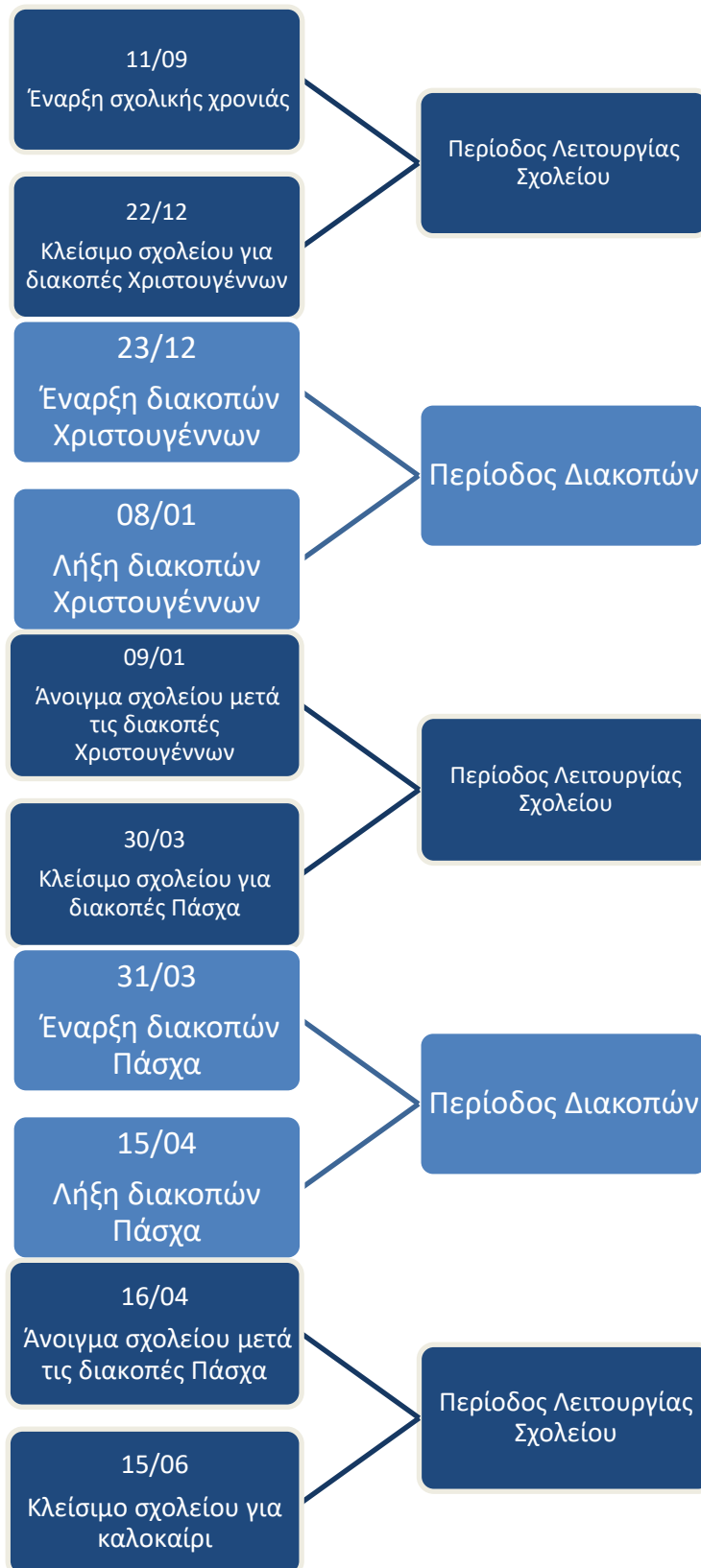
- Το “Heat System Week”, που προκύπτει από το συνδυασμό του ημερήσιου “Heat System Weekdays” και του ημερήσιου “Heat System Vacation” για τα Σαββατοκύριακα.
- Το “Heat System Vacation Week”, που αφορά τις εβδομάδες εκείνες κατά τις οποίες το σχολείο είναι εκτός λειτουργίας, οπότε τα συστήματα θέρμανσης δεν τίθενται σε λειτουργία με τη σειρά τους, και στο οποίο δηλώνεται για κάθε ημέρα της εβδομάδας το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα “Heat System Vacation”.
- Το “Cooling System Week”, στο οποίο λαμβάνονται οι τιμές του “Coolong System All Days”, μιας και στις εγκαταστάσεις του συγκροτήματος δεν συγκαταλέγεται σύστημα ψύξης.



Εικόνα 57: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Week Compact – Heat and Cooling Systems” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

Επόμενο βήμα που μας φέρνει ολοένα και πιο κοντά στην ολοκλήρωση της διαδικασίας είναι η ομαδοποίηση των εβδομαδιαίων χρονοδιαγραμμάτων σε ετήσια, κάτι που θα πραγματοποιηθεί στην υποκατηγορία που προσφέρει το πρόγραμμα “ Schedule: Year”. Απαραίτητο βήμα σε αυτό το σημείο είναι ο διαχωρισμός του έτους σε περιόδους λειτουργίας και περιόδους διακοπών, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα ανάλογα προγράμματα/χρονοδιαγράμματα εβδομαδιαίας βάσης που δημιουργήθηκαν προηγουμένως. Ως εκ τούτου, με βάση την μέχρι τώρα κεκτημένη εμπειρία, για ένα σχολείο εναλλαγή των περιόδων διακοπών και λειτουργίας αυτού εναλλάσσεται περίπου ως ακολούθως, χρησιμοποιώντας τα ημερολογιακά έτη 2017 και 2018:

Διάγραμμα 13: Παραδοχή εναλλαγής περιόδων λειτουργίας και διακοπών για ένα σχολικό έτος (Ιδία Επεξεργασία).



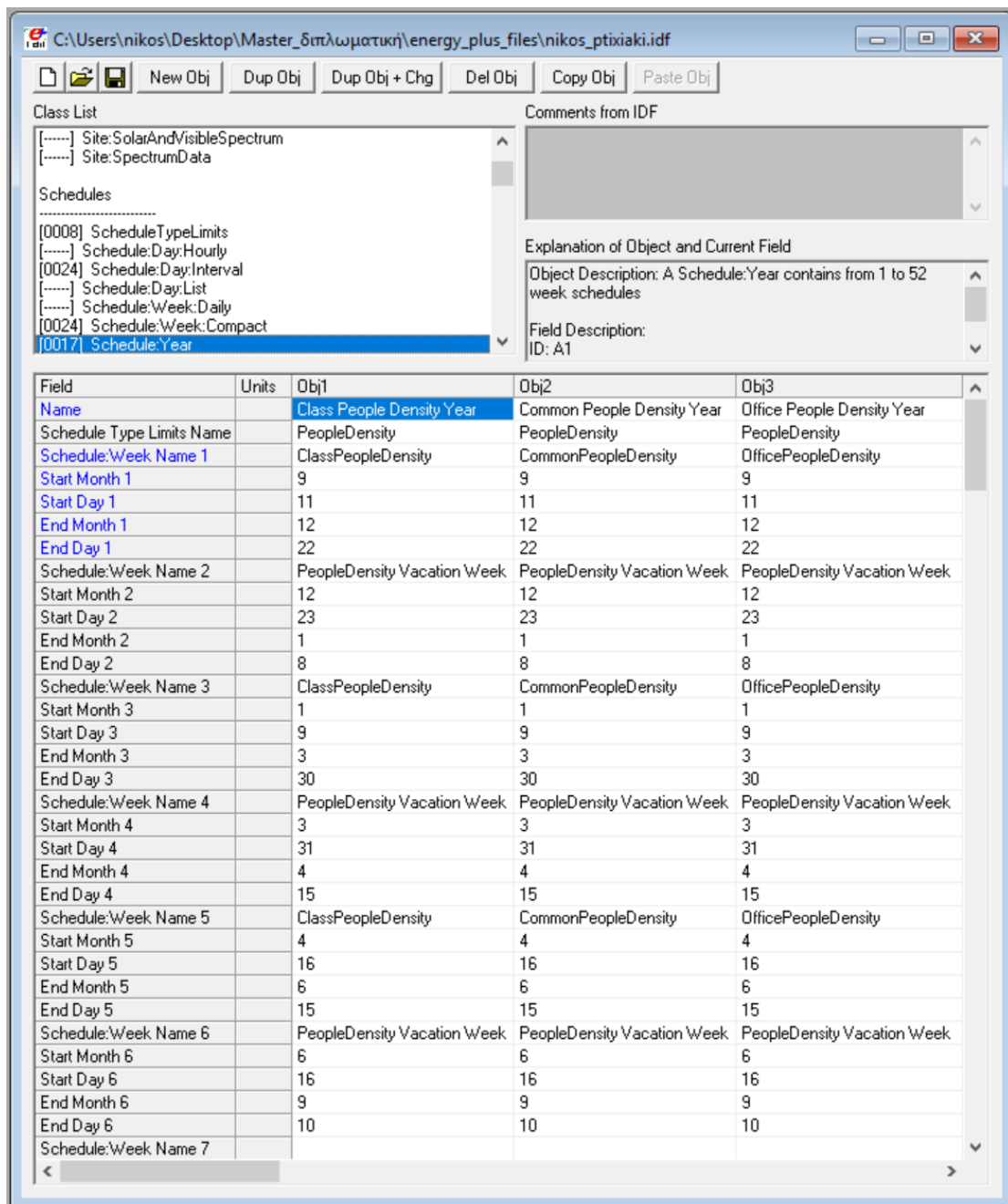
Βάσει του παραπάνω διαγράμματος, του διαχωρισμού δηλαδή του σχολικού έτους σε περιόδους λειτουργίας του κτιρίου και περιόδους μη λειτουργίας λόγω διακοπών, δημιουργούνται τα εξής χρονοδιαγράμματα για τον κάθε παράγοντα που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και οφείλει να συμπληρωθεί στο περιβάλλον του προγράμματος:

Πίνακας 11: Δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων σε επίπεδο σχολικού έτους ανά υπο-μελέτη παράγοντα (Ιδία Επεξεργασία).

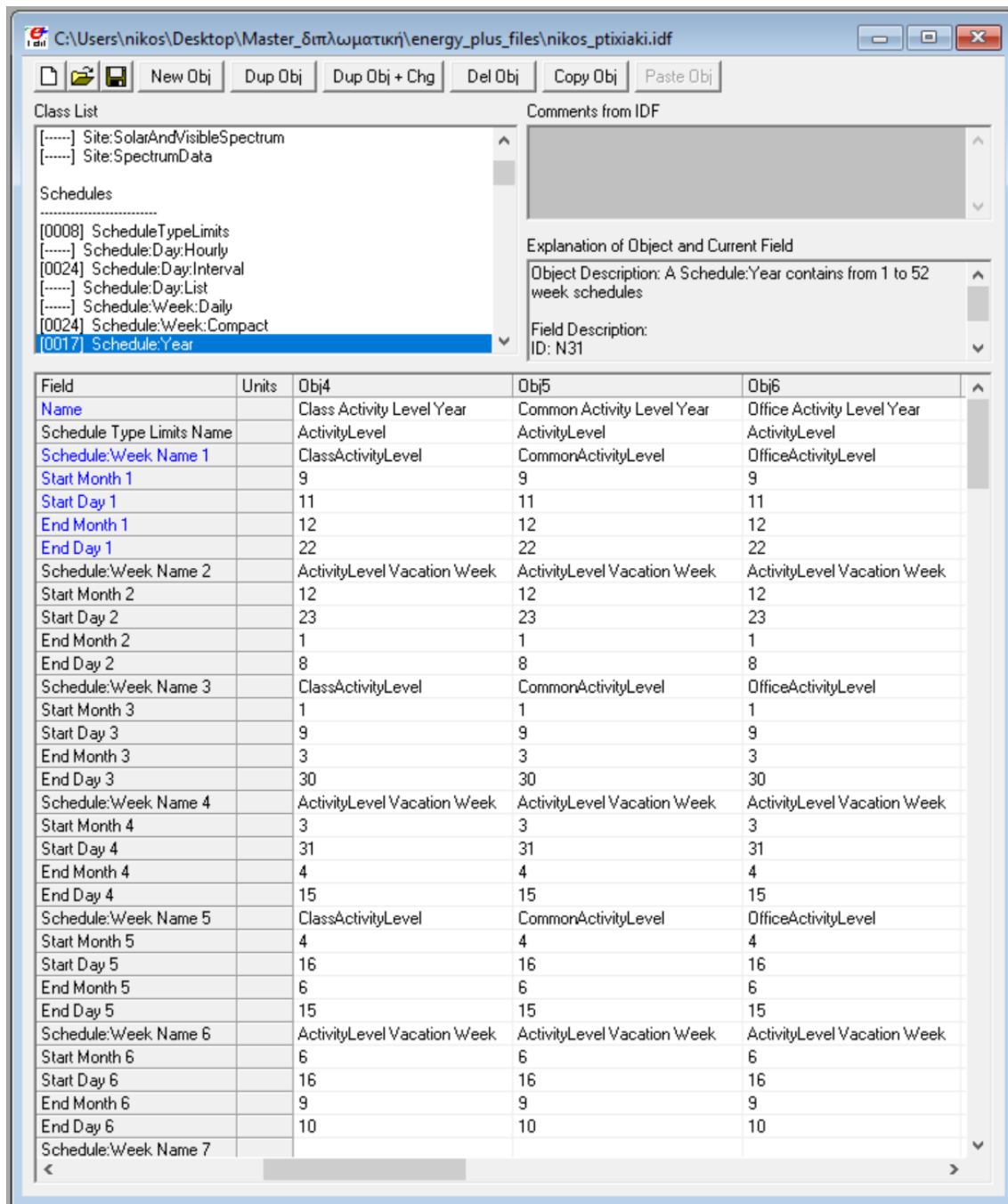
| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Πυκνότητα Ανθρώπινη Ύπαρξης | “Class People Density Year” |
| | “Common People Density Year” |
| | “Office People Density Year” |
| Ανθρώπινη Δραστηριότητα | “Class Activity Level Year” |
| | “Common Activity Level Year” |
| | “Office Activity Level Year” |
| Ηλεκτρικός Εξοπλισμός | “Class Electric Equipment Year” |
| | “Office Electric Equipment Year” |
| | “H/Y Electric Equipment Year” |
| | “Canteen Electric Equipment” |
| Τεχνητός Φωτισμός | “Class Lights Year” |
| | “Common Lights Year” |
| | “Office Lights Year” |
| Φυσικός Αερισμός | “Ventilation Year” |
| Αθέλητος Αερισμός | “Infiltration Year” |
| Σύστημα Θέρμανσης | “Heat System Year” |
| Σύστημα Ψύξης | “Cooling System Year” |

Να διευκρινιστεί στο σημείο αυτό ότι για τα ανωτέρω χρονοδιαγράμματα έχουν χρησιμοποιηθεί τα αντίστοιχα εβδομαδιαίας βάσης που δημιουργήθηκαν σε προηγούμενο στάδιο. Πιο συγκεκριμένα, για το “ventilation Year” λήφθηκαν υπόψη τα “Ventilation Winter Week” και “ventilation Summer Week”, καθώς ορίστηκε ότι το καλοκαίρι ο εκούσιος αερισμός είναι μεγαλύτερος λόγω ανοίγματος των παραθύρων, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες ελαχιστοποιείται σημαντικά. Αντίστοιχα για το “Infiltration Year”, λήφθηκαν αυτούσια τα εβδομαδιαία προγράμματα μιας και ορίστηκε ότι ο εκούσιος αερισμός παραμένει σταθερός καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους. Όσον αφορά στο “Heat System Year”, όπως ορίστηκε προηγουμένως λαμβάνονται υπόψη μόνο οι περίοδοι λειτουργίας του σχολείου μεταξύ του διαστήματος 01/11 έως και 31/03, καθώς εκτός του διαστήματος αυτού το σύστημα θέρμανσης παραμένει ανενεργό. Τέλος, το “Cooling System Year” λαμβάνει αυτούσιο το

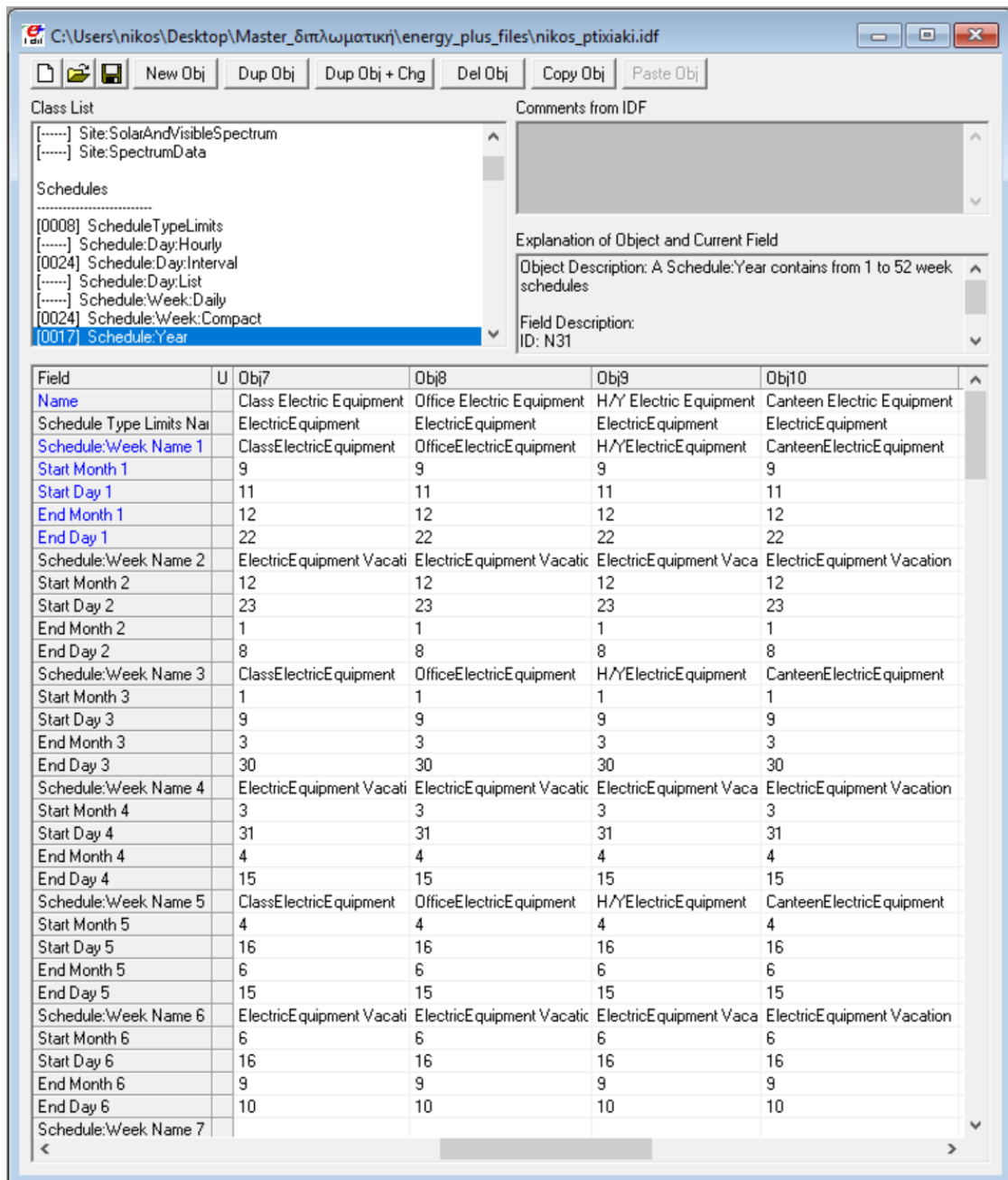
εβδομαδιαίο χρονοδιάγραμμα καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους, μιας και το σχολικό συγκρότημα δεν διαθέτει κλιματισμό ή κάποιο άλλο τεχνητό σύστημα ψύξης.



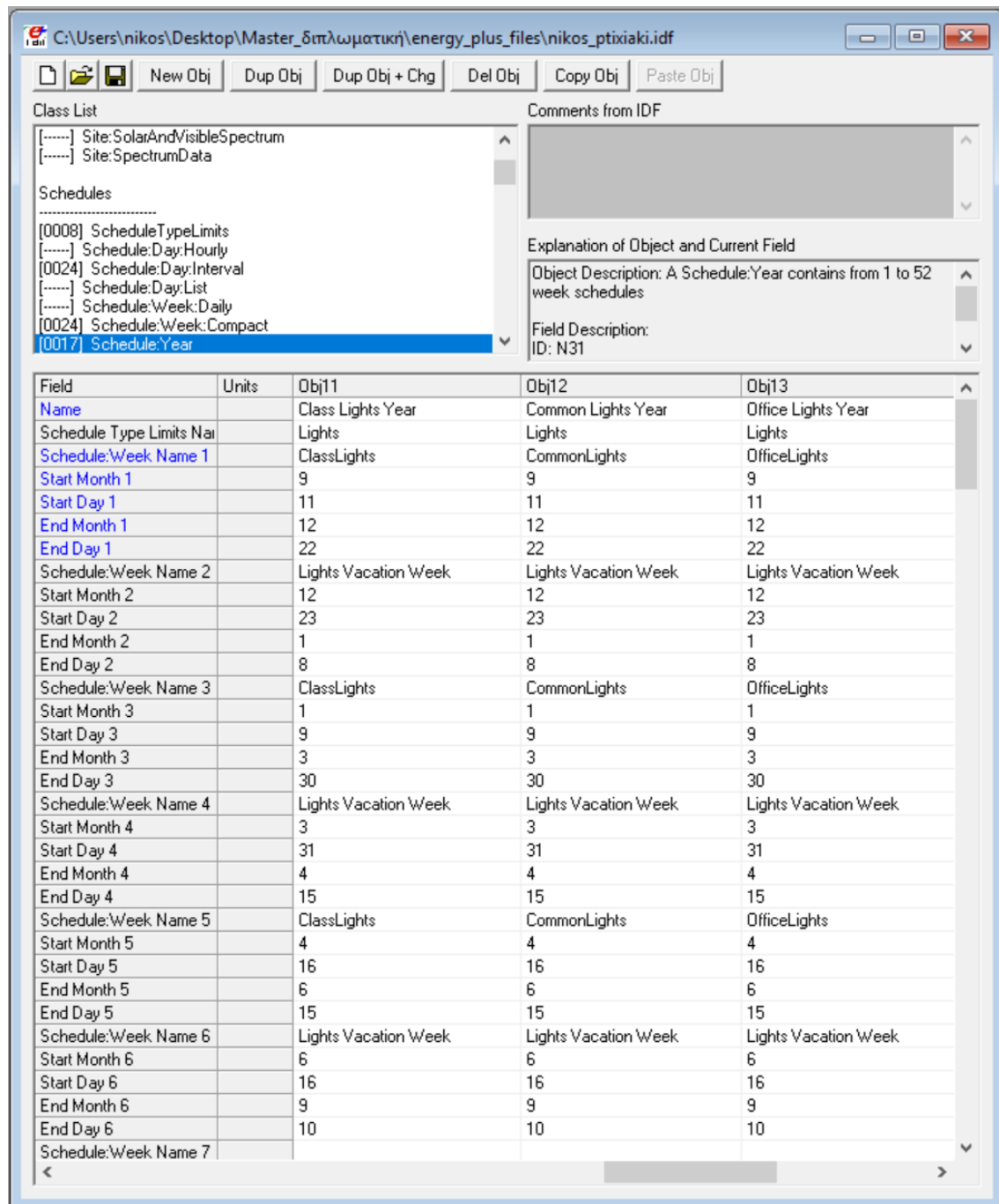
Εικόνα 58: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Year – People Density” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).



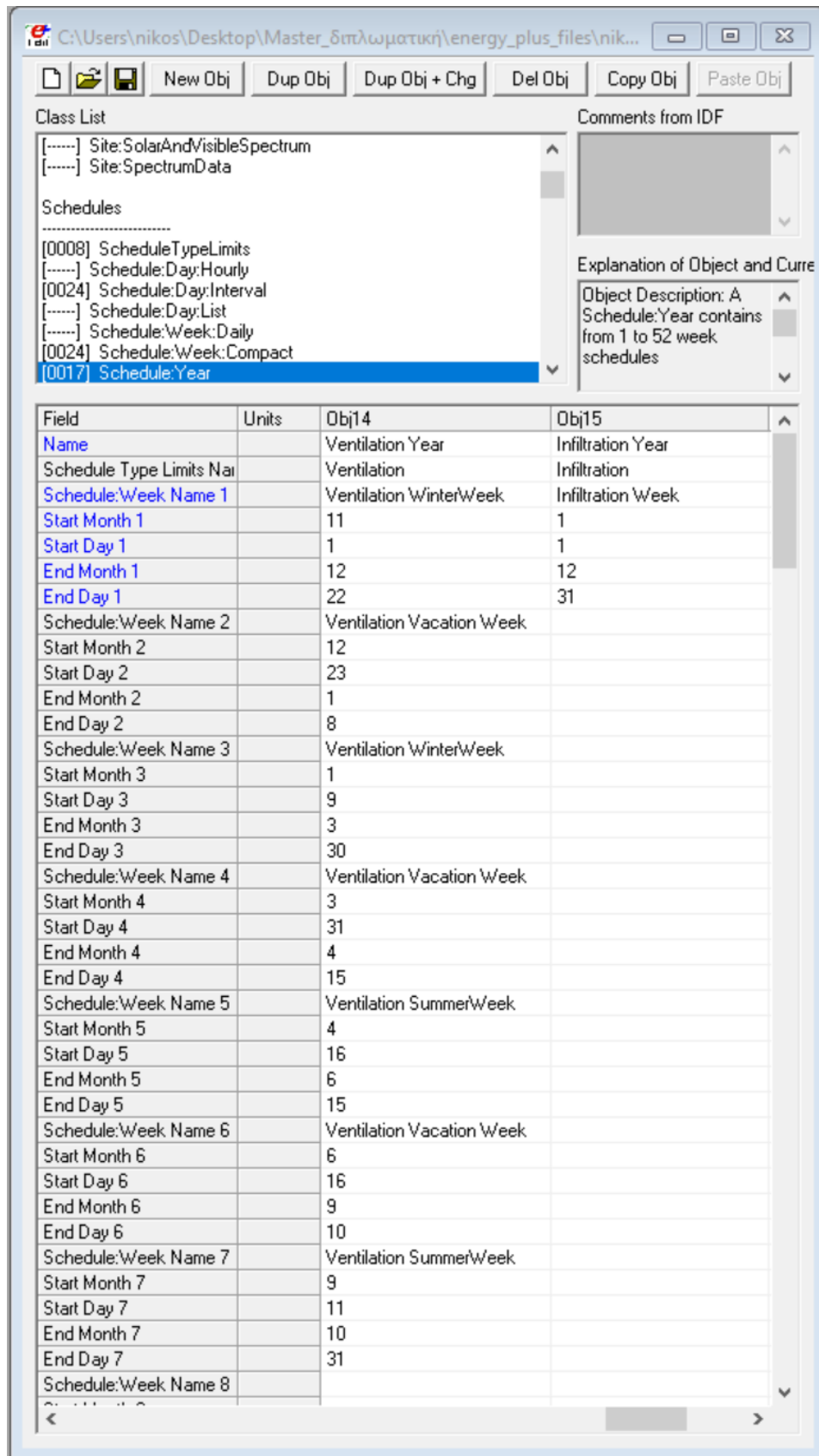
Εικόνα 59: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Year – Activity Level” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).



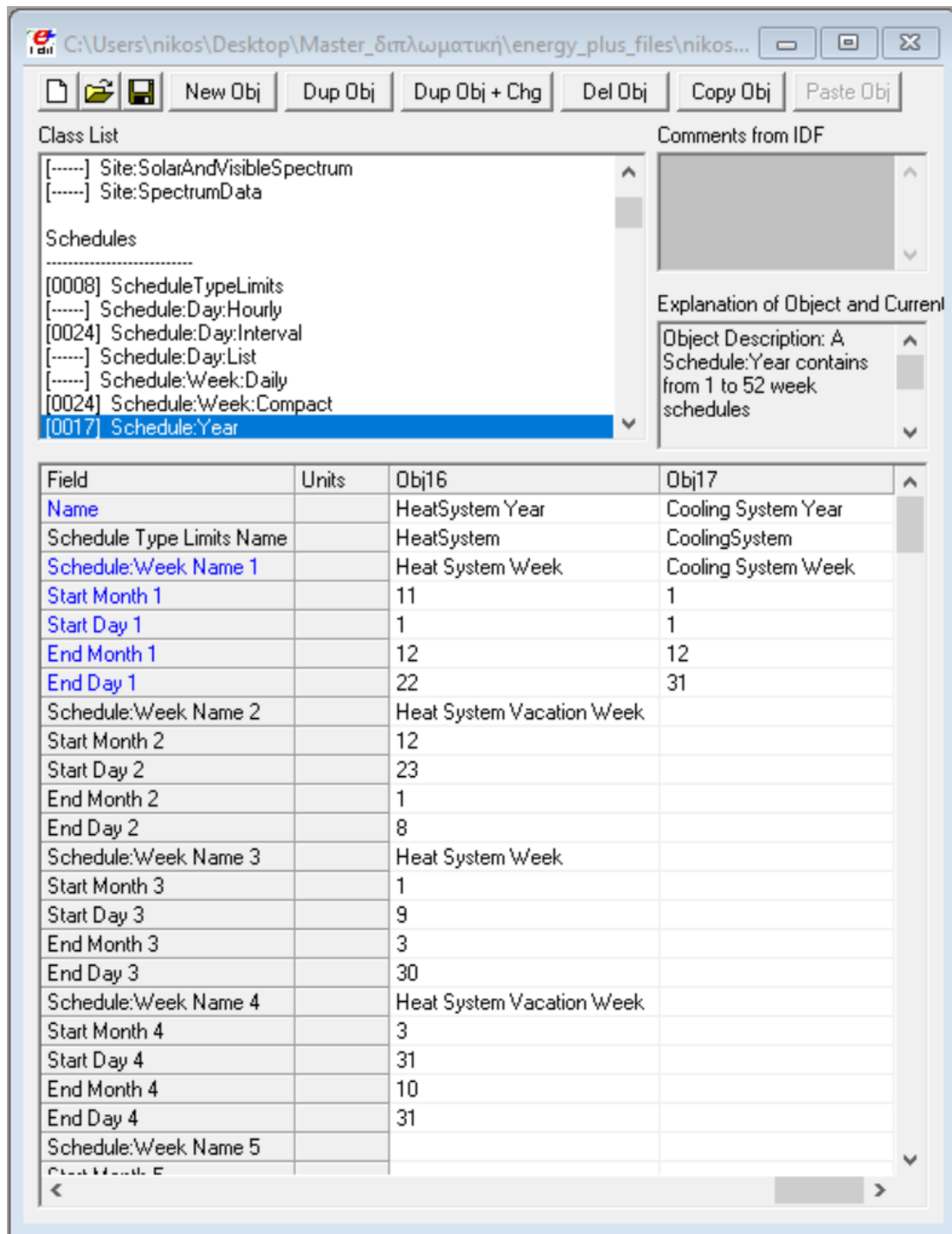
Εικόνα 60: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Year – Electric Equipment” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 61: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Year – Lights” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 62: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Year – Ventilation and Infiltration” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).



Εικόνα 63: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Schedule: Year – Heat and Cooling Systems” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

5.4.6. Surface Construction Elements

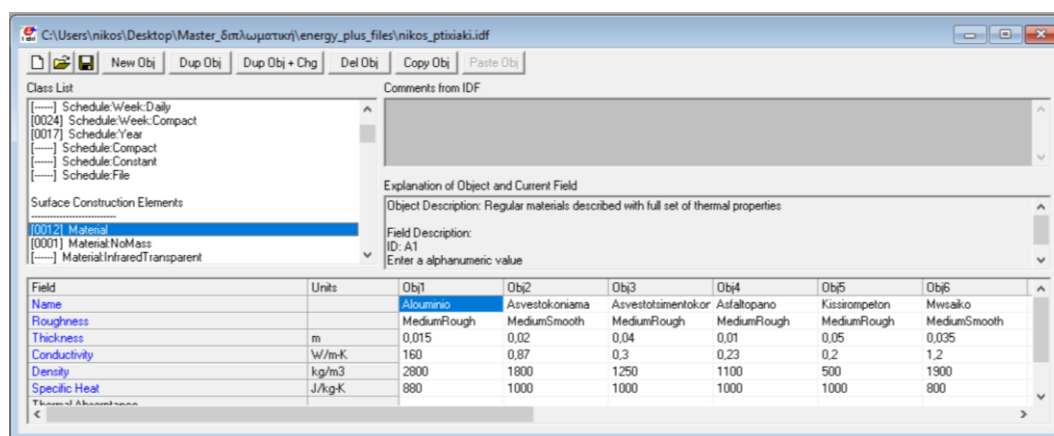
Σε αυτή την κατηγορία εισάγονται όλες οι παράμετροι που αφορούν στα δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το κτίριο. Με άλλα λόγια εισάγονται στοιχεία και λεπτομέρειες για τα

υλικά κατασκευής αυτού, όπως εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, δάπεδα, οροφές, πόρτες και παράθυρα.

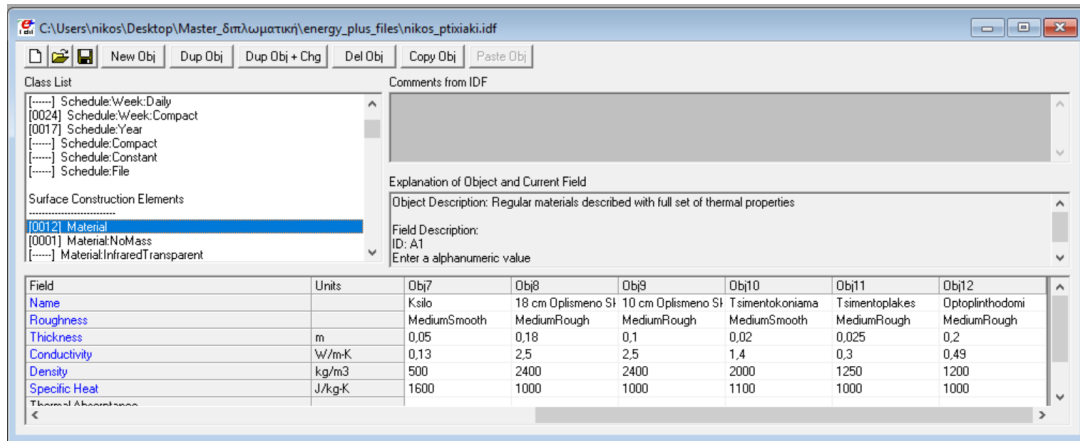
Αρχικά συμπληρώνεται η υποκατηγορία “Materials” που έχει να κάνει κυρίως με το σύνολο των αδιαφανών εκείνων δομικών στοιχείων που πλαισιώνουν το κτίριο. Για κάθε τέτοιο στοιχείο θα πρέπει να εισαχθεί στο πρόγραμμα ένα πλήθος ιδιοτήτων αυτού όπως είναι η τραχύτητα, το πάχος, η πυκνότητα, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και η ειδική θερμοχωρητικότητα αυτού. Τα δεδομένα των ιδιοτήτων που προαναφέρθηκαν συλλέγονται από σχετικούς πίνακες που δίνονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. και παρατίθενται ακολούθως:

Πίνακας 12: Ιδιότητες δομικών υλικών κατασκευής επιφανειών σχολικού συγκροτήματος (TOTEE 20701-2/2010, Ιδία Επεξεργασία).

| ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ | | | | | |
|--------------------------|---------------|-----------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| ΥΛΙΚΟ | ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ | ΠΑΧΟΣ (m) | ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (W/m*k) | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kg/m ³) | ΕΙΔ. ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (J/kg*K) |
| Αλουμίνιο | Medium Rough | 0,015 | 160 | 2800 | 880 |
| Ασβεστοκονίαμα | Medium Smooth | 0,02 | 0,87 | 1800 | 1000 |
| Ασβεστοσιμεντοκονίαμα | Medium Rough | 0,04 | 0,3 | 1250 | 1000 |
| Ασφαλτόπανο | Medium Rough | 0,01 | 0,23 | 1100 | 1000 |
| Κισηρομπετόν | Medium Rough | 0,1 | 0,2 | 500 | 1000 |
| Μωσαϊκό | Medium Smooth | 0,035 | 1,2 | 1900 | 800 |
| Ξύλο | Medium Smooth | 0,05 | 0,13 | 500 | 1600 |
| Οπλισμένο Σκυρόδεμα 0,18 | Medium Rough | 0,18 | 2,5 | 2400 | 1000 |
| Οπλισμένο Σκυρόδεμα 0,1 | Medium Rough | 0,1 | 2,5 | 2400 | 1000 |
| Τσιμεντοκονίαμα | Medium Smooth | 0,02 | 1,4 | 2000 | 1100 |
| Τσιμεντόπλακες | Medium Rough | 0,025 | 0,3 | 1250 | 1000 |
| Οπτοπλινθοδομή | Medium Rough | 0,2 | 0,49 | 1200 | 1000 |

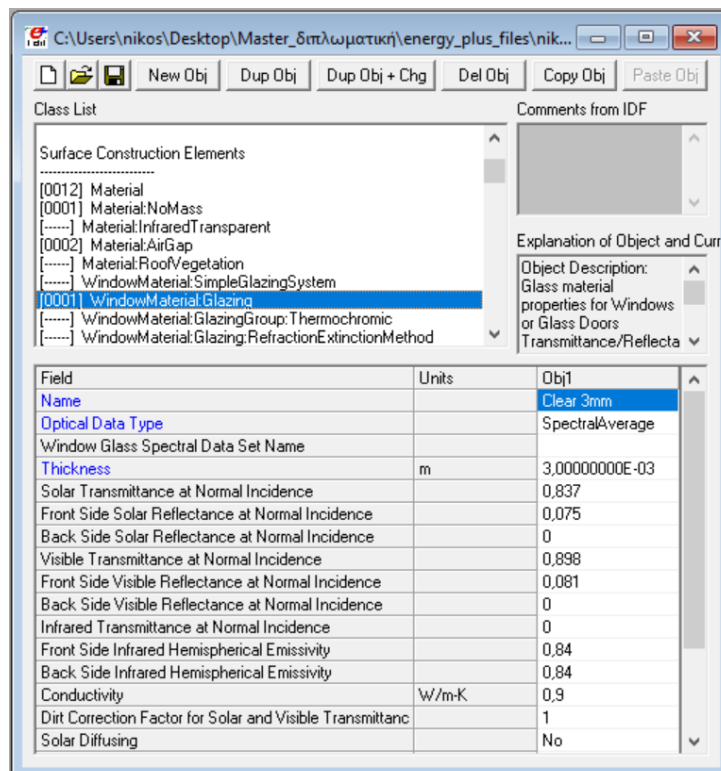


Εικόνα 64: Συμπλήρωση ιδιοτήτων δομικών αδιαφανών υλικών κατασκευής σχολικού συγκροτήματος στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 65: Συμπλήρωση ιδιοτήτων δομικών αδιαφανών υλικών κατασκευής σχολικού συγκροτήματος στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Συνεχίζοντας τη διαδικασία συμπλήρωσης των ζητούμενων στο πρόγραμμα απαντάται η υποκατηγορία “Window Material: Glazing”, όπου πρέπει να εισαχθούν δεδομένα για όλα τα χαρακτηριστικά των υαλοστασίων, που με τη σειρά τους αποτελούν τα διαφανή δομικά υλικά του κελύφους που μελετάται. Στην προκειμένη περίπτωση πρόκειται για γυαλί πάχους 3mm, τα χαρακτηριστικά του οποίου διατίθενται από το ίδιο το πρόγραμμα, όπως ο συντελεστής διαπερατότητας. Διάχυσης και εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας.



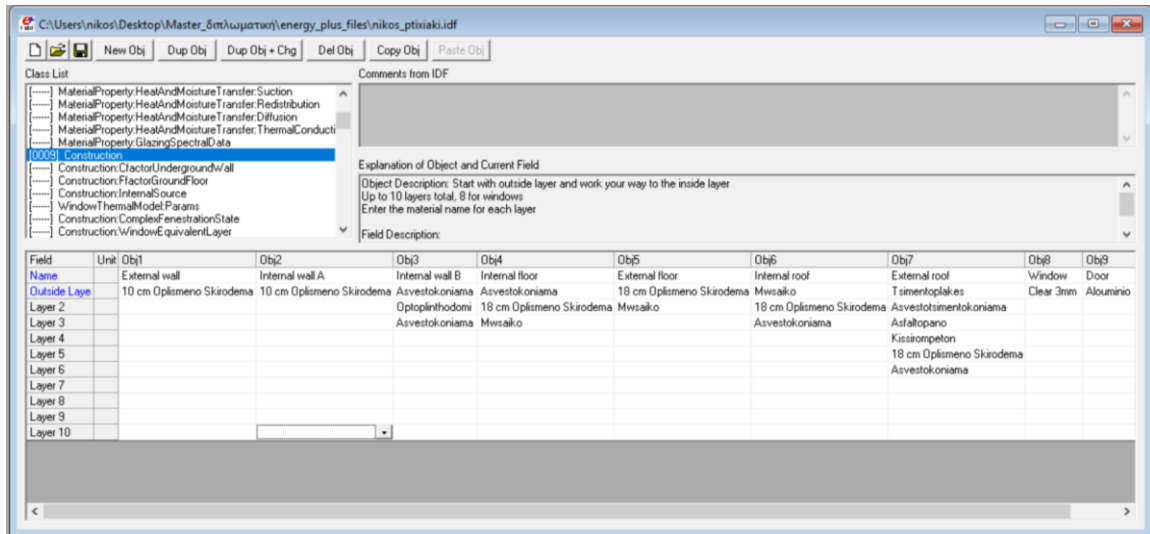
Εικόνα 66: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Window Material: Glazing” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Έπειτα, στην υποκατηγορία “Construction” συμπληρώνεται η δομή κάθε εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας του εν λόγω σχολείου, όπως τοίχοι, δάπεδα οροφές, πόρτες και παράθυρα. Για τη διαδικασία αυτή θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα από τα προηγούμενα βήματα (Material, Window Material Glazing, Window Material Gas). Η λογική που ακολουθείται είναι «από μέσα προς τα έξω», δηλαδή από την εξωτερικότερη κάθε φορά στρώση του στοιχείου προς την εσωτερικότερη με σημείο αναφοράς πάντα την θερμική ζώνη μέσα στην οποία επάγονται. Διευκρινιστικά να αναφερθεί πως οι διεπιφάνειες μεταξύ διαφορετικών θερμικών ζωνών περιγράφονται κάθε φορά ξεχωριστά για την κάθε υπό μελέτη ζώνη.

Ακολουθεί πίνακα που περιγράφει αναλυτικά τα υλικά κατασκευής των δομικών συστατικών του κτιριακού κελύφους:

Πίνακας 13: Δομή κατασκευής επιφανειών σχολικού συγκροτήματος (Ιδία Επεξεργασία).

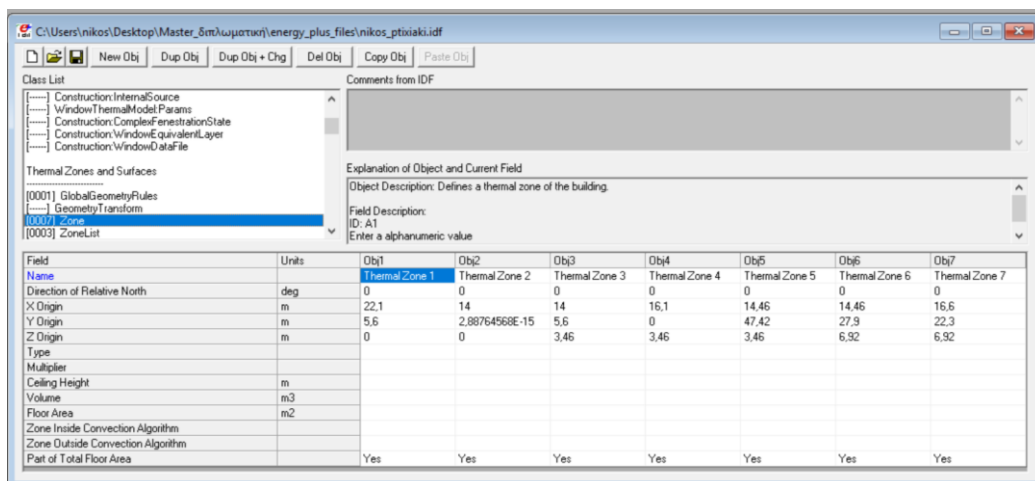
| ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ | ΥΛΙΚΟ |
|---------------------|---|
| Πόρτα | Αλουμίνιο 0,0015m |
| Παράθυρο | Τζάμι 0,003m |
| Εξωτερικός Τοίχος | Οπλισμένο Σκυρόδεμα 0,18m |
| Εσωτερικός Τοίχος Α | Οπλισμένο Σκυρόδεμα 0,1m |
| Εσωτερικός Τοίχος Β | Ασβεστοκονίαμα 0,02m Οπλινθοδομή 0,2m Ασβεστοκονίαμα 0,02m |
| Εξωτερική Οροφή | Τσιμεντόπλακες 0,025m Ασβεστοκονίαμα 0,04m Ασφαλτόπανο 0,01m Κιτσηρομπετόν 0,1m Οπλισμένο Σκυρόδεμα 0,18m Ασβεστοκονίαμα 0,02m |
| Εσωτερική Οροφή | Μωσαϊκό 0,035m Οπλισμένο Σκυρόδεμα 0,18m Ασβεστοκονίαμα 0,02m |
| Εξωτερικό Δάπεδο | Οπλισμένο Σκυρόδεμα 0,18m Μωσαϊκό 0,035m |
| Εσωτερικό Δάπεδο | Οπλισμένο Σκυρόδεμα 0,18m Μωσαϊκό 0,035m |



Εικόνα 67: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Construction” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

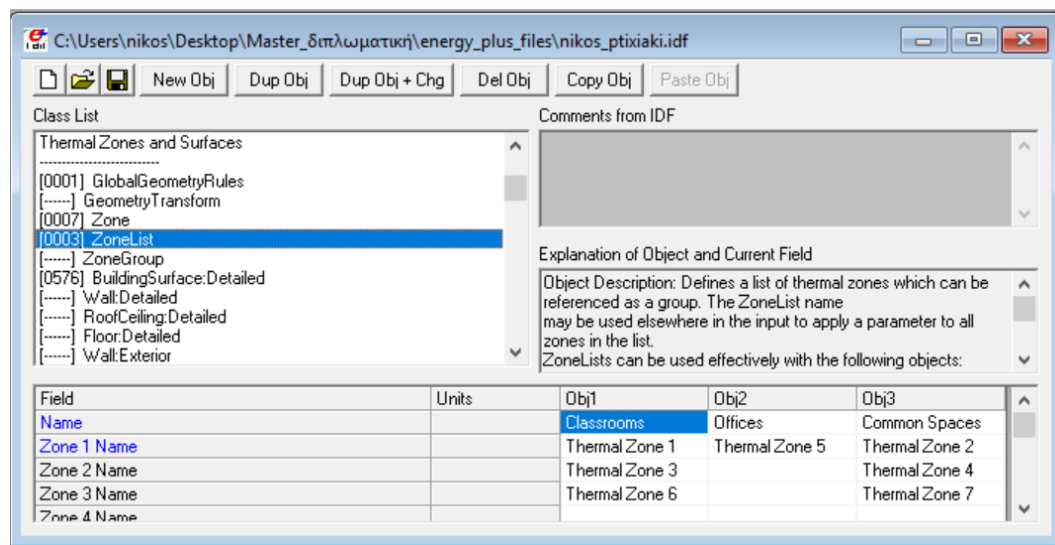
5.4.7. Thermal Zones and Surfaces

Στη συγκεκριμένη κατηγορία παρατίθενται τα επιμέρους χαρακτηριστικά των επτά (7) θερμικών ζωνών, όπως αυτές ορίστηκαν σε προηγούμενο στάδιο στο περιβάλλον του Sketch Up. Από τα πρώτα κιόλας δεδομένα που πρέπει να συμπληρωθούν είναι η υποκατηγορία “Zone”, στην οποία εισάγεται αυτόματα από το πρόγραμμα το δημιουργηθέν αρχείο από το Sketch Up με τα δεδομένα που αφορούν στα ονόματα της κάθε θερμικής ζώνης και τις επιμέρους συντεταγμένες της κάθε μιας. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι αυτό είναι ένα από τα πλέον σημαντικότερα και πιο απαραίτητα στάδια για τη συνέχιση και ολοκλήρωση της όλης διαδικασίας.



Εικόνα 68: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Zone” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Έπειτα, στην υποκατηγορία “Zone List” δίνεται η δυνατότητα στον χειριστή που προγράμματος να επεξεργαστεί της ανωτέρω θερμικές ζώνες έχοντας την επιλογή να ομαδοποιήσει αυτές με κοινά ή παρόμοια χαρακτηριστικά και ιδιότητες προκειμένου να γίνουν ευκολότεροι οι υπολογισμοί της προσομοίωσης και να διεξαχθούν τα συνολικά αποτελέσματα αυτής που θα αφορούν το σύνολο ενός χώρου και όχι μόνο τα επιμέρους τμήματα που τον αποτελούν. Στην περίπτωση του σχολικού συγκροτήματος που ερευνάται στο πλαίσιο αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας, αποφασίστηκε να οριστούν τρεις (3) ομάδες θερμικών ζωνών, η πρώτη εξ’ αυτών αφορά στις αίθουσες διδασκαλίας, η δεύτερη αφορά στα γραφεία του σχολείου και η τρίτη στους κοινόχρηστους χώρους. Οπότε οι επτά (7) θερμικές ζώνες που είχαν κατασκευαστεί – ορισθεί στο προηγούμενο πρόγραμμα, κατανέμονται πλέον σε αυτό το πρόγραμμα (E.P.) σε τρεις βασικές ομάδες όπως διασαφηνίζεται και στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 69: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “ZoneList” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Στην υποκατηγορία “Building Surface: Detailed” ορίζονται όλες οι δομικές αδιαφανείς επιφάνειες του κτιρίου που μελετάται. Ουσιαστικά γίνεται μια αντιστοίχιση της κάθε επιφάνειας με την κατασκευαστική της δομή. Αναλυτικότερα, σε αυτό πεδίο διευκρινίζεται ο τύπος της κάθε επιφάνειας που έχει ορισθεί στο πρόγραμμα, εάν πρόκειται δηλαδή για οροφή, πάτωμα τοίχο, κλπ., καθώς επίσης και οι συνοριακές της συνθήκες και εξωτερικές συνθήκες στις οποίες είναι (εάν είναι) εκτεθειμένη (εάν έρχεται σε επαφή με έδαφος – χώμα, εάν είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία ή σε αέρα). Είναι αρκετά σημαντικό να πραγματοποιηθεί σχολαστικός έλεγχος στις παραπάνω συνθήκες για όλες τις επιφάνειες που έχουν κατασκευασθεί και ορισθεί στο πρόγραμμα, μιας και το Energy Plus λαμβάνει τα δεδομένα αυτά έτοιμα από το αρχείο Sketch Up Open Studio. Κατά αντίστοιχο τρόπο εισάγονται και οι συντεταγμένες της κάθε επιφάνειας.

Ειδικότερα, περιγράφονται τα εξής:

- Το όνομα της κάθε ορισμένης επιφάνειας.
- Το είδος της κάθε επιφάνειας (οροφή, δάπεδο, τοίχος).

- Η κατασκευαστική λεπτομέρεια που της αντιστοιχεί σύμφωνα με το πεδίο “Construction” που είχε ορισθεί προηγουμένως.
- Η ζώνη στην οποία επάγεται η κάθε επιφάνεια.
- Οι εξωτερικές συνοριακές συνθήκες, εάν επικοινωνεί άμεσα με έδαφος, αέρα, κλπ.
- Το όνομα της άλλης εσωτερικής επιφάνειας με την οποία συνορεύει (εάν υπάρχει).
- Η έκθεση στον ήλιο ή στον αέρα ή και στα δυο ταυτόχρονα.
- Οι συντεταγμένες των κορυφών της κάθε επιφάνειας που την οριοθετούν στον χώρο.

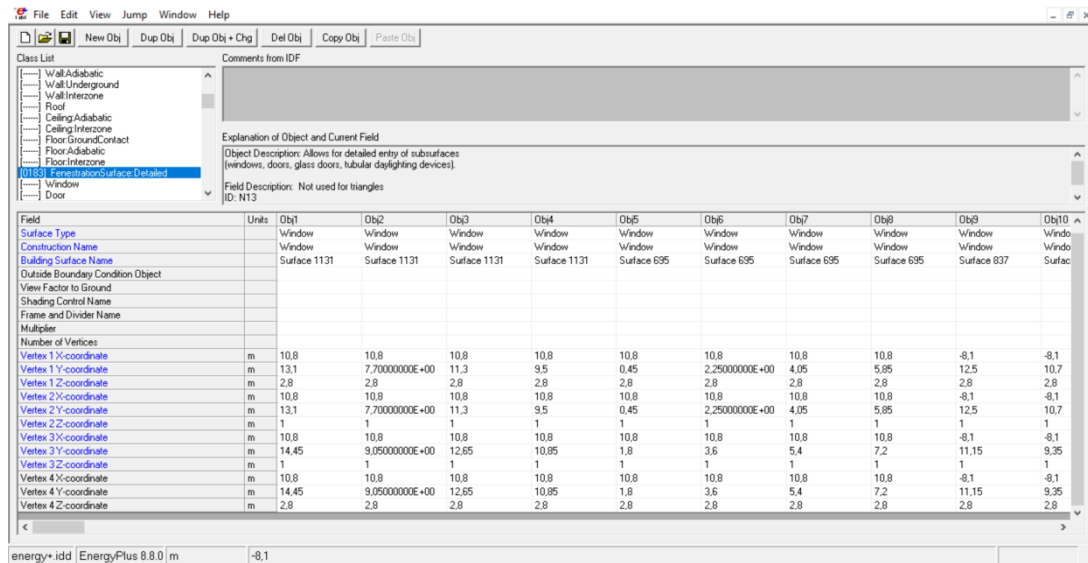
Τα στοιχεία που εισήχθησαν σε αυτή την υποκατηγορία ήταν 576, αριθμός αρκετά μεγάλος, πράγμα που υποδηλώνει μια διαδικασία αρκετά σχολαστική και απαιτητική, όπως περιγράφεται στην ενδεικτική εικόνα που ακολουθεί:

| Field | Uri | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 | Obj6 | Obj7 | Obj8 | Obj9 | Obj10 | Obj11 | Obj12 | Obj13 |
|----------------------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Name | | Surface 100 | Surface 102 | Surface 104 | Surface 106 | Surface 107 | Surface 1123 | Surface 1124 | Surface 1125 | Surface 1126 | Surface 1128 | Surface 1131 | Surface 695 | Surface 837 |
| Surface Type | | Wall | Floor | Wall | Wall | Wall | Floor | Wall | Wall | Wall | Ceiling | Wall | Wall | Wall |
| Construction Name | | External wall | External floor | External wall | External wall | Internal wall A | External floor | Internal wall A | External wall | External wall | External wall | Internal roof | External wall | External wall |
| Zone Name | | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 | Thermal Zone 1 |
| Outside Boundary Condition | | Outdoors | Ground | Outdoors | Outdoors | Surface | Ground | Surface | Surface | Outdoors | Surface | Outdoors | Outdoors | Outdoors |
| Outside Boundary Condition | | | | | | Surface 967 | | Surface 88 | Surface 965 | | Surface 1244 | | | |
| Sun Exposure | | SunExposed | NoSun | SunExposed | SunExposed | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | SunExposed | NoSun | SunExposed | SunExposed | SunExposed |
| Wind Exposure | | WindExposed | NoWind | WindExposed | WindExposed | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | WindExposed | NoWind | WindExposed | WindExposed | WindExposed |
| View Factor to Ground | | | | | | | | | | | | | | |
| Number of Vertices | | | | | | | | | | | | | | |
| Vertex 1 X-coordinate | m | 6,5 | 0 | -8,1 | -1 | 0 | 10,8 | 2,7 | 7 | 10,8 | 10,8 | 10,8 | 10,8 | -8,1 |
| Vertex 1 Y-coordinate | m | 0 | 14,9 | 7,55 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 7,55 | 7,55 | 0 | 14,9 |
| Vertex 1 Z-coordinate | m | 3,46 | 0 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 0 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 3,46 |
| Vertex 2 X-coordinate | m | 6,5 | 0 | -8,1 | -1 | 0 | 10,8 | 2,7 | 7 | 10,8 | 10,8 | 10,8 | 10,8 | -8,1 |
| Vertex 2 Y-coordinate | m | 0 | 7,55 | 7,55 | 14,9 | 14,9 | 7,55 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 7,55 | 0 | 14,9 |
| Vertex 2 Z-coordinate | m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,46 | 0 | 0 | 0 |
| Vertex 3 X-coordinate | m | 10,8 | -8,1 | 0 | -8,1 | -1 | 2,7 | 2,7 | 7 | 2,7 | 10,8 | 10,8 | 10,8 | -8,1 |
| Vertex 3 Y-coordinate | m | 0 | 7,55 | 7,55 | 14,9 | 14,9 | 7,55 | 7,55 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 7,55 | 7,55 |
| Vertex 3 Z-coordinate | m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,46 | 0 | 0 | 0 |
| Vertex 4 X-coordinate | m | 10,8 | -8,1 | 0 | -8,1 | -1 | 2,7 | 2,7 | 7 | 2,7 | 10,8 | 10,8 | 10,8 | -8,1 |
| Vertex 4 Y-coordinate | m | 0 | 14,9 | 7,55 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 7,55 | 14,9 | 14,9 | 7,55 | 14,9 | 7,55 | 7,55 |
| Vertex 4 Z-coordinate | m | 3,46 | 0 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 0 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 3,46 | 3,46 |

Εικόνα 70: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Building Surface: Detailed” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

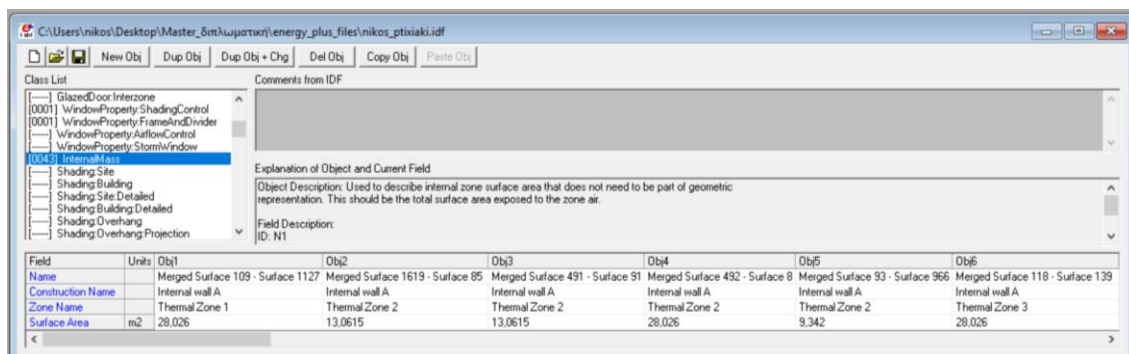
Όσον αφορά στις επιφάνειες των ανοιγμάτων, το πρόγραμμα παρέχει στον χρήστη μέσω της υποκατηγορίας “Fenestration Surface: Detailed” τη δυνατότητα να ορίσει τις δομές αυτών. Η συνοριακή συνθήκη για την κάθε επιφάνεια λαμβάνεται αυτόματα από το πρόγραμμα βάσει του αρχείου του Sketch Up, πράγμα που απαιτεί και πάλι καλό έλεγχο προς αποφυγή λανθασμένων τιμών. Ο χρήστης στο σημείο αυτό είναι σε θέση να ορίσει ο ίδιος την κατασκευαστική δομή της εκάστοτε επιφάνειας μέσω του κελιού “Construction Name”.

Τα στοιχεία που εισήχθησαν στο πρόγραμμα είναι 183, μερικά από τα οποία παρουσιάζονται ακολούθως:



Εικόνα 71: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Fenestration Surface: Detailed” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Στην υποκατηγορία “Internal Mass” δίνεται η δυνατότητα περιγραφής όλων των επιφανειών που βρίσκονται στο εσωτερικό της κάθε θερμικής ζώνης και οι οποίες αλληλεπιδρούν μόνο με αυτή τη θερμική ζώνη της οποίας αποτελούν τμήμα. Στοιχεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον στο σημείο αυτό είναι το όνομα της κάθε επιφάνειας, η ζώνη στην οποία επάγεται, η κατασκευαστική της λεπτομέρεια, καθώς επίσης και ο εμβαδόν αυτής. Επιφάνειες με όμοια κατασκευαστική δομή είναι δυνατόν να καταγραφούν στο πρόγραμμα ως μια ενιαία επιφάνεια, το εμβαδόν της οποίας θα ισούται με το άθροισμα των επιμέρους εμβαδών. Ταυτόχρονα, επιφάνειες των οποίων και οι δυο όψεις έρχονται σε επαφή με τον αέρα της θερμικής ζώνης που τις περικλείει, δύνανται να καταγράφονται δυο φορές είτε μια φορά με το διπλάσιο εμβαδόν ωστόσο.



Εικόνα 72: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Internal Mass” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό πως πρόκειται για ένα σημαντικό στάδιο της διαδικασίας, μιας και η μάζα που περικλείεται σε μια ζώνη διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην απορρόφηση και την απόδοση θερμότητας σε ένα χώρο. Για παράδειγμα, σε ποικίλους τύπους βιοκλιματικών κτιρίων επιλέγεται τέτοια μάζα χώρου ώστε να απορροφά όσο το δυνατόν μεγαλύτερη θερμότητα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και να είναι σε θέση να την αποδίδει πίσω στον περιβάλλοντα χώρο κατά τη διάρκεια της νυκτός, εξασφαλίζοντας τις βασικές

συνθήκες άνεσης για τον χώρο. Κατ' αντιστοιχία, τους θερινούς μήνες, η ίδια μάζα απορροφά σημαντικότερο μέρος της θερμότητας του χώρου κατά την ημέρα, εξασφαλίζοντας χαμηλότερη θερμοκρασία εντός του κτιρίου, ενώ τη νύχτα η θερμότητα αυτή αποβάλλεται και απελευθερώνεται μέσω του κτιριακού αερισμού στο ψυχρότερο εξωτερικό περιβάλλον.

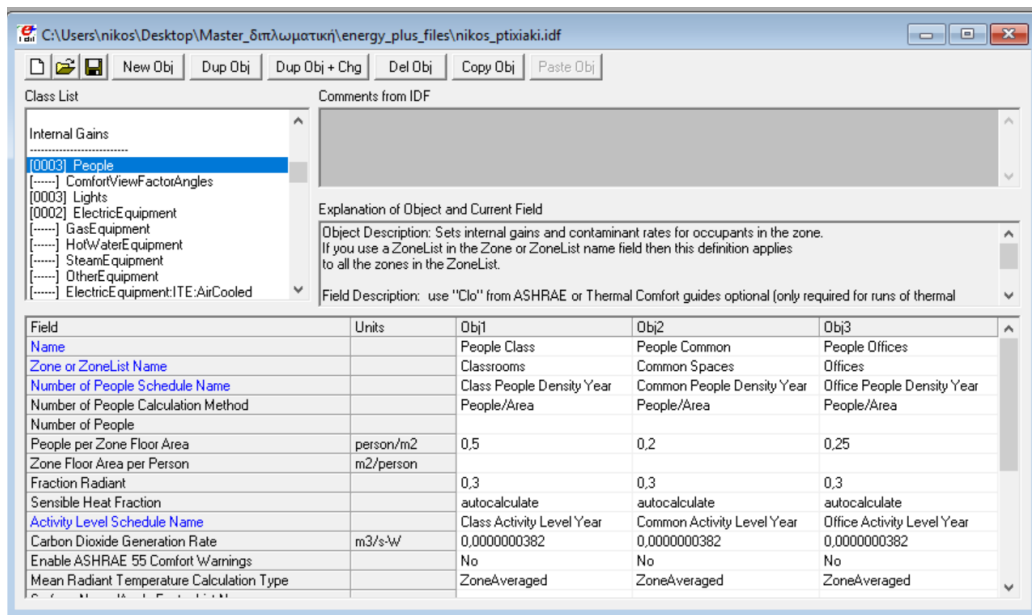
5.4.8. Internal Gains

Στην κατηγορία αυτή εισάγονται δεδομένα και παράμετροι που βοηθούν στον υπολογισμό των εσωτερικών θερμικών κερδών της κάθε ομάδας ζωνών που δημιουργήθηκε ήδη. Τέτοιες παράμετροι είναι ο αριθμός των ανθρώπων, οι ώρες παραμονής τους εντός του χώρου, το είδος της δραστηριότητας στον εκάστοτε χώρο, η ύπαρξη και λειτουργία φωτισμού και ηλεκτρικών συσκευών. Για τους λόγους αυτούς, οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται σε αυτό το στάδιο της μελέτης είναι οι: “People”, “Lights” και “Electric Equipment”.

Στην υποκατηγορία “People” η οποία προαναφέρθηκε, περιγράφονται εκείνα τα θερμικά κέρδη που προκύπτουν από την παραγόμενη και εκλυόμενη θερμότητα από το ανθρώπινο δυναμικό του χώρου, που με τη σειρά του απαρτίζουν μια θερμική ζώνη. Αναλόγως την άσκηση ή τη δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα εντός ενός χώρου, ο κάθε άνθρωπος εκλύει θερμότητα με μορφή αισθητού ή λανθάνοντος φορτίου. Σημαντικός παράγοντας για τη διαδικασία αυτή ο ρυθμός της δραστηριότητας (εάν πρόκειται για άσκηση, περπάτημα, κάθισμα, κλπ) καθώς επίσης και η ενδυμασία του ανθρώπου, στοιχεία που αυξάνουν το λανθάνον φορτίο με αύξηση της αναπνοής και της εφίδρωσης.

Οι παράγοντες και τα στοιχεία εκείνα που καθορίζονται και συνυπολογίζονται στο σημείο αυτό είναι τα εξής:

- Η ζώνη που επωφελείται από τα θερμικά κέρδη αυτής της μορφής σε κάθε περίπτωση.
- Το ετήσιο χρονοδιάγραμμα ανθρώπινης πυκνότητας στη ζώνη.
- Η μέθοδος υπολογισμού των κερδών αυτών, όπου για τη συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκε η μέθοδος “People/Area” που πρακτικά προσδιορίζει τη μέγιστη πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης σε μια ζώνη.
- Το ποσοστό ακτινοβολίας του σώματος.
- Το ποσοστό του αισθητού φορτίου.
- Το πρόγραμμα που καθορίζει τη δραστηριότητα των ανθρώπων σε κάθε θερμική ζώνη κατά τη διάρκεια του έτους προσομοίωσης.
- Η διεξαγωγή ή μη ελέγχου των συνθηκών της κάθε θερμικής ζώνης βάσει του πρότυπου της Οδηγίας 55 της ASHRAE περί συνθηκών άνεσης του ανθρώπου σε εσωτερικές ζώνες.
- Η μέθοδος προσδιορισμού της μέσης θερμοκρασίας της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από το άτομο.



Εικόνα 73: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Internal Gains – People” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Έπειτα, στην υποκατηγορία “Lights” προσδιορίζονται οι παράμετροι υπολογισμού των θερμικών κερδών όπως αυτά προκύπτουν από την παραγόμενη θερμότητα από τη λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων. Οι παράμετροι που πρέπει να δοθούν στο σύστημα για τη συνέχιση της διαδικασίας περιγράφονται ακολούθως:

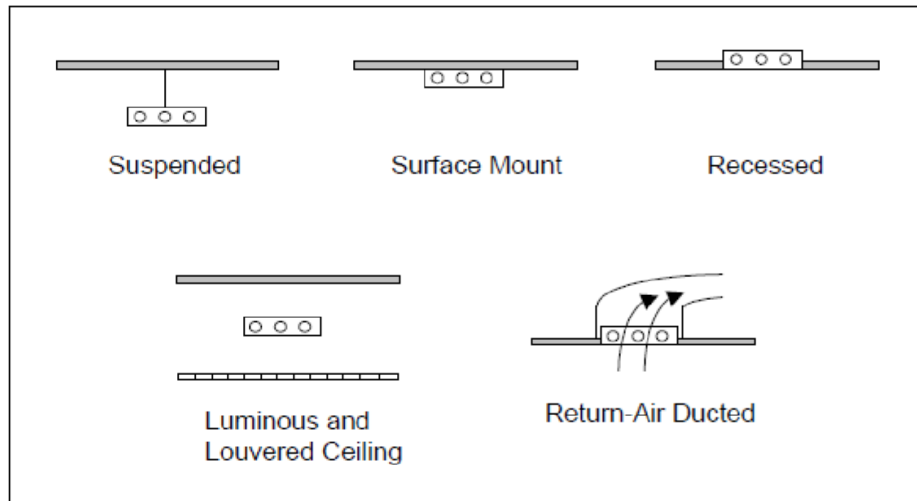
- Το όνομα της θερμικής ζώνης στην οποία προσφέρουν φωτισμό τα σώματα.
- Το πρόγραμμα βάσει του οποίου λειτουργούν τα φωτιστικά σώματα κατά την διάρκεια του έτους προσομοίωσης.
- Η μέθοδος υπολογισμού της παραγόμενης θερμικής ισχύος, όπου για την τρέχουσα περίπτωση είναι “Watt/Area”.
- Η εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού ανηγμένης στην επιφάνεια δαπέδου ζώνης.
- Το ποσοστό της θερμότητας από τον φωτισμό που μεταδίδεται με μορφή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας προς τις εσωτερικές επιφάνειες της ζώνης και απορροφάται από αυτές αναλόγως τον συντελεστή απορροφητικότητας που τις χαρακτηρίζει.
- Το ποσοστό θερμότητας που μεταδίδεται προς το εσωτερικό της ζώνης με μορφή ορατής μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας και απορροφάται από τις επιφάνειες βάσει του συντελεστή απορροφητικότητας του τις χαρακτηρίζει.
- Το ποσοστό εκείνο της θερμότητας που παράγεται από τα φωτιστικά σώματα και εισέρχεται στη ζώνη μέσω της επανακυκλοφορίας του αέρα.

Αναλυτικά, για τις αίθουσες διδασκαλίας η εγκατεστημένη ισχύς θεωρήθηκε ίση με 12 W/m^2 , για όλους τους κοινόχρηστους χώρους ίση με $6,4 \text{ W/m}^2$ και τέλος για τα γραφεία θεωρήθηκε ίση με 16 W/m^2 .

Ο υπολογισμός του θερμικού κέρδους της κάθε ζώνης από τη λειτουργία των φωτιστικών μέσων γίνεται μέσω της εξίσωσης που ακολουθεί:

$$F_{convected} = 1,00 - (Return\ Air\ Fraction + Fraction\ Radiant + Fraction\ Visible)$$

Το ποσοστό της κάθε μορφής θερμότητας επιλέγεται βάσει του είδους των φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται σε κάθε θερμική ζώνη, όπως αυτά περιγράφονται ακολούθως:

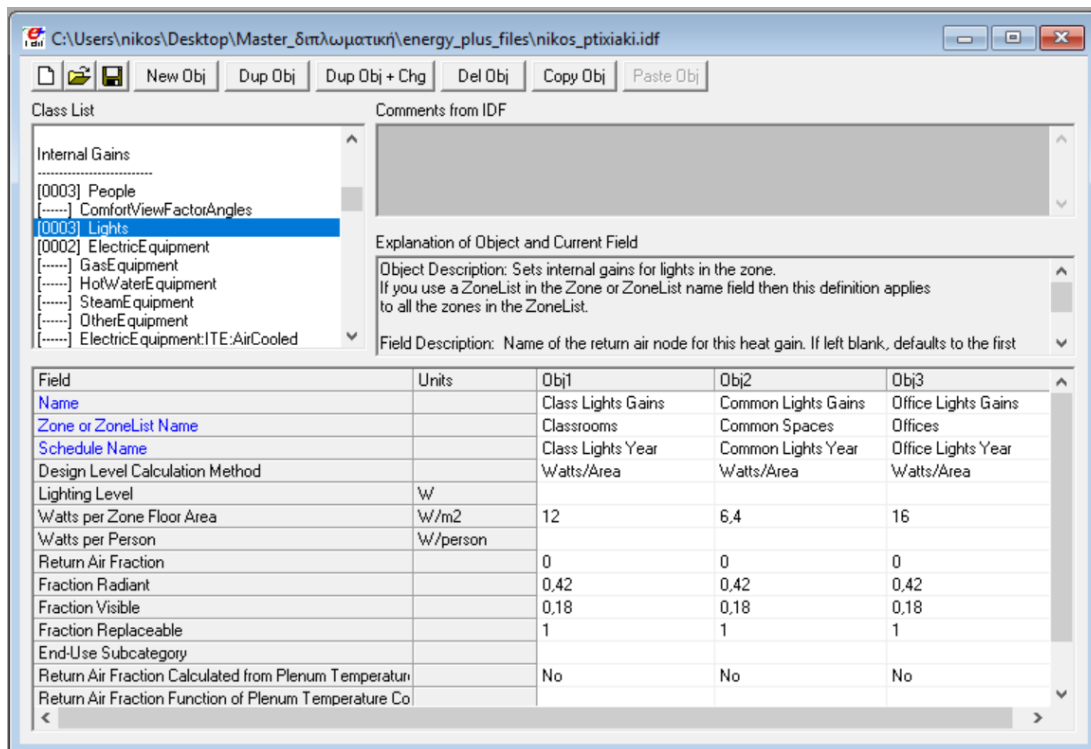


Εικόνα 74: Είδη διαφορετικών φωτιστικών σωμάτων (bigladdersoftware).

Πίνακας 14: Μετάδοση θερμότητας ανά είδος φωτιστικού σώματος (bigladdersoftware).

| Field Name | Luminaire Configuration, Fluorescent Lighting | | | | |
|---------------------|---|---------------|----------|-------------------------------|-------------------|
| | Suspended | Surface mount | Recessed | Luminous and louvered ceiling | Return-air ducted |
| Return Air Fraction | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.54 |
| Fraction Radiant | 0.42 | 0.72 | 0.37 | 0.37 | 0.18 |
| Fraction Visible | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 |
| $f_{convected}$ | 0.40 | 0.10 | 0.45 | 0.45 | 0.10 |

Απόρροια όλων των ανωτέρω είναι η συμπλήρωση της υποκατηγορίας “Lights” ,όσον αφορά στα εσωτερικά θερμικά κέρδη, να πραγματοποιηθεί ως εξής:



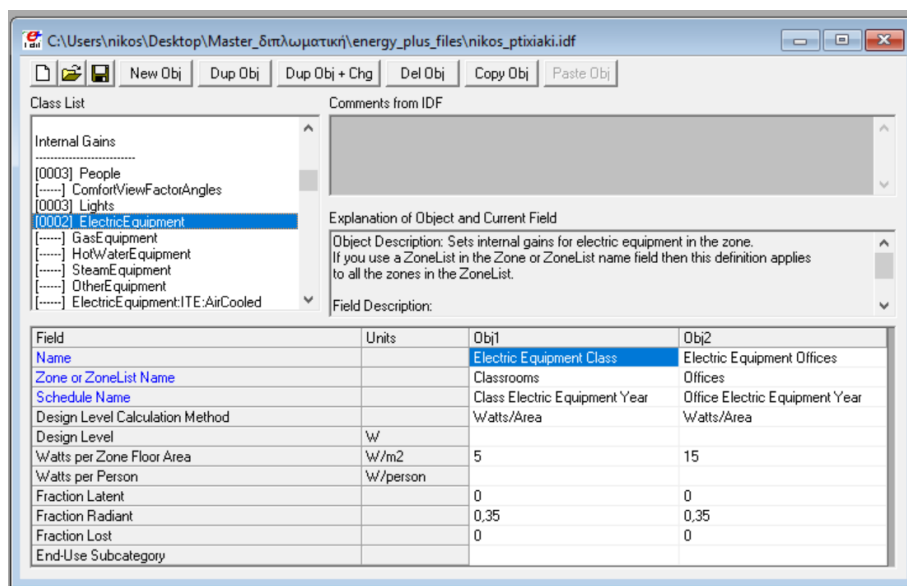
Εικόνα 75: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Internal Gains – Lights” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Η διαδικασία υπολογισμού των εσωτερικών θερμικών κερδών ολοκληρώνεται με την υποκατηγορία “Electric Equipment”, που όπως είναι προφανές πρόκειται για τα θερμικά κέρδη προερχόμενα από τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών. Η εκπεμπόμενη κάθε φορά ακτινοβολία εξαρτάται από το είδος της συσκευής, την ενεργειακή της κλάση, τη συντήρηση που της έχει γίνει, ο χρόνος λειτουργίας αυτής και άλλοι παράγοντες. Στην τρέχουσα περίπτωση θα καθοριστούν οι εξής παράμετροι:

- Η θερμική ζώνη στην οποία υπάγονται οι ηλεκτρικές συσκευές που βρίσκονται σε λειτουργία..
- Το πρόγραμμα που καθορίζει τη λειτουργία των ηλεκτρικών αυτών συσκευών στη διάρκεια του χρόνου προσομοίωσης.
- Η μέθοδος υπολογισμού των θερμικών κερδών.
- Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας της ζώνης.
- Το ποσοστό της λανθάνουσας θερμότητας που αποδίδεται από τις συσκευές στη ζώνη.
- Το ποσοστό της θερμότητας που εκλύεται με μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία.
- Το ποσοστό της θερμότητας που χάνεται και δεν επηρεάζει τη θερμική κατάσταση της ζώνης.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής εργασίας λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν μόνο τα θερμικά κέρδη από τη λειτουργία ηλεκτρικού εξοπλισμού στις αίθουσες διδασκαλίας και στα γραφεία, θεωρώντας ότι στους κοινόχρηστους χώρους (διαδρόμους, προαύλιο, κλπ) δεν διατίθεται – λειτουργεί τέτοιος εξοπλισμός. Έτσι, η εγκατεστημένη ισχύς για τις αίθουσες

διδασκαλίας θεωρείται ίση με 5 W/m^2 , ενώ η αντίστοιχη για τα γραφεία των καθηγητών ίση με 15 W/m^2 .



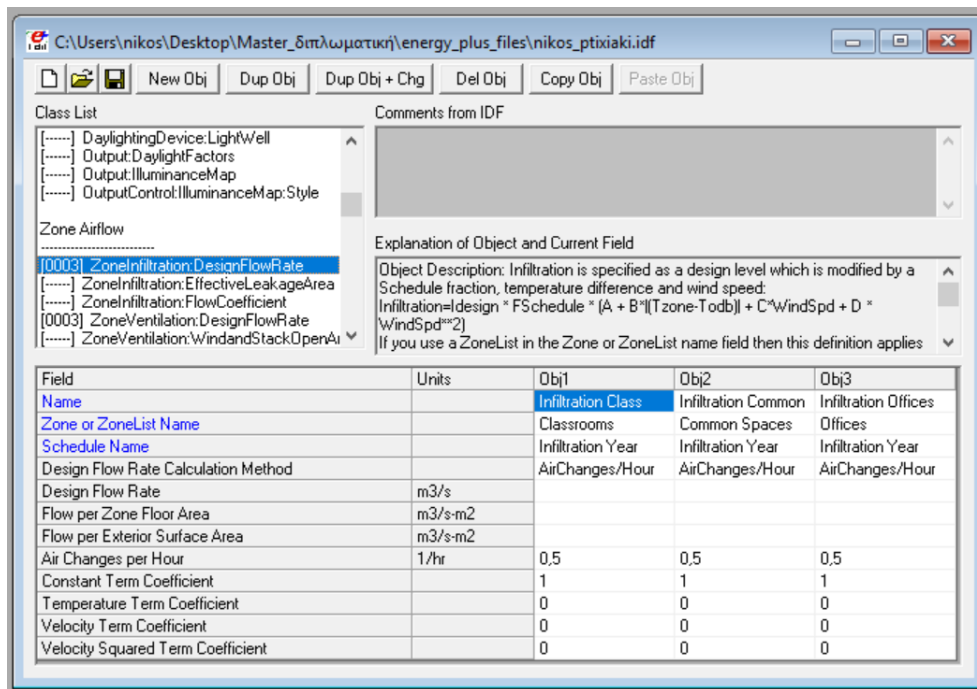
Εικόνα 76: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Internal Gains – Electric Equipment” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

5.4.9. Zone Airflow

Στην κατηγορία αυτή εισάγονται όλες εκείνες οι παράμετροι που σχετίζονται με τη ροή του αέρα εντός των εσωτερικών χώρων του σχολικού κτιρίου. Όταν γίνεται αναφορά σε ροή αέρα, ουσιαστικά γίνεται λόγος για τον έμμεσο και άμεσο αερισμό των χώρων. Ο πρώτος εκ των δύο δημιουργείται μέσω της ακούσιας ροής αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας στο εσωτερικό που προκαλείται από ρωγμές περιμετρικά των ανοιγμάτων (θυρών και παραθύρων) ή από το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρών ή ακόμα και από αστοχίες της ίδιας της κατασκευής, ύπαρξη καμινάδας τζακιού, κακή στεγάνωση της συναρμογής των κουφωμάτων κ.α.. Όσον αφορά στον άμεσο αερισμό των χώρων, αυτός πραγματοποιείται μέσω της εκούσιας διαδικασίας ανοίγματος των παραθύρων και οποιουδήποτε άλλου στοιχείου εισόδου και εξόδου αέρα μπορεί να διευκολύνει την κυκλοφορία από και προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, στη υποκατηγορία “Zone Infiltration: Design Flow Rate” προσδιορίζονται οι παράμετροι που είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό της ακούσιας ροής αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου και αντιστρόφως. Οι παράμετροι που ζητούνται σε αυτό το στάδιο από το πρόγραμμα είναι οι εξής :

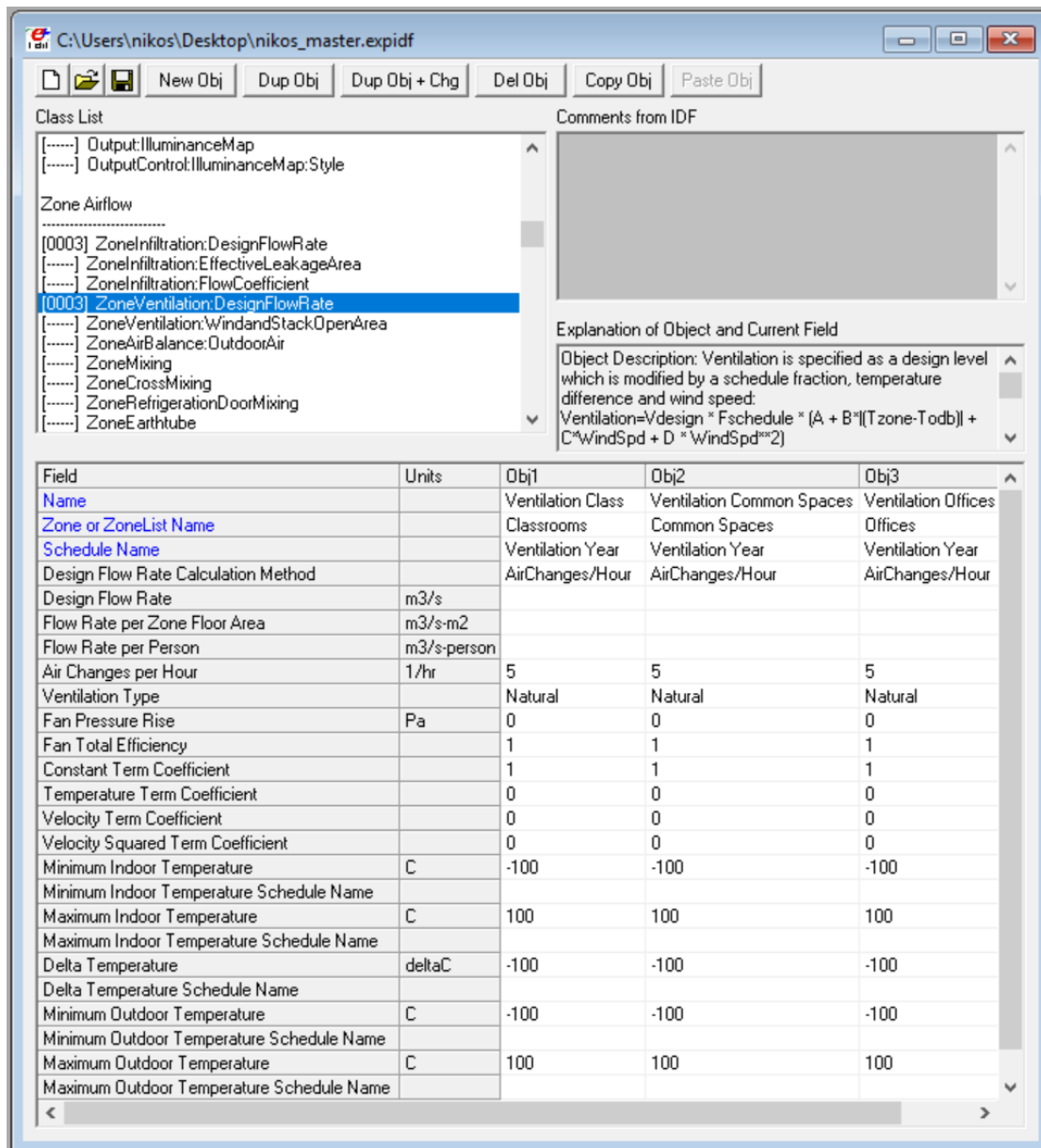
- Το όνομα τη ζώνης.
- Το πρόγραμμα που καθορίζει το βαθμό στον οποίο παρατηρείται η διείσδυση αέρα στους χώρους κάθε ζώνης κατά τη διάρκεια του χρόνου προσομοίωσης.
- Η μέθοδος υπολογισμού της ροής του αέρα και πιο συγκεκριμένα εάν θα προσδιορίζεται η ροή σε μια ζώνη ή ροή ανά μονάδα επιφάνειας.
- Η ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον προς κάθε ζώνη (m^3/sec).



Εικόνα 77: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Zone Infiltration: Design Flow Rate” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Στην υποκατηγορία “Zone Ventilation: Design Flow Rate” καθορίζονται όλες εκείνες οι παράμετροι που είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό του θεμιτού αερισμού στους χώρους των θερμικών ζωνών. Οι παράμετροι που ζητούνται από το πρόγραμμα είναι όμοιες με το αντίστοιχο πεδίο του αθέλητου αερισμού:

- Το όνομα τη ζώνης.
- Το πρόγραμμα που καθορίζει το βαθμό στον οποίο παρατηρείται η διείσδυση αέρα στους χώρους κάθε ζώνης κατά τη διάρκεια του χρόνου προσομοίωσης.
- Η μέθοδος υπολογισμού της ροής του αέρα και πιο συγκεκριμένα εάν θα προσδιορίζεται η ροή σε μια ζώνη ή ροή ανά μονάδα επιφάνειας.
- Η ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον προς κάθε ζώνη (m^3/sec).

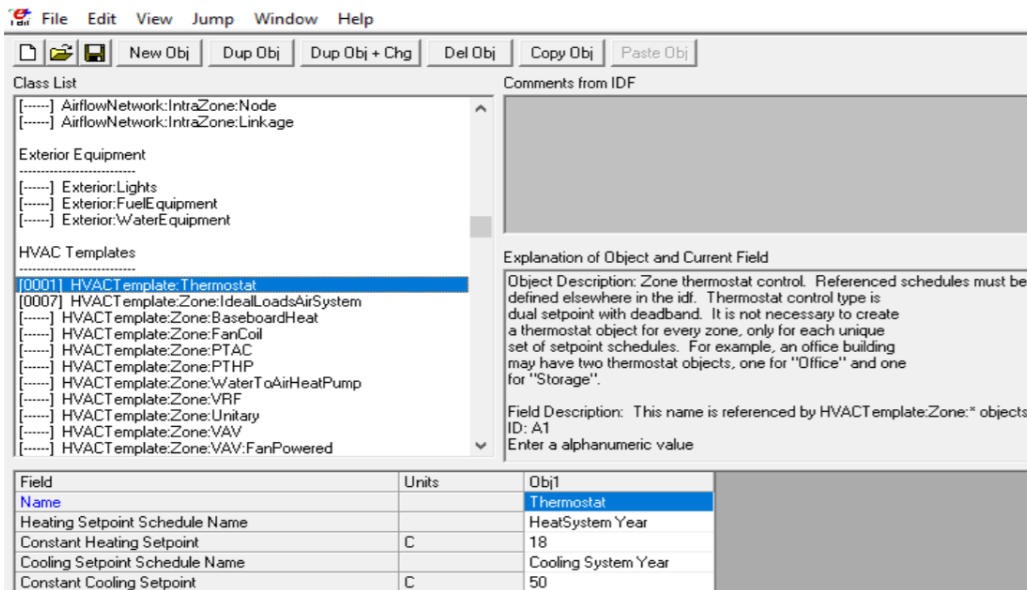


Εικόνα 78: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Zone Ventilation: Design Flow Rate” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

5.4.10. HVAC Templates

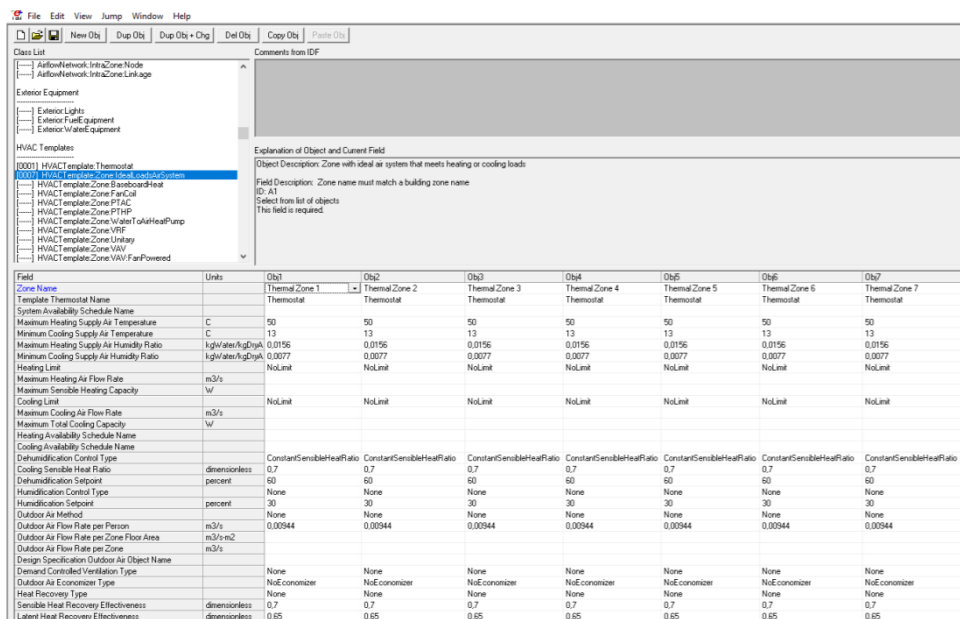
Στην τρέχουσα κατηγορία πρόκειται να εισαχθούν οι παράμετροι που αφορούν στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης που διαθέτει το κτίριο μελέτης.

Συγκεκριμένα, στην υποκατηγορία “HVAC Template: Thermostat” θα τοποθετηθούν τα χρονοδιαγράμματα θέρμανσης και ψύξης, όπως αυτά έχουν ορισθεί ήδη σε προηγούμενο βήμα, καθώς επίσης και το σημείο ενεργοποίησης του κάθε συστήματος (κάτω από τους 18° C ορίζεται η ενεργοποίηση του συστήματος θέρμανσης, ενώ πάνω από τους 50° C ορίζεται η ενεργοποίηση του συστήματος ψύξης, κάτι που πρακτικά το θεωρεί ανενεργό).



Εικόνα 79: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “HVAC Template: Thermostat” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

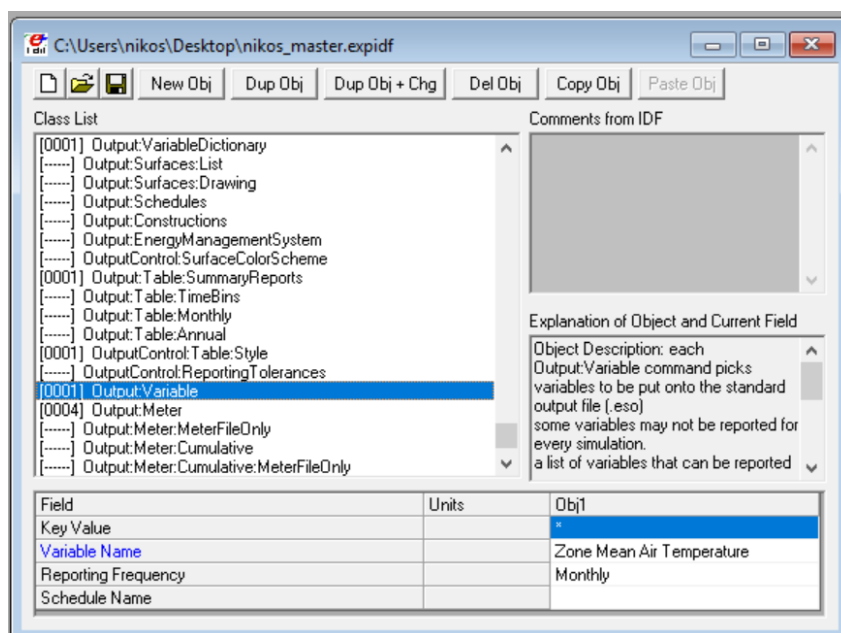
Ακολούθως, στην υποκατηγορία “HVAC Template: Ideal Loads Air System”, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να περιγράψει ένα ιδανικό σύστημα, βάσει του οποίου προμηθεύονται οι θερμικές ζώνες με αέρα κατάλληλων συνθηκών ώστε να καλυφθούν τα θερμικά και ψυκτικά τους φορτία. Πρόκειται για μια πρώτη προσέγγιση προσομοίωσης ενός ρεαλιστικού μοντέλου κτιρίου. Το τρέχον μοντέλο λαμβάνεται αυτούσιο για όλους τους χώρους του σχολικού συγκροτήματος, και περιγράφεται αναλυτικά στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 80: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “HVAC Template: Ideal Loads Air System” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ίδια Επεξεργασία).

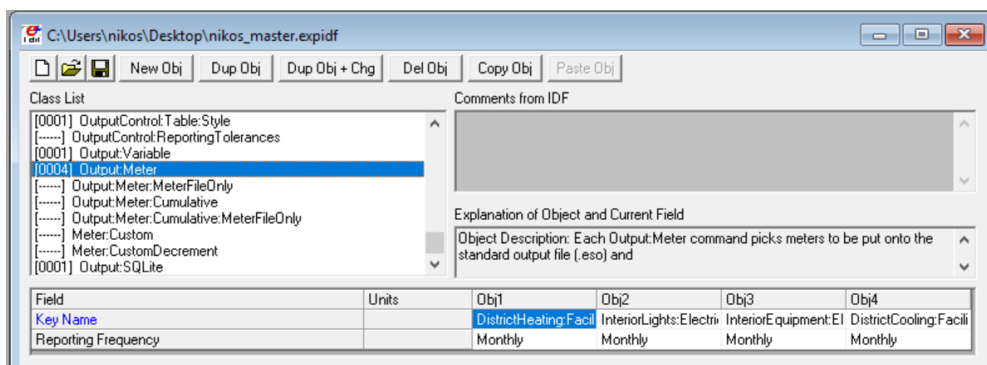
5.4.11. Output Reporting

Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία της προσομοίωσης μέσω του προγράμματος Energy Plus εξάγονται τα επιθυμητά αποτελέσματα. Για την ακρίβεια, στην υποκατηγορία “Output: Variable” συμπληρώνεται το είδος των αποτελεσμάτων και η συχνότητα αναφοράς, ως ακολούθως:



Εικόνα 81: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Output: Variable” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

Στην υποκατηγορία “Output: Meter” ζητείται από το πρόγραμμα η μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό φωτισμό, όπως υποδηλώνεται και στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 82: Συμπλήρωση υποκατηγορίας “Output: Meter” στο πρόγραμμα Energy Plus (Ιδία Επεξεργασία).

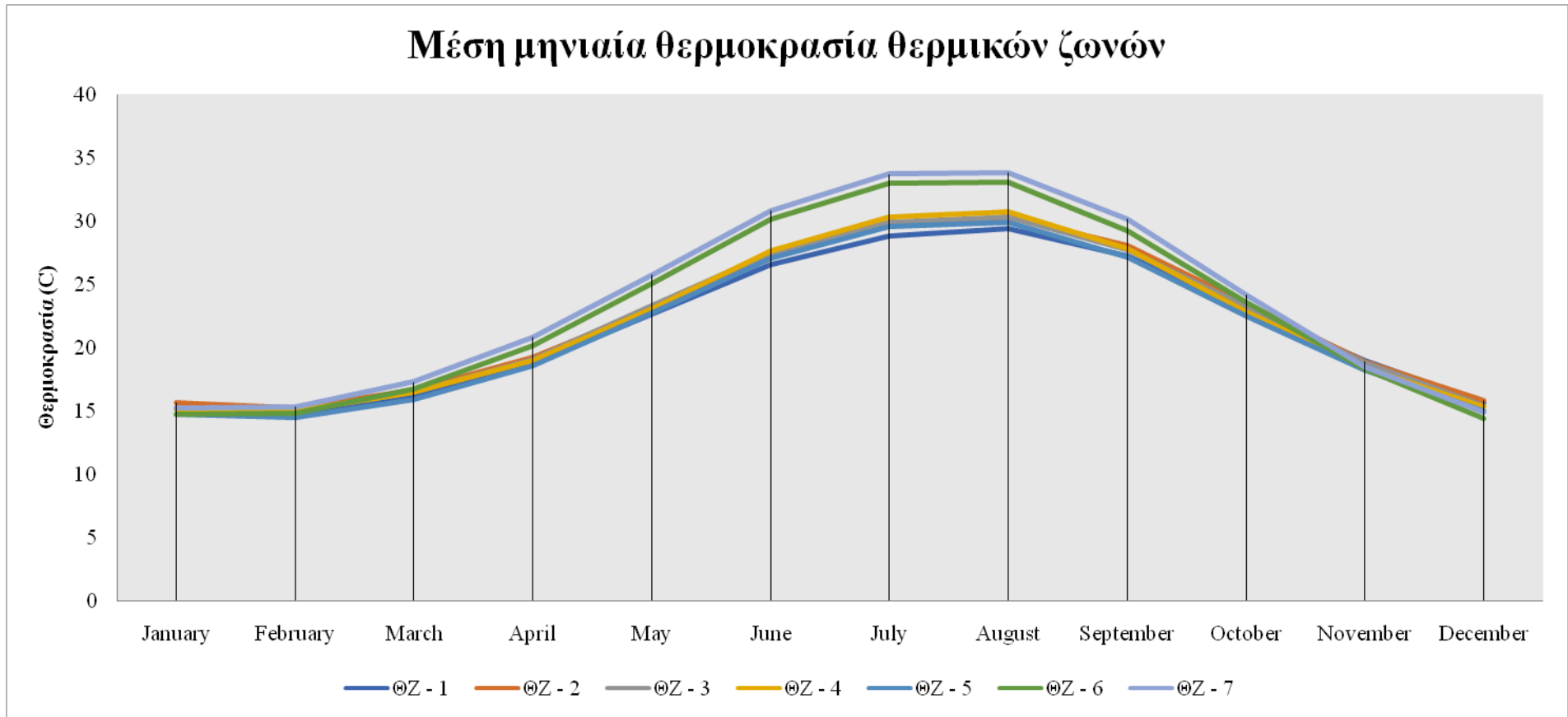
5.5. Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης του προγράμματος Energy Plus

Μετά την ολοκλήρωση της ενεργειακής προσομοίωσης βάσει της διαδικασίας που περιγράφηκε αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο, πραγματοποιείται ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτής. Για την ακρίβεια, πραγματοποιείται εξαγωγή διαγραμμάτων που αφορούν στην ενεργειακή συμπεριφορά του σχολικού συγκροτήματος βάσει των υπολογιστικών φύλλων που προέκυψαν με την ολοκλήρωση συμπλήρωσης όλων των απαιτούμενων πεδίων στο Energy Plus.

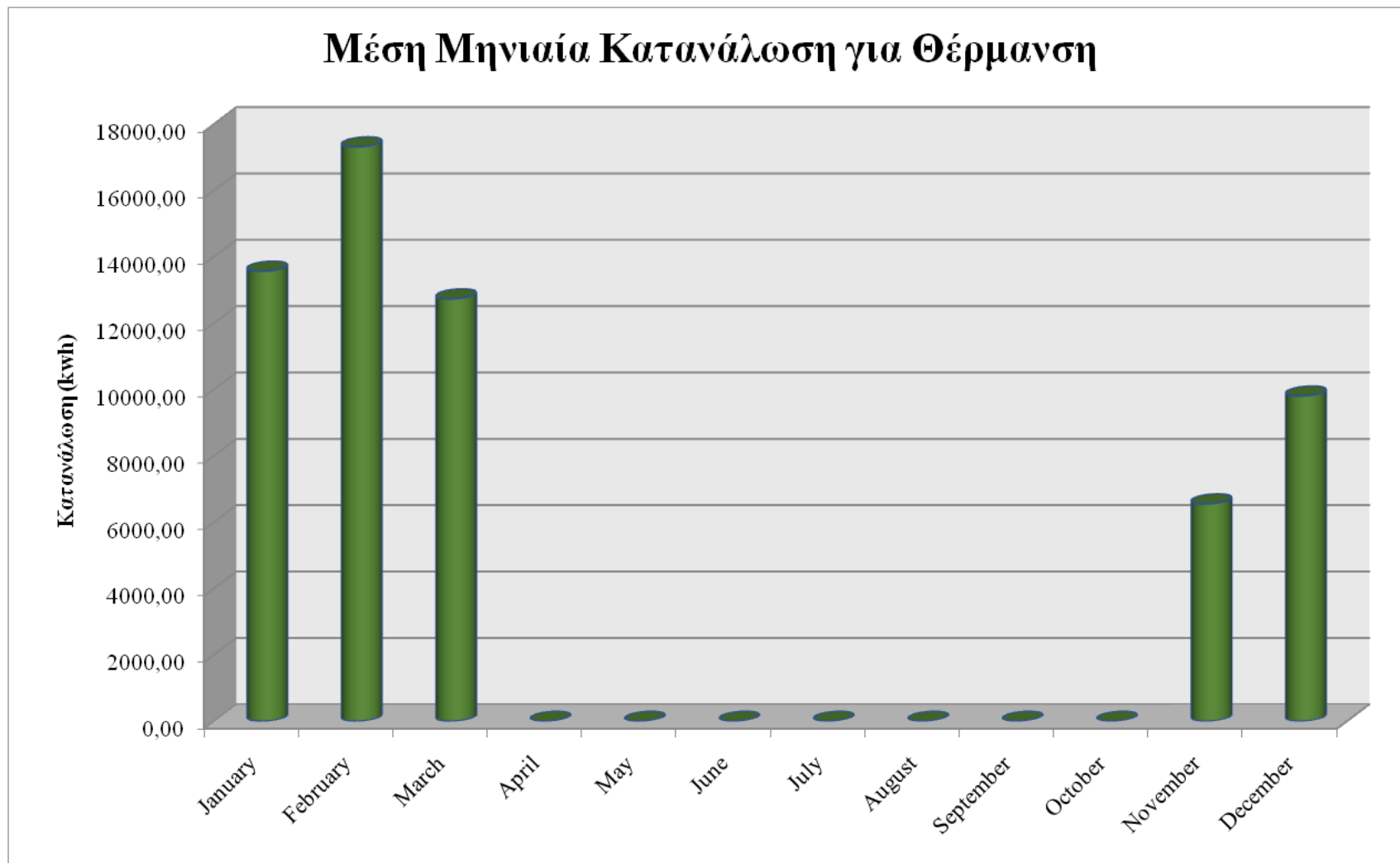
Πίνακας 15: Αποτελέσματα προσομοίωσης (Ίδια Επεξεργασία).

| Date Time | THERMAL ZONE 1: Zone Mean Air Temp. [C] (Monthly) | THERMAL ZONE 2: Zone Mean Air Temp. [C] (Monthly) | THERMAL ZONE 3: Zone Mean Air Temp. [C] (Monthly) | THERMAL ZONE 4: Zone Mean Air Temp. [C] (Monthly) | THERMAL ZONE 5: Zone Mean Air Temp. [C] (Monthly) | |
|-----------|---|---|---|---|---|--|
| Jan | 15,22 | 15,65 | 15,12 | 15,09 | 14,76 | |
| Feb | 14,8 | 15,22 | 14,95 | 14,94 | 14,51 | |
| Mar | 16,17 | 16,62 | 16,43 | 16,41 | 15,96 | |
| Apr | 18,69 | 19,23 | 19,06 | 18,98 | 18,58 | |
| May | 22,63 | 23,09 | 23,3 | 23,05 | 22,71 | |
| Jun | 26,58 | 27,27 | 27,49 | 27,65 | 27,11 | |
| Jul | 28,83 | 29,69 | 29,92 | 30,37 | 29,58 | |
| Aug | 29,38 | 30,33 | 30,35 | 30,75 | 29,91 | |
| Sept | 27,19 | 28,08 | 27,77 | 27,81 | 27,14 | |
| Oct | 23,03 | 23,45 | 23,23 | 22,84 | 22,5 | |
| Nov | 18,93 | 18,91 | 18,8 | 18,41 | 18,25 | |
| Dec | 15,61 | 15,84 | 15,36 | 15,25 | 15,05 | |
| Date Time | THERMAL ZONE 6: Zone Mean Air Temp. [C] (Monthly) | THERMAL ZONE 7: Zone Mean Air Temp. [C] (Monthly) | District Heating: Facility [J] (Monthly) | Interior Lights: Electricity [J](Monthly) | Interior Equipment: Electricity [J] (Monthly) | District Cooling: Facility [J] (Monthly) |
| Jan | 14,73 | 15,19 | 38052134722,5 | 14294866165,9 | 955057456,8 | 0,0 |
| Feb | 14,82 | 15,31 | 62343986976,9 | 14674375887,1 | 1123597008,0 | 0,0 |
| Mar | 16,78 | 17,24 | 38644216511,0 | 16192414772,0 | 1235956708,8 | 0,0 |
| Apr | 20,17 | 20,81 | 0,0 | 11764801357,8 | 617978354,4 | 0,0 |
| May | 25,07 | 25,69 | 0,0 | 16571924493,2 | 1292136559,2 | 0,0 |
| Jun | 30,12 | 30,77 | 0,0 | 11764801357,8 | 617978354,4 | 0,0 |
| Jul | 32,97 | 33,66 | 0,0 | 7843200905,2 | 0,0 | 0,0 |
| Aug | 33,02 | 33,77 | 0,0 | 7843200905,2 | 0,0 | 0,0 |
| Sept | 29,24 | 30,14 | 0,0 | 12903330521,4 | 786517905,6 | 0,0 |
| Oct | 23,57 | 24,14 | 0,0 | 16571924493,2 | 1292136559,2 | 0,0 |
| Nov | 18,31 | 18,48 | 14961387331,9 | 15939408291,2 | 1235956708,8 | 0,0 |
| Dec | 14,42 | 14,86 | 35305336298,8 | 13535846723,4 | 842697756,0 | 0,0 |

Διάγραμμα 14: Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικών ζωνών – Αποτελέσματα προσομοίωσης (Ίδια Επεξεργασία).



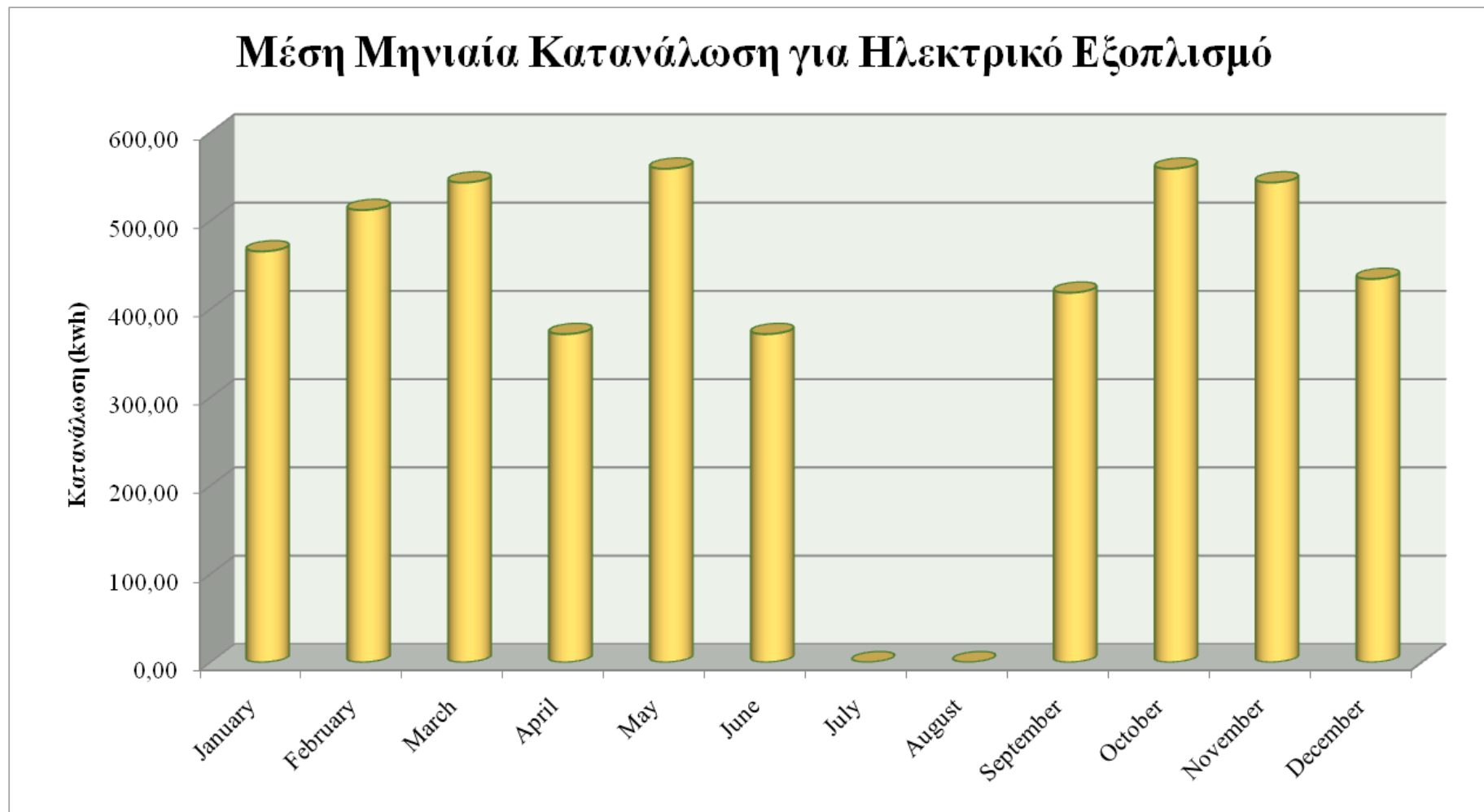
Διάγραμμα 15: Μέση μηνιαία κατανάλωση για θέρμανση του κτιρίου – Αποτέλεσμα προσομοίωσης (Ίδια Επεξεργασία).



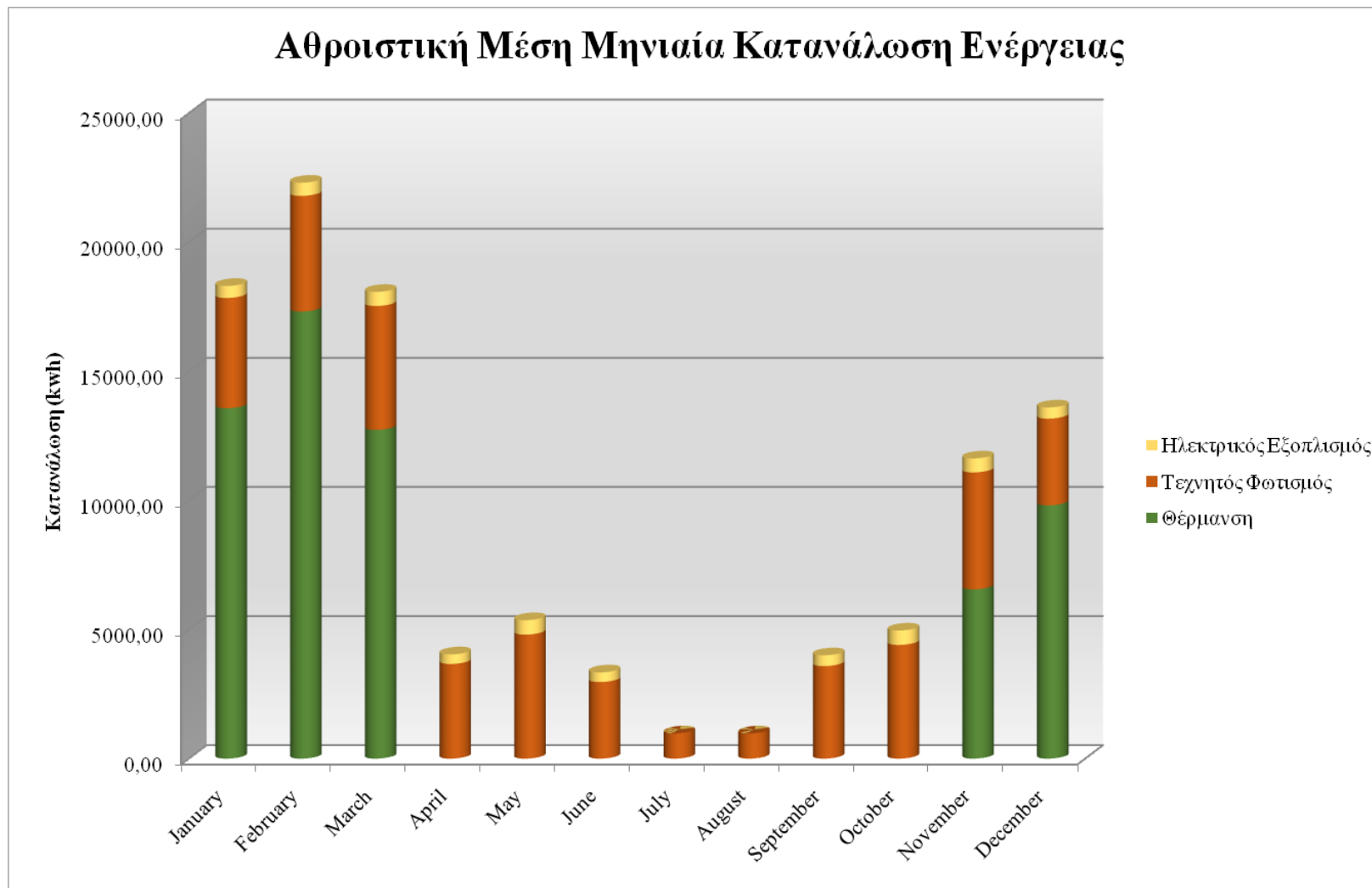
Διάγραμμα 16: Μέση μηνιαία κατανάλωση για τεχνητό φωτισμό του κτιρίου – Αποτέλεσμα προσομοίωσης (Ιδία Επεξεργασία).



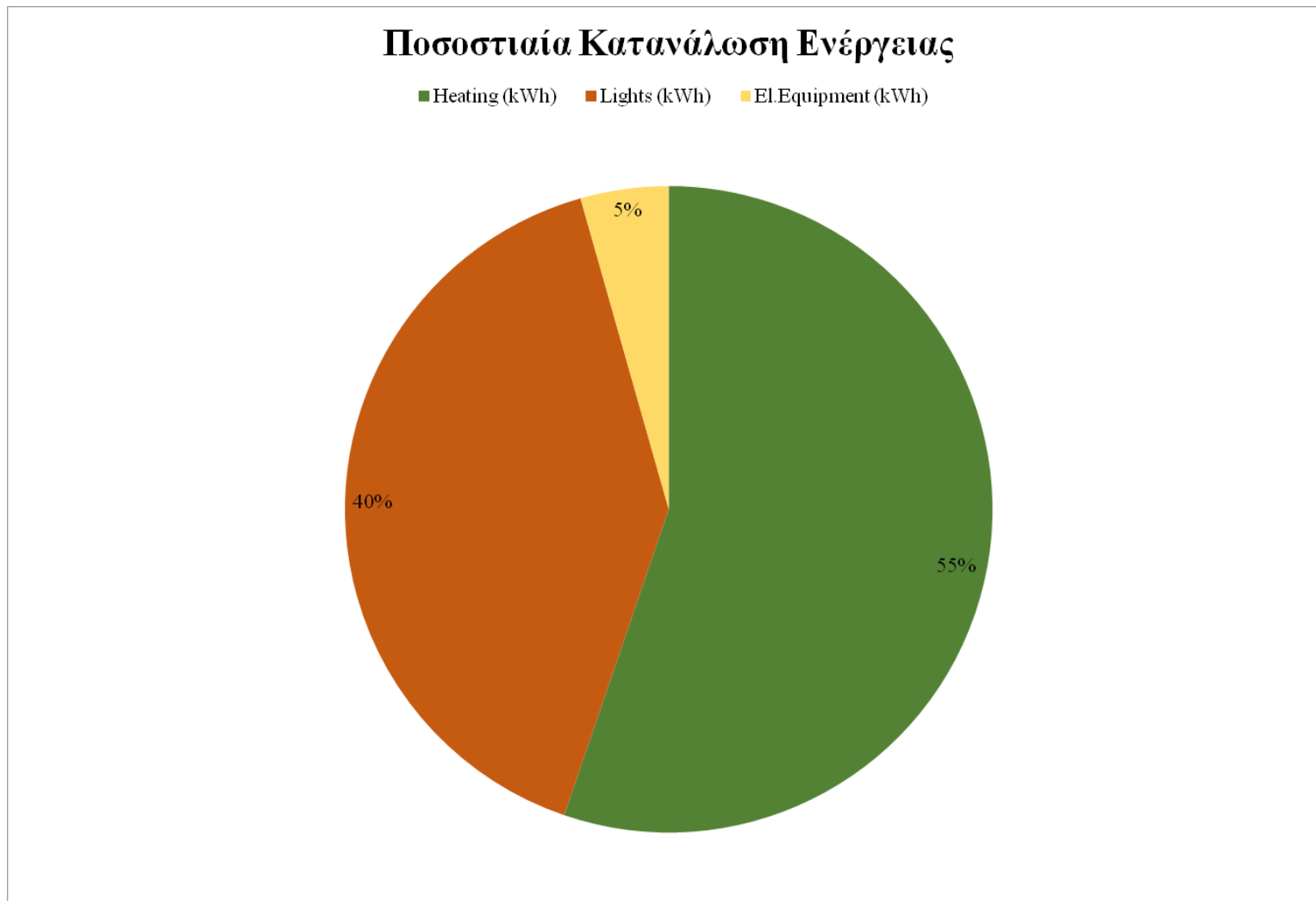
Διάγραμμα 17: Μέση μηνιαία κατανάλωση για ηλεκτρικό εξοπλισμό του κτιρίου – Αποτέλεσμα προσομοίωσης (Ίδια Επεξεργασία).



Διάγραμμα 18: Αθροιστική μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας του σχολικού συγκροτήματος – Αποτέλεσμα προσομοίωσης (Ιδία επεξεργασία).



Διάγραμμα 19: Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ενέργειας του συγκροτήματος (Ιδία Επεξεργασία).



Όπως γίνεται κατανοητό, στα παραπάνω διαγράμματα περιγράφονται σχηματικά οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες των επτά θερμικών ζωνών (Διάγραμμα 14), οι καταναλώσεις του κτιρίου όσον αφορά στη θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό (Διαγράμματα 15,16 και 17, αντίστοιχα), η συνολική μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας του σχολικού συγκροτήματος (Διάγραμμα 18) και τέλος η ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας του συγκροτήματος (Διάγραμμα 19). Προηγουμένως, στο Πίνακα 15, παρατίθενται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα Energy Plus και εξήχθησαν σε επεξεργάσιμη μορφή πίνακα του Excel.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 14, παρατηρείται πως η μέση θερμοκρασία και των επτά θερμικών ζωνών αυξάνεται σημαντικά κατά τους θερινούς μήνες, ενώ συγκεκριμένα τους θερμότερους μήνες του έτους (Ιούλιο και Αύγουστο) μπορεί να ανέρχεται έως και του 34° C περίπου. Αντίστοιχα, τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία φτάνει περίπου στους 15° C που σημειώνεται κατά τους πιο κρύους μήνες του έτους, τον Ιανουάριο και το Δεκέμβριο. Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού ανέρχεται στους 20° C. Η μεγάλη αυτή διακύμανση στις τιμές τις θερμοκρασίας υποδηλώνει πως δεν επιτυγχάνονται και διατηρούνται οι συνθήκες θερμικής άνεσης εντός του σχολικού συγκροτήματος, μιας και το χειμώνα η θερμοκρασία θα έπρεπε να είναι περίπου 5-6° C υψηλότερα και το καλοκαίρι περίπου 7° C χαμηλότερα. Με άλλα λόγια, γίνεται φανερό πως το σύστημα θέρμανσης που διαθέτει το εν λόγω συγκρότημα δεν λειτουργεί σωστά ή δεν είναι επαρκές, ενώ αντίστοιχα η απουσία του συστήματος ψύξης γίνεται αισθητή. Παρατηρείται, επίσης, μια ομοιομορφία σχεδόν σε όλες τις θερμικές ζώνες, με τις μόνες που να εμφανίζουν κάποια διαφοροποίηση να είναι η Θερμική Ζώνη 6 και η Θερμική Ζώνη 7. Πιο συγκεκριμένα, οι δυο αυτές ζώνες φαίνεται να εμφανίζουν το μεγαλύτερο θερμοκρασιακό εύρος σε σχέση με τις υπόλοιπες πέντε, δηλαδή παρουσιάζουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες και μικρότερες κατά την χειμερινή περίοδο. Ωστόσο, το γεγονός αυτό είναι άκρως φυσιολογικό, μιας και σε αυτές τις δυο θερμικές ζώνες συγκαταλέγονται οι αίθουσες διδασκαλίας και οι κοινόχρηστοι χώροι που επηρεάζονται περισσότερο από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Εν συνεχεία, όσον αφορά στα διαγράμματα καταναλώσεων που παρουσιάστηκαν παραπάνω, χρειάστηκε να γίνει μια μετατροπή μονάδων στα αποτελέσματα της προσομοίωσης από Joules (J) που εξάγονται από το πρόγραμμα Energy Plus σε κιλοβατώρες (kWh). Η αναγωγή αυτή πραγματοποιήθηκε πολλαπλασιάζοντας τα Joules με $2,7777778 \cdot 10^{-7}$.

Όσον αφορά στο Διάγραμμα 15, γίνεται φανερό πως οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του σχολικού συγκροτήματος λαμβάνουν χώρα κυρίως τους χειμερινούς μήνες, από Νοέμβρη έως Μάρτιο, ενώ τους υπόλοιπους μήνες το σύστημα θέρμανσης φαίνεται να μην λειτουργεί. Ο λόγος που οι καταναλώσεις τους μήνες Μάρτιο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο είναι κάπως χαμηλότερες, είναι γιατί ο Μάρτιος εν μέρει είναι ο μήνας που αλλάζει η εποχή προς την άνοιξη, οπότε οι εξωτερικές ημερήσιες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες μπορεί να είναι ικανοποιητικές ώστε να μην είναι απαραίτητη κάθε σχολική μέρα η χρήση συστήματος θέρμανσης. Τον Απρίλιο, σύμφωνα με το ημερολογιακό έτος που λήφθηκε υπόψη το σχολείο παραμένει κλειστό λόγω διακοπών του Πάσχα, οπότε και παραμένει κλειστό από τότε και στο εξής μέχρι την νέα σχολική χρονιά που αναλόγως τις καιρικές συνθήκες περίπου τέλος Οκτωβρίου προς Νοέμβριο τίθεται εκ νέου σε λειτουργία. Στην τρέχουσα περίπτωση θεωρήθηκε ότι λειτουργεί από το μήνα Νοέμβριο. Τέλος, το μήνα Δεκέμβριο, οι καταναλώσεις για θέρμανση παρουσιάζονται κάπως μειωμένες, γεγονός που δικαιολογείται εύκολα, μιας και σχεδόν το

1/3 του μήνα, το σχολείο παραμένει κλειστό λόγω διακοπών Χριστουγέννων. Ο μήνας Φεβρουάριος, παρουσιάζει τις μεγαλύτερες καταναλώσεις, μιας και είναι ο μήνας που το σύστημα θέρμανσης του σχολικού συγκροτήματος λειτουργεί σχεδόν αδιάκοπα.

Από την άλλη μεριά, η μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό (Διάγραμμα 16) φαίνεται να είναι κατανομημένη σε όλους τους μήνες του έτους, και του ς δώδεκα, μιας και θεωρήθηκε πως καθ' όλη τη διάρκεια του έτους υπάρχουν φωτιστικά σώματα που λειτουργούν στο συγκρότημα, όπως για παράδειγμα φώτα ασφαλείας, προβολείς του προαύλιου χώρου, κλπ.. Παρατηρείται μια γενική ομοιομορφία με του μόνους μήνας να εμφανίζουν αρκετά μειωμένη κατανάλωση να είναι ο Ιούλιος και Αύγουστος, μήνες κατά τους οποίους παραμένει κλειστό το σχολείο, αλλά όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν φωτιστικά σώματα που παραμένουν σε λειτουργία.

Όσον αφορά στον ηλεκτρικό εξοπλισμό που διαθέτει το σχολικό συγκρότημα, παρατηρώντας το αντίστοιχο διάγραμμα κατανάλωσης (Διάγραμμα 17), γίνεται σαφές πως ηλεκτρικές συσκευές δεν χρησιμοποιούνται κατά τους θερινούς μήνες του έτους, κατά τους οποίους το σχολείο είναι κλειστό λόγω διακοπών για καλοκαίρι. Αυτό εξηγείται εύκολα από το ραβδόγραμμα που παρατέθηκε παραπάνω που φαίνεται πως για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο η κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρικό εξοπλισμό είναι μηδέν (0). Οι υπόλοιποι μήνες παρουσιάζουν και αυτοί με τη σειρά τους κάποια σχετική ομοιομορφία, με εξαίρεση τους Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο, όπου οι καταναλώσεις φαίνεται να είναι κάπως μειωμένες, κάτι που εξηγείται από το γεγονός πως αυτούς τους συγκεκριμένους μήνες το σχολείο «υπολειτουργεί» με την έννοια ότι κάποιες μέρες του μήνα το σχολείο είναι κλειστό λόγω διακοπών. Πρόκειται για αυτούς τους μεταβατικούς μήνες μεταξύ διακοπών και λειτουργίας του σχολείου.

Προχωρώντας στην αθροιστική μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ολόκληρου του σχολικού συγκροτήματος κατά τη διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους (Διάγραμμα 18), παρατέθηκε ανωτέρω το σχετικό διάγραμμα – ραβδόγραμμα που συνοψίζει τα τρία επιμέρους διαγράμματα κατανάλωσης που περιγράφηκαν προηγουμένως. Αναλυτικότερα, υποδεικνύεται η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου ανά μήνα του έτους και η αναλογία κατανάλωσης ανά κατηγορία (θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό). Κατά τους χειμερινούς μήνες, η συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι πολλαπλάσια από την αντίστοιχη των θερινών μηνών. Αυτό εξηγείται αφού σχεδόν τρεις μήνες το καλοκαίρι το σχολείο παραμένει κλειστό, ενώ ταυτόχρονα, το χειμώνα υπάρχει και η ανάγκη για θέρμανση, που εκτοξεύει την κατανάλωση σε υψηλά επίπεδα. Η απουσία συστήματος ψύξης για ακόμα μια φορά γίνεται αντιληπτή, μιας και τους θερινούς μήνες η μοναδική κατανάλωση ενέργειας που λαμβάνει χώρα εντός του σχολικού κτιρίου είναι για τον τεχνητό φωτισμό.

Τέλος, για να γίνει καλύτερα αντιληπτό το ποσοστό της εκάστοτε καταναλισκόμενης ενέργειας στο πλαίσιο του τρέχοντος κτιριακού κελύφους, παρουσιάστηκε παραπάνω μια σχετική πίτα (Διάγραμμα 19) στην οποία φαίνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας (55%) που καταναλώνεται στο σχολείο προορίζεται για την κάλυψη θερμικών αναγκών, ενώ ακολουθεί η ενέργεια για τον τεχνητό φωτισμό (40%) και τελευταία έρχεται η ενέργεια για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό με ποσοστό μόλις 5%. Συνεπώς οι ανάγκες του κτιρίου ομαδοποιούνται σε δυο κατηγορίες: Ανάγκες για θέρμανση και ανάγκες για ρεύμα (φωτισμός και ηλεκτρικός εξοπλισμός), με συμμετοχή 55% και 45%, αντίστοιχα.

Ακολούθως παρουσιάζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις ανά κατηγορία, πάνω στις οποίες βασίστηκε και η παρουσίαση των σχετικών διαγραμμάτων, όπως αυτά παρατέθηκαν παραπάνω:

Πίνακας 16: Κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία για τον κάθε μήνα του έτους (Ιδία Επεξεργασία).

| Date/Time | Heating (kWh) | Lights (kWh) | El.Equipment (kWh) | Sum (kWh) |
|-----------|---------------|--------------|--------------------|-----------|
| January | 13570,05 | 4270,80 | 465,29 | 18306,14 |
| February | 17317,79 | 4476,22 | 512,11 | 22306,12 |
| March | 12734,51 | 4797,90 | 543,32 | 18075,73 |
| April | 0,00 | 3668,00 | 371,66 | 4039,66 |
| May | 0,00 | 4803,32 | 558,93 | 5362,25 |
| June | 0,00 | 2968,00 | 371,66 | 3339,66 |
| July | 0,00 | 978,67 | 0,00 | 978,67 |
| August | 0,00 | 978,67 | 0,00 | 978,67 |
| September | 0,00 | 3584,26 | 418,48 | 4002,74 |
| October | 0,00 | 4403,32 | 558,93 | 4962,25 |
| November | 6555,94 | 4527,62 | 543,32 | 11626,88 |
| December | 9807,05 | 3359,96 | 434,08 | 13601,09 |

Στο σημείο αυτό, θα ήταν σκόπιμο να υπολογιστούν οι αθροιστικές καταναλώσεις ενέργειας, προκειμένου να υπολογιστεί το συνολικό κόστος κατανάλωσης που καλύπτει τις ανάγκες του σχολικού συγκροτήματος. Από τον επίσημο διαδικτυακό τόπο της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η. – www.dei.gr) λαμβάνεται η τιμή για μια κιλοβατώρα για κατανάλωση μεγαλύτερη των 2000 kWh ανά μήνα, η οποία για το έτος 2018 θεωρείται 0,10252 ευρώ. Με βάση τα παραπάνω, ο Πίνακας 16 μετατρέπεται ως ακολούθως:

Πίνακας 17: Αθροιστικές καταναλώσεις ενέργειας του σχολικού συγκροτήματος και υπολογισμός κόστους κατανάλωσης για κάλυψη των επιμέρους αναγκών (Ιδία Επεξεργασία).

| Date/Time | Heating (kWh) | Lights (kWh) | El.Equipment (kWh) | Sum (kWh) | Cost (€) |
|--------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| January | 13570,05 | 4270,80 | 465,29 | 18306,14 | 1876,75 |
| February | 17317,79 | 4476,22 | 512,11 | 22306,12 | 2286,82 |
| March | 12734,51 | 4797,90 | 543,32 | 18075,73 | 1853,12 |
| April | 0,00 | 3668,00 | 371,66 | 4039,66 | 414,15 |
| May | 0,00 | 4803,32 | 558,93 | 5362,25 | 549,74 |
| June | 0,00 | 2968,00 | 371,66 | 3339,66 | 342,38 |
| July | 0,00 | 978,67 | 0,00 | 978,67 | 100,33 |
| August | 0,00 | 978,67 | 0,00 | 978,67 | 100,33 |
| September | 0,00 | 3584,26 | 418,48 | 4002,74 | 410,36 |
| October | 0,00 | 4403,32 | 558,93 | 4962,25 | 508,73 |
| November | 6555,94 | 4527,62 | 543,32 | 11626,88 | 1191,99 |
| December | 9807,05 | 3359,96 | 434,08 | 13601,09 | 1394,38 |
| TOTAL | 59985,34 | 43816,74 | 4777,78 | 108579,86 | 11029,09 |

Ολοκληρώνοντας το κεφάλαιο οφείλει να πραγματοποιηθεί κάποια επαλήθευση της προσομοίωσης που έγινε στο πρόγραμμα Energy Plus για να διαπιστωθεί κατά πόσο η προσομοίωση είναι βάσιμη ή ουτοπική. Έτσι, πραγματοποιήθηκε τηλεφωνική επικοινωνία με τον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων του Δήμου Ηλιούπολης και με το λογιστήριο του ομόλογου Δήμου και δόθηκαν οι πραγματικές τιμές ενεργειακής κατανάλωσης του σχολικού συγκροτήματος για το περασμένο έτος (2017). Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι πραγματικές τιμές κατανάλωσης του κτιρίου όπως δόθηκαν από τους αρμόδιους οργανισμούς και οι υπολογισμένες τιμές όπως αυτές προέκυψαν από την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της τρέχουσας διατριβής:

Πίνακας 18: Σύγκριση πραγματικών τιμών ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου και τιμών προσομοίωσης (Ίδια Επεξεργασία).

| Κατηγορία | Πραγματικές Τιμές | Τιμές Προσομοίωσης |
|----------------|-------------------|--------------------|
| Θέρμανση (kWh) | 60.330 | 59.985,34 |
| Ρεύμα (kWh) | 49.720 | 48.594,52 |

Οι τιμές προσομοίωσης όσον αφορά στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση προκύπτουν αυτούσιες από τον Πίνακα 17, όπως φαίνονται παραπάνω, ενώ οι τιμές κατανάλωσης για το ρεύμα προκύπτουν από το άθροισμα των επιμέρους καταναλώσεων για τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό, δηλαδή:

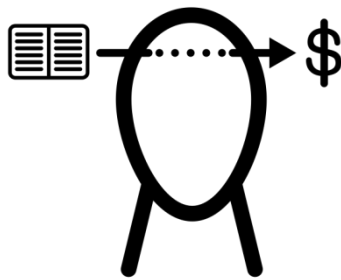
Συνολική Κατανάλωση Ρεύματος = Κατανάλωση για τεχνητό φωτισμό + Κατανάλωση για ηλεκτρικό εξοπλισμό =>

$$\Rightarrow \text{Συνολική Κατανάλωση Ρεύματος} = 43.816,74 + 4.777,78$$

$$\Rightarrow \text{Συνολική Κατανάλωση Ρεύματος} = 48.594,52 \text{ kWh}$$

Παρατηρείται κάποια σχετική ταύτιση των πραγματικών τιμών κατανάλωσης και των τιμών προσομοίωσης, πράγμα που υποδηλώνει ότι η διαδικασία προσομοίωσης πιθανόν να ολοκληρώθηκε με σχετική επιτυχία, μιας και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την συμπλήρωση του προγράμματος Energy Plus πιθανότατα ανταποκρίνονταν στην πραγματικότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6



6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

6.1. Διαστασιολόγηση ΓΑΘ

Η κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών του σχολικού συγκροτήματος με σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας καθιστά αναγκαία την άρτια διαστασιολόγησή τους, συμπεριλαμβανομένων όλων των επιμέρους τμημάτων που το συνιστούν. Οι πιο κρίσιμες παράμετροι είναι η ισχύς της αντλίας και το μήκος του γεωεναλλάκτη. Τα στοιχεία που απαιτούνται ώστε να είναι πλήρως τεκμηριωμένη η επιλογή των χαρακτηριστικών καθενός εκ των ανωτέρω στοιχείων είναι η γνώση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου, οι θερμοφυσικές ιδιότητες του υπεδάφους με ιδιαίτερη έμφαση στον προσδιορισμό της θερμικής αγωγιμότητας των υπεδαφικών σχηματισμών, η κατανομή της θερμοκρασίας στο υπέδαφος και η γνώση της θερμικής αγωγιμότητας των αγωγών και του υλικού πλήρωσης των γεωτρήσεων (Φραγκογιάννης, 2011).

Σο πρώτο στάδιο, κατά το σχεδιασμό του γεωθερμικού συστήματος, όπως προαναφέρθηκε, προέχει η απόκτηση γνώσης των θερμικών ιδιοτήτων του εδάφους προκειμένου να αποφευχθεί η υπό ή υπέρ διαστασιολόγηση της εγκατάστασης. Η θερμοκρασία του υπεδάφους όπου βρίσκεται ο γεωεναλλάκτης μεταβάλλεται περιοδικά κατά την ετήσια λειτουργία του συστήματος, ανάλογα με τη θερμότητα που απορροφάται από το κτίριο ή αποδίδεται σε αυτό και η οποία καθορίζεται από τις ενεργειακές του ανάγκες και την ισχύ της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας αλλά και από την ικανότητα τμήματος του υπεδάφους, όπου βρίσκεται ο γεωεναλλάκτης, να ανακτά θερμότητα από τον περιβάλλοντα χώρο ή να απορρίπτει θερμότητα σε αυτόν, και αυτή η ικανότητα εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους και τον όγκο που καταλαμβάνουν οι γεωεναλλάκτες στο υπέδαφος (Φραγκογιάννης, 2011). Όταν η θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους είναι υψηλή, τότε διευκολύνεται η απορρόφηση θερμότητας από το υπέδαφος στους γεωεναλλάκτες ή η αποθήκευση θερμότητας από τους γεωεναλλάκτες προς το υπέδαφος και η αναπλήρωση ή απόρριψη αυτής της θερμότητας στον περιβάλλοντα χώρο του υπεδάφους αποθήκευσης, με αποτέλεσμα τη μικρότερη θερμοκρασιακή διαταραχή και τη σταθερότερη λειτουργία όλου του συστήματος. Επίσης, η θερμοκρασία εξόδου του ρευστού από τους γεωεναλλάκτες είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο της θέρμανσης και χαμηλότερη κατά την περίοδο της ψύξης με αποτέλεσμα τη βελτίωση του συντελεστή απόδοσης της Γ.Α.Θ και τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος (Φραγκογιάννης, 2011). Αντίθετα, όταν η θερμική αγωγιμότητα είναι χαμηλή, τότε συσσωρεύεται θερμική ενέργεια στο υπέδαφος και αυξάνεται η θερμοκρασία του υπεδάφους με αρνητικές συνέπειες κατά τη λειτουργία ψύξης (Φραγκογιάννης, 2011).

Παρότι σε μικρές εγκαταστάσεις οι ιδιότητες αυτές μπορούν να εκτιμηθούν εμπειρικά, αυτός ο τρόπος δεν αποτελεί τον ορθότερο. Υπάρχει πληθώρα τρόπων προσδιορισμού της θερμικής αγωγιμότητας των υπεδαφικών σχηματισμών, όπως η εργαστηριακή μέτρηση δειγμάτων, η εφαρμογή θεωρητικών μοντέλων με τη χρήση μαθηματικών τύπων που συνδέουν διάφορες μετρήσιμες φυσικές υπεδαφικές παραμέτρους με τη θερμική αγωγιμότητα, όπως τα μοντέλα κατά De Vries (1963), Tarnawski et al.(2000), Johansen (1975), η εφαρμογή ημι-εμπειρικών εξισώσεων μέσω άλλων παραμέτρων (π.χ. η κοκκομετρία, η υγρασία, η πυκνότητα, κ.λπ.),

όπως τύποι κατά Kersten (1949), Cambell (1985), κ.α. Η ενδεικνυόμενη διαδικασία είναι η Δοκιμή Θερμικής Απόκρισης (TRT: Thermal Response Test), που είναι ευρύτατα διαδεδομένη από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και εφαρμόζεται σε κατακόρυφους γεωεναλλάκτες. Κατά τη δοκιμή, μία κινητή μονάδα συνδέεται με εγκατεστημένο γεωεναλλάκτη και περιλαμβάνει αντλία θερμότητας, ηλεκτρική αντίσταση, όργανα μετρήσεων και καταγραφέα δεδομένων. Ουσιαστικά, η αντίσταση εισάγεται εντός της οπής του γεωεναλλάκτη που παράγει ένα προκαθορισμένο σταθερό θερμικό φορτίο. Στην έξοδο πραγματοποιείται μέτρηση των θερμοκρασιακών αλλαγών του υγρού που ανακυκλοφορεί εντός του γεωσυλλέκτη και η πτώση της θερμοκρασίας αποδίδεται στην θερμική αγωγιμότητα του εδάφους.

Κατά το δεύτερο στάδιο της διαστασιολόγησης καθορίζεται ο τύπος και το μέγεθος του γεωεναλλάκτη. Παρότι το υπό μελέτη κτίριο διαθέτει εκτεταμένο εξωτερικό περίγυρο, επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί κατακόρυφος γεωεναλλάκτης κλειστού τύπου, τύπου U, καθώς η συγκεκριμένη έκταση ενδείκνυται και για άλλες χρήσεις. Στο λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι το Earth Energy Designer (EED), το οποίο είναι εύκολο στη χρήση, με γρήγορους χρόνους υπολογισμού και εγγενείς βάσεις δεδομένων. Στηρίζεται σε ένα αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης (SBM) (User Manual EED, Dr. Göran Hellström, Dr. Burkhard Sanner, 30 October 2000). Πρόκειται για ένα ελεύθερο λογισμικό Η/Υ που σκοπεύει στο σχεδιασμό γεωεναλλάκτη θερμότητας κατακόρυφης γεώτρησης. Το EED επιτρέπει τον προσδιορισμό του απαιτούμενου μεγέθους και διάταξης των γεωτρήσεων από τις απλούστερες έως τις πιο πολύπλοκες περιπτώσεις, ενώ έχει τη δυνατότητα να σχεδιάσει συστήματα που εμπεριέχουν έως και 1200 γεωτρήσεις (buildingphysics.com).

6.2.Μάσκα εισαγωγής δεδομένων

Ξεκινώντας τη διαδικασία διαστασιολόγησης, ζητείται από το πρόγραμμα ένα πακέτο δεδομένων που έχει να κάνει κυρίως με τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία του κτιρίου που εξετάζεται σε μηνιαία βάση. Τα θερμικά φορτία έχουν προκύψει από το πρόγραμμα Energy Plus σε προηγούμενο κεφάλαιο, ενώ για τα ψυκτικά φορτία που χρειάζεται το εν λόγω κτίριο κατά τους θερινούς μήνες δεν υπάρχουν δεδομένα. Λαμβάνεται, λοιπόν, από βιβλιογραφική έρευνα ότι αυτά κυμαίνονται περίπου στις 6.000 kWh ανά μήνα λειτουργίας του συγκροτήματος. Έχει οριστεί σε προηγούμενο στάδιο της έρευνας, ότι η θέρμανση τίθεται σε λειτουργία από την ώρα έναρξης των μαθημάτων έως την ώρα λήξης αυτών, δηλαδή από τις 08:00 π.μ. έως και τις 14:00 μ.μ. που αντιστοιχεί σε διάστημα έξι (6) ωρών ανά ημέρα.

Ιδιότητες εδάφους
✕

| | | | |
|--------------------------------|---------|---|------------------------|
| Θερμική αγωγιμότητα | 2,300 | ? | W/(m·K) |
| Ογκομετρική θερμική ικανότητα | 2,000 | ? | MJ/(m ³ ·K) |
| Θερμοκρασία επιφανείας εδάφους | 17,7 | ? | °C |
| Γεωθερμική τήξη | 0,11000 | ? | W/m ² |

Κλείσιμο

DEMO

Εικόνα 83: Μάσκα εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό EED: Ιδιότητες εδάφους (Ιδία Επεξεργασία).

Όσον αφορά στις ιδιότητες του εδάφους, το λογισμικό ζητάει πληροφορίες σχετικά με τη θερμική αγωγιμότητα του εδάφους, την ογκομετρική θερμική ικανότητα, τη θερμοκρασία επιφανείας του εδάφους και τη γεωθερμική τήξη. Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, ο πίνακας συμπληρώνεται εύκολα, μιας και το λογισμικό παρέχει έτοιμες λύσεις για την κάθε επιλογή. Τα ερωτηματικά δίπλα στα ελεύθερα κελιά παραπέμπουν σε βιβλιοθήκες επιλογής δεδομένων όπως αυτά έχουν οριστεί στο πρόγραμμα από τον προγραμματιστή. Πιο συγκεκριμένα, η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους, συμπληρώνεται αυτόματα επιλέγοντας στο πρόγραμμα τον τύπο του πετρώματος που απαντά στο υπέδαφος στην τρέχουσα περιοχή μελέτης. Κατά παρόμοιο τρόπο συμπληρώνεται και η ογκομετρική θερμική ικανότητα του εδάφους, ενώ η θερμοκρασία επιφανείας και η γεωθερμική τήξη συμπληρώνονται εξίσου αυτομάτως από το λογισμικό επιλέγοντας ως περιοχή ενδιαφέροντος την Ελλάδα και για την ακρίβεια την Αττική.

Μέγιστο φορτίο
✕

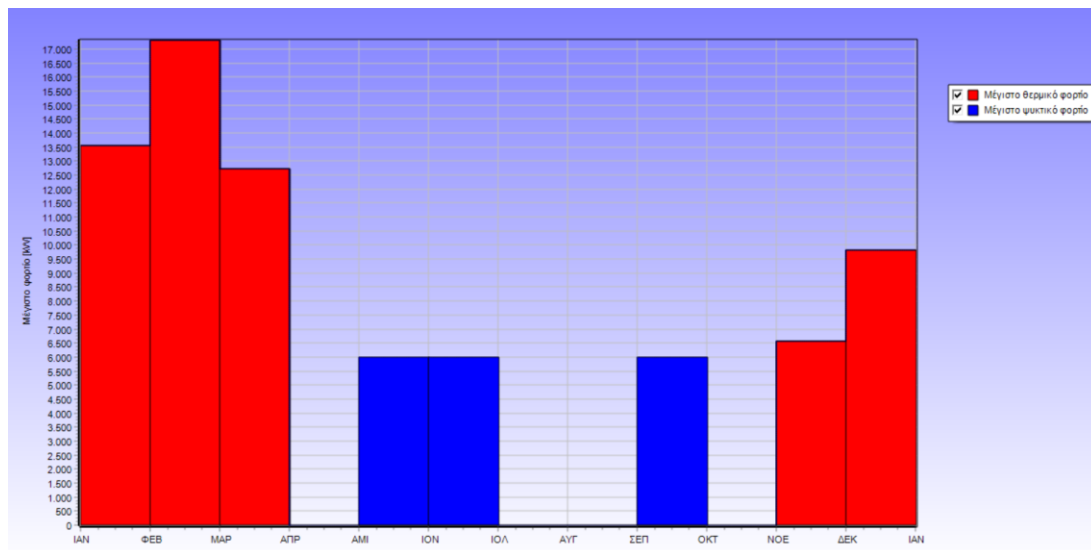
| | Μέγιστη θέρμανση | | Μέγιστη ψύξη | |
|-------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | Ισχύς [kW] | Διάρκεια [h] | Ισχύς [kW] | Διάρκεια [h] |
| Ιανουάριος | 13570,050 | 6,000 | 0,000 | 0,000 |
| Φεβρουάριος | 17317,779 | 6,000 | 0,000 | 0,000 |
| Μάρτιος | 12734,510 | 6,000 | 0,000 | 0,000 |
| Απρίλιος | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Μάιος | 0,000 | 0,000 | 6000,000 | 6,000 |
| Ιούνιος | 0,000 | 0,000 | 6000,000 | 6,000 |
| Ιούλιος | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Αύγουστος | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Σεπτέμβριος | 0,000 | 0,000 | 6000,000 | 6,000 |
| Οκτώβριος | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Νοέμβριος | 6555,940 | 6,000 | 0,000 | 0,000 |
| Δεκέμβριος | 9807,050 | 6,000 | 0,000 | 0,000 |

Γραφική παράσταση

Κλείσιμο

Εικόνα 84: Μάσκα εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό EED: Θερμικά και ψυκτικά φορτία κτιρίου (Ιδία Επεξεργασία).

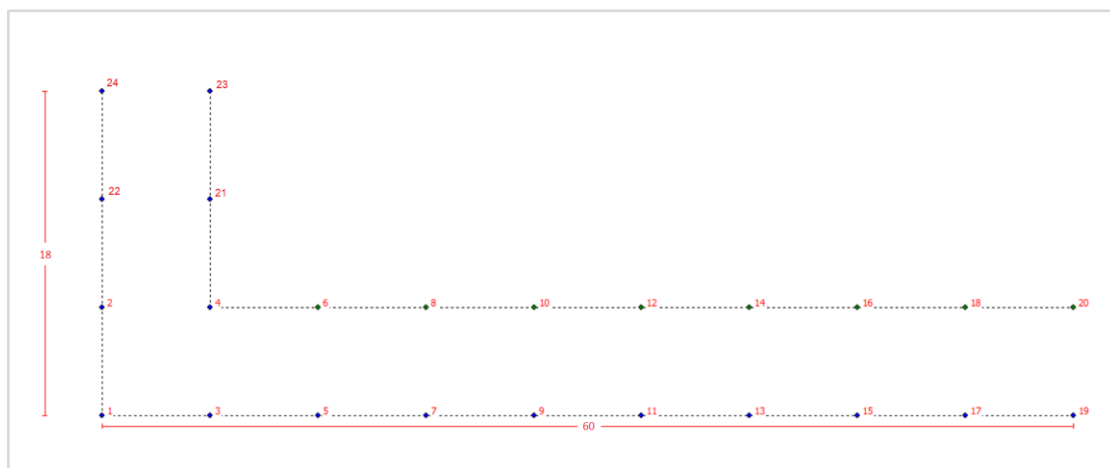
Διάγραμμα 20: Διάγραμμα μέγιστου φορτίου ανά μήνα στο λογισμικό EED (Ιδία Επεξεργασία).



Όσον αφορά στη διαμόρφωση – διαστασιολόγηση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, επιλέγεται γεωεναλλάκτης τύπου μονός U. Βάσει των αποτελεσμάτων απαιτούνται:

- 24 γεωτρήσεις,
- μεταξύ τους απόσταση 6 μέτρα,
- βάθος γεώτρησης 150 μέτρα,
- διάμετρος 130 μέτρα.

Όλα τα χαρακτηριστικά των γεωτρήσεων συνοψίζονται ακολούθως, όπως αυτά προέκυψαν μέσω του λογισμικού. Κατόπιν, παρατίθεται και μια σχηματική απεικόνιση της τοποθέτησης και συνδεσμολογίας των 24 γεωτρήσεων με την μεταξύ τους απόσταση.



Εικόνα 85: Σχηματική απεικόνιση γεωτρήσεων με ενδιάμεση απόσταση 6 μέτρων στο λογισμικό EED (Ιδία Επεξεργασία).

Εναλλάκτης διατρήματος και θερμοκρασίας

Διάτρημα

Τύπος: Μονό-U

Διαμόρφωση: 80 ("24 : 4 x 10, L2-configuration")

Βάθος: 150,00 m

Διαστήματα: 6,00 m

Διάμετρος: 130,000 mm

Αντίσταση επαφής σωλήνα/φορτώματος: 0,0000 (m·K)/W

Θερμική αγωγιμότητα φορτώματος: 2,000 W/(m·K)

Βαθμός ροής ποσότητας Q:

για όλα τα διατρήματα ανά διάτρημα

2,000 l/s

Παράγοντας σερών (1=παράλληλα) 1 Qbh=Q=2 l/s

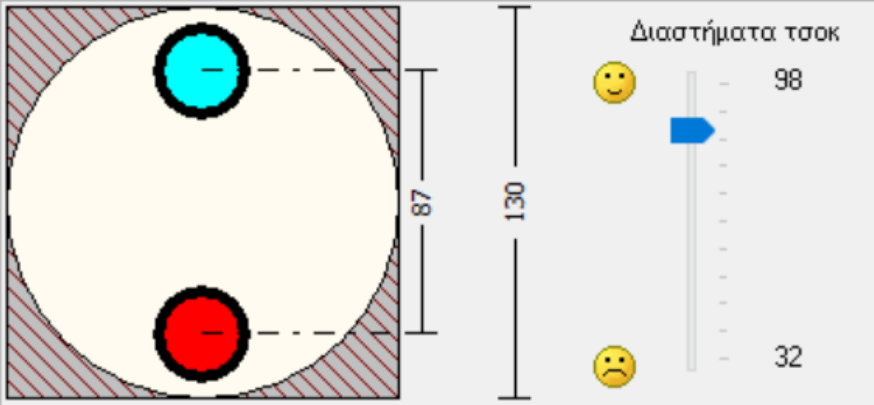
Σωλήνας σχήματος U

Εξωτερική διάμετρος: 32,000 mm

Πάχος τοίχου: 3,000 mm

Θερμική αγωγιμότητα: 0,420 W/(m·K)

Διαστήματα τσοκ: 87,000 mm



Διαστήματα τσοκ: 98

32

Εικόνα 86: Εισαγωγή δεδομένων για τον εναλλάκτη διατρήματος και θερμοκρασίας στο λογισμικό EED (Ιδία Επεξεργασία).

Φορτίο βάσης (χωρίς Οικιακό Θερμό Νερό (DHW)):
 Ετήσια ενέργεια και μηνιαίο προφίλ
 Μηνιαίες τιμές ενέργειας

| [MWh] | Θέρμανση | Ψύξη | Έδαφος |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| Ετήσιο | 16,200 | 6,000 | <input type="button" value="Ενημέρωση"/> |
| SPF | 3,00 | 3,00 | |
| | <input type="checkbox"/> Άμεσο | <input type="checkbox"/> Άμεσο | |
| Ιανουάριος | 0,155 | 0,000 | 1,952 |
| Φεβρουάριος | 0,148 | 0,000 | 1,876 |
| Μάρτιος | 0,125 | 0,000 | 1,628 |
| Απρίλιος | 0,099 | 0,000 | 1,347 |
| Μάιος | 0,064 | 0,000 | 0,969 |
| Ιούνιος | 0,000 | 0,000 | 0,278 |
| Ιούλιος | 0,000 | 0,000 | 0,278 |
| Αύγουστος | 0,000 | 0,000 | 0,278 |
| Σεπτέμβριος | 0,061 | 0,000 | 0,937 |
| Οκτώβριος | 0,087 | 0,000 | 1,217 |
| Νοέμβριος | 0,117 | 0,000 | 1,541 |
| Δεκέμβριος | 0,144 | 0,000 | 1,833 |
| Σύνολο: | 1 | 0 | 14,133 |

Οικιακό Θερμό Νερό (DHW):
Ετήσιο SPF

| [MWh] | Αντλία θερμότητας | Έδαφος | Κτίριο |
|----------|-----------------------|----------------------|--------|
| Θέρμανση | 6,2x1/3 (5,4) | + 16,2x2/3 (10,8) | = 16,2 |
| DHW | 5x1/3 (1,6667) | + 5x2/3 (3,3333) | = 5 |
| Ψύξη | 0x1/3 (0) | + 0x4/3 (0) | = 0 |
| Θέρμανση | Αντλία θερμότητας | Κτίριο | |
| | 7,0667 ==> ^ ==> 21,2 | Έδαφος 14,133 | |
| Ψύξη | Αντλία θερμότητας | Κτίριο | |
| | 0 ==> v <== 0 | | |

Εικόνα 87: Υπολογισμός Ζεστού Νερού Χρήσης μέσω του προγράμματος EED (Ιδία Επεξεργασία).

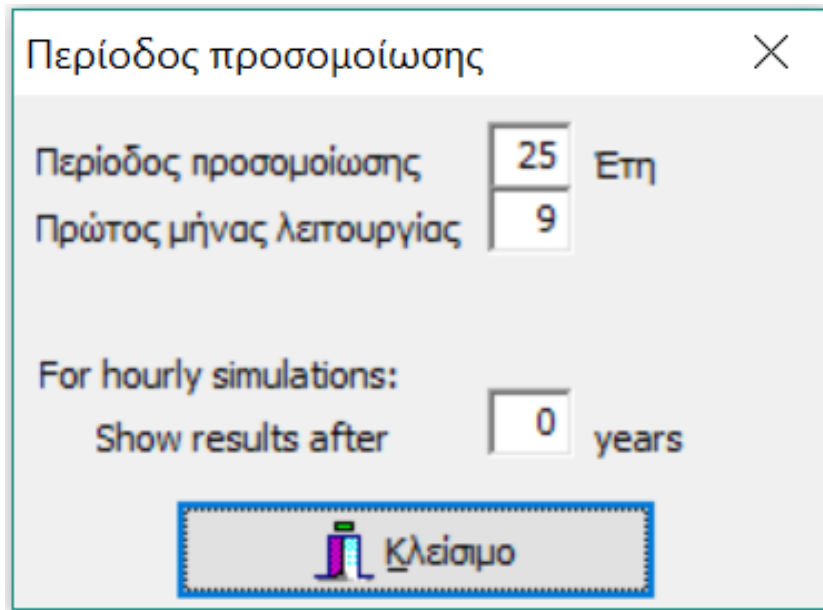
Περιορισμοί θερμοκρασίας υγρού

Μέγιστη μέση θερμοκρασία υγρού °C

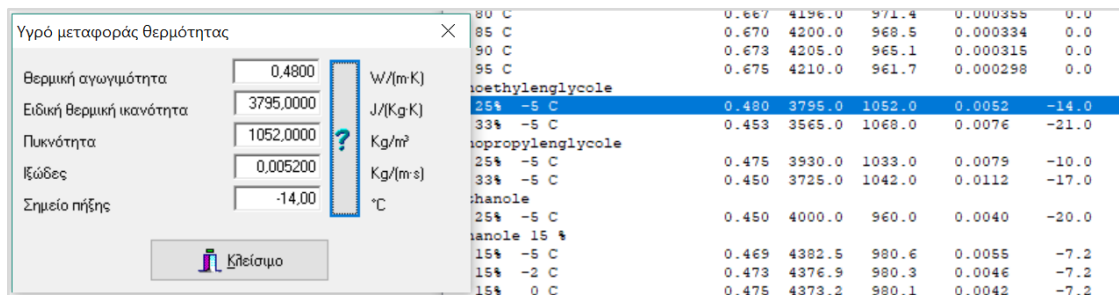
Ελάχιστη μέση θερμοκρασία υγρού °C

Περιλαμβάνονται μέγιστα φορτία

Εικόνα 88: Περιορισμοί θερμοκρασίας νερού στο λογισμικό EED (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 89: Περίοδος προσομοίωσης στο λογισμικό EED (Ιδία Επεξεργασία).



Εικόνα 90: Υγρό μεταφοράς θερμότητας στο λογισμικό EED (Ιδία Επεξεργασία).

Ακολουθεί η συνοπτική αναφορά που εξάγεται από το λογισμικό μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης:

Αρχείο Τρόπος έκδοσης Γραμματοσειρά

ΓΡΗΓΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

| | |
|----------------------------|------------|
| Κόστος | 192800 EUR |
| Αριθμός διατρημάτων | 24 |
| Βάθος διατρηματος | 150 m |
| Συνολικό μήκος διατρηματος | 3600 m |

Δ Ε Δ Ο Μ Ε Ν Α Σ Χ Ε Δ Ι Α Σ Μ Ο Υ

ΕΔΑΦΟΣ

| | |
|--------------------------------|----------------------------|
| θερμική αγωγιμότητα εδάφους | 2,3 W/(m·K) |
| θερμική ικανότητα εδάφους | 2,0 MJ/(m ³ ·K) |
| θερμοκρασία επιφανείας εδάφους | 18,4 °C |
| Γεωθερμική τήξη | 0,11 W/m ² |

ΔΙΑΤΡΗΜΑ

| | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Διαμόρφωση: | 80 ("24 : 4 x 10 L2-config |
| Βάθος διατρηματος | 150 m |
| Διαστήματα διατρηματος | 6 m |
| Εγκατάσταση διατρηματος | Μονό-U |
| Διαμετρος διατρηματος | 130 mm |
| Διαμετρος σωλήνα U | 32 mm |
| Πάχος τοιχώματος σωλήνα U | 3 mm |
| θερμική αγωγιμότητα σωλήνα U | 0,42 W/(m·K) |
| U σωλήνας διαστήματα τσοκ | 87 mm |
| θερμική αγωγιμότητα φορτώματος | 2 W/(m·K) |
| Αντίσταση επαφής σωλήνα/φορτώματος | 0 (m·K)/W |

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

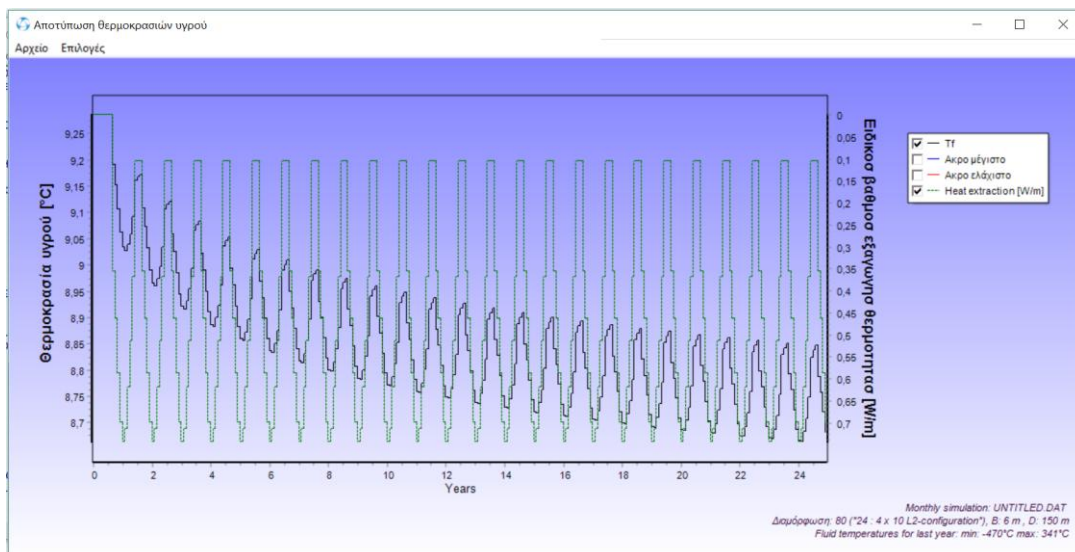
Μετρώνται οι θερμικές αντιστάσεις διατρημάτων
Αριθμός πολλαπλών πόλων 10
Εξετάζεται η εσωτερική μεταφορά θερμότητας μεταξύ πάνω και κάτω καναλι

ΥΓΡΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

| | |
|--------------------------|------------------------|
| θερμική αγωγιμότητα | 0,48 W/(m·K) |
| Ειδική θερμική ικανότητα | 3795 J/(Kg·K) |
| Πυκνότητα | 1052 Kg/m ³ |

Εικόνα 91: Αναφορά – Πίνακας αποτελεσμάτων μετά το πέρας της προσομοίωσης στο λογισμικό EED (Ιδία Επεξεργασία).

Διάγραμμα 21: Αποτύπωση θερμοκρασιών του νερού σε βάθος 25 ετών στο λογισμικό EED (Ιδία Επεξεργασία).



6.3.Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Επέμβασης

6.3.1. Ενεργειακό Κόστος

Η βασικότερη χρήση των αντλιών θερμότητας είναι η παραγωγή θερμότητας. Απαιτείται η κατανάλωση μόνο ενός μικρού ποσοστού ρεύματος για την απόδοση της αντλίας, που για την ακρίβεια αποτελεί το 1/5 περίπου της ισχύος της αντλίας. Για παράδειγμα, εάν μια αντλία θερμότητας είναι 5 KW, απαιτείται κατανάλωση μόλις 1 KW ηλεκτρικής ενέργειας για παραγωγή 5 KW θερμότητας. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 50% - 60% συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα, πράγμα που δικαιολογείται από το γεγονός πως επιτυγχάνεται παράλληλα θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΦ).

6.3.2. Δαπάνες Συντήρησης

Όσον αφορά στη συντήρηση του έργου, ο παράγοντας αυτός διαφοροποιείται αρκετά συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα, καθώς απαιτείται σχεδόν μηδενική συντήρηση. Το μοναδικό κόστος έγκειται στον έλεγχο που απαιτείται στα στοιχεία διανομής θερμότητας και στην πηγή θερμότητα, που σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης πετρελαίου (συντήρηση καυστήρα, καθαρισμό καμινάδας, συντήρηση λέβητα, κλπ) μοιάζει αμελητέο.

6.3.3. Υπολογισμός Κόστους Εξοικονόμησης

Παρατίθενται ακολούθως τα μηνιαία θερμικά και ψυκτικά φορτία του σχολικού συγκροτήματος, όπως αυτά προέκυψαν από τη μέχρι τώρα μελέτη:

Πίνακας 19: Μηνιαία θερμικά & ψυκτικά φορτία του σχολικού συγκροτήματος (Ιδία Επεξεργασία).

| | Heating (kWh) | Cooling (kWh) |
|---------------|----------------------|----------------------|
| Ιανουάριος | 13570,05 | 0,00 |
| Φεβρουάριος | 17317,79 | 0,00 |
| Μάρτιος | 12734,51 | 0,00 |
| Απρίλιος | 0,00 | 0,00 |
| Μάιος | 0,00 | 6000 |
| Ιούνιος | 0,00 | 6000 |
| Ιούλιος | 0,00 | 0,00 |
| Αύγουστος | 0,00 | 0,00 |
| Σεπτέμβριος | 0,00 | 6000 |
| Οκτώβριος | 0,00 | 0,00 |
| Νοέμβριος | 6555,94 | 0,00 |
| Δεκέμβριος | 9807,05 | 0,00 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 59985,34 | 18000 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 77985,34 | |

Πραγματοποιείται υπολογισμός του ετήσιου κόστους (σε ευρώ) του πετρελαίου θέρμανσης για τα αντίστοιχα ζητούμενα θερμικά φορτία του κτιρίου που μελετάται:

$$[(\text{Θερμικά φορτία} / \text{βαθμός απόδοσης}) / 10 \text{ KWh/lit}] \times 1/\text{lit} =$$

$$\frac{59985,34 \text{ KWh} \times 1 \text{ lit} \times 1,3 \text{ €}}{0,8 \times 10 \text{ KWh} \times \text{lit}} = 9,747,62 \text{ €} / \text{έτος}$$

Στη συνέχεια πραγματοποιείται ο υπολογισμός του ετήσιου κόστους (σε ευρώ) του ηλεκτρικού ρεύματος που απαιτείται για τη χρήση των κλιματιστικών (εάν υπήρχαν) για την εξασφάλιση των απαιτούμενων συνθηκών θερμικής άνεσης εντός των κλειστών χώρων του σχολείου, κατά αντίστοιχο τρόπο:

$$(\text{Ψυκτικά φορτία} / \text{EER}) \times 0,16 \text{ €} / \text{KWh} =$$

$$\frac{18000 \text{ KWh} \times 0,16 \text{ €}}{3} = 960 \text{ €} / \text{έτος}$$

$$\text{ΣΥΝΟΛΟ} = 9,747,62 + 960 = 10,707,62 \text{ €} / \text{έτος}$$

Εάν υποθέσουμε πως χρησιμοποιείται λέβητας με κατανάλωση 5,5 lt/h στην περίπτωση θέρμανσης με πετρέλαιο και με μέση χρήση περίπου 6 ώρες ανά ημέρα, τότε ισχύει:

6.3.4. Οικονομική Εκτίμηση Γεωθερμικής Εγκατάστασης

Το σύνολο των εργασιών που απαιτούνται για την εγκατάσταση της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας και συνυπολογίζονται στην συνολική κοστολόγηση του έργου, αφορούν στα εξής:

- Γεωτρήσεις
- Δίκτυο
- Μηχανοστάσιο
- Χωματουργικές εργασίες

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στις γεωτρήσεις, η διάνοιξη αυτών λαμβάνει την τιμή 39,7 ευρώ ανά μέτρο διάτρησης, ενώ η τοποθέτηση των σωληνώσεων και η πλήρωση με θερμοαγώγιμο υλικό (grounding) κοστίζει 16 ευρώ ανά μέτρο. Στο σημείο αυτό να αναφερθεί πως το συνολικό μήκος των σωληνώσεων σύμφωνα με την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό EED-4 ανέρχεται σε 3600 μέτρα.

Το κόστος του δικτύου σύνδεσης των γεωτρήσεων με το μηχανοστάσιο περιλαμβάνει και το κόστος των σωληνώσεων, τη συνδεσμολογία αυτών τύπου “reverse-return”, την όδευση προς την αντλία θερμότητας και τις λοιπές υδραυλικές εργασίες. Ο συλλέκτης επιλέγεται να τοποθετηθεί είναι τύπου PP-R, προπυλενίου και στο κόστος αυτού συγκαταλέγονται επιμέρους υλικά (βάνες, βαλβίδες, κλπ) καθώς και η ανθρώπινη εργασία.

Το κόστος του μηχανοστασίου περιλαμβάνει με τη σειρά του το κόστος των τριών κυκλοφορητών (εδάφους, αντλίας – δοχείου αδράνειας, καθώς και του συστήματος διανομής), τα κόστη των δοχείων αδράνειας και διαστολής, τα κόστη του ηλεκτρικού πίνακα,

βανών και μονώσεων και τέλος τη μηχανική μονάδα θερμότητας ισχύος 150 kW με δυο συμπιεστές.

Επιπλέον, οι χωματουργικές εργασίες που απαιτούνται προκειμένου να υλοποιηθεί ένα τέτοιο έργο περιλαμβάνουν τις απαραίτητες εκσκαφές σε πρώτο στάδιο προκειμένου να τοποθετηθεί ο εξοπλισμός, αλλά και τις μετέπειτα επεμβάσεις διαμόρφωσης εκ νέου του εδαφικού χώρου.

Τέλος, στην τρέχουσα κοστολόγηση έχει συμπεριληφθεί και η μεταφορά – μετακίνησης του γεωτρύπανου με το σύνολο του γεωτρητικού εξοπλισμού από την εταιρεία ανάδοχου του έργου εκτέλεσης του έργου μέχρι το εργοτάξιο και αντιστρόφως.

Η προσέγγιση εκτίμησης κοστολόγησης του προτεινόμενου έργου παρουσιάζεται ακολούθως:

Πίνακας 20: Εκτιμώμενη κοστολόγηση εγκατάστασης Γ.Α.Θ. (Ιδία Επεξεργασία).

| Είδος Εργασίας | Συνολικό Κόστος (€) |
|--|----------------------------|
| Προσκόμιση και αποκόμιση γεωτρητικού συγκροτήματος | 1.000 |
| Διάνοιξη Γεωτρήσεων | 142.920 |
| Τοποθέτηση σωληνώσεων και Πλήρωση Υλικού | 58.600 |
| Δίκτυο και Συνδεσμολογία | 7.000 |
| Συλλέκτης | 3.000 |
| Μηχανοστάσιο | 50.000 |
| Χωματουργικές Εργασίες | 3.500 |
| Συνολικό Κόστος | 216.020 |

Πίνακας 21: Εκτιμώμενο κόστος προετοιμασίας έργου (Ιδία Επεξεργασία).

| Είδος Εργασίας | Συνολικό Κόστος (€) |
|---------------------------------|----------------------------|
| Ενεργειακή Επιθεώρηση – Μελέτη | 5.000 |
| Αποτύπωση Εγκαταστάσεων | 800 |
| Μελέτη Εγκατάστασης Γ.Α.Θ. | 2.800 |
| Σύνταξη Τευχών Δημοπράτησης | 600 |
| Προετοιμασία Φακέλου ΕΣΠΑ | 2.200 |
| Μετακινήσεις – Χρονοδιαγράμματα | 4.800 |
| Συνολικό Κόστος | 16.200 |

Η διαφορά στο κόστος εγκατάστασης που προσδιορίστηκε μέσω του λογισμικού και του αντίστοιχου κόστους που προσδιορίστηκε παραπάνω μέσω της χρηματοοικονομικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε έγκειται κυρίως στο γεγονός πως το πρόγραμμα ζήτησε δεδομένα μόνο για το κόστος διάνοιξης της γεώτρησης, κόστος ανά μήκος διάνοιξης, καθώς και το σταθερό αρχικό κόστος στο οποίο δόθηκε η τιμή μόνο του μηχανοστασίου, ενώ αντιστοίχως στην χρηματοοικονομική ανάλυση συνυπολογίστηκαν και τα εκτιμώμενα κόστη προετοιμασίας του έργου, καθώς και οι χωματουργικές εργασίες.

6.3.5. Οικονομική Αξιολόγηση Επένδυσης

Η πραγματοποίηση χρηματοοικονομικής ανάλυσης αποσκοπεί στην αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων και στον ταυτόχρονο υπολογισμό των ταμειακών ροών που προκύπτουν από την υλοποίηση αυτών, ούτως ώστε να δοθεί μια ολοκληρωμένη περιγραφή των αναμενόμενων αποτελεσμάτων της επένδυσης (έσοδα και έξοδα). Η ταμειακή ροή αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο λειτουργίας, συνήθως σε ετήσια βάση, και ορίζεται από τη διαφορά της ταμειακής εισροής και ταμειακής εκροής. Επομένως, για ένα επενδυτικό σχέδιο κατασκευάζεται ο πίνακας των ετήσιων ταμειακών ροών για την οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης.

Τα βασικά κριτήρια της αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο για το σκοπό αυτό, είναι τα εξής:

- το κριτήριο καθαρής παρούσας αξίας (NPV – Net Present Value),
- το κριτήριο εσωτερικής απόδοσης επί του κεφαλαίου (IRR – Internal Rate of Return).

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων. Στην πράξη κι εφόσον έχει καταστρωθεί ο πίνακας ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών (καθαρών ταμειακών ροών μετά φόρων) μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008):

$$ΚΠΑ = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{ΚΤΡ}{(1 + \varepsilon)^{\tau}} - E_0$$

Όπου:

- ΚΠΑ = Καθαρά Παρούσα Αξία σχεδίου
- ΚΤΡ = Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τα
- E₀ = Αρχική Επένδυση το χρόνο τ = 0
- ν = Διάρκεια Ζωής επενδυτικού σχεδίου
- ε = Επιτόκιο Προεξόφλησης

Όταν το επιτόκιο προεξόφλησης για μια συγκεκριμένη χρηματοροή αυξάνει, η ΚΠΑ αξία της χρηματοροής μειώνεται. Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA) του κεφαλαίου μπορεί να οριστεί ως το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη χρηματοροή, δηλαδή εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών. Η διαφορά μεταξύ του επιτοκίου που δίνεται από τον EBA και του επιτοκίου της προεξόφλησης έγκειται στο γεγονός ότι το πρώτο προσδιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του πίνακα των ταμειακών ροών (για το λόγο αυτό καλείται και εσωτερική απόδοση) ενώ το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται εξωγενώς από τον επενδυτικό φορέα.

Ο τύπος που δίνει τον EBA είναι ο ακόλουθος:

$$ΚΠΑ = 0 = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{ΚΤΡ}{(1 + ΕΒΑ)^{\tau}} - Εο$$

Όπου:

- ΚΤΡ = Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τα
- Εο = Αρχική Επένδυση το χρόνο $\tau = 0$
- ν = Διάρκεια Ζωής επενδυτικού σχεδίου
- ΕΒΑ = Επιτόκιο Προεξόφλησης που καθιστά την ΚΠΑ = 0

Όταν εξετάζεται ένα εναλλακτικό σχέδιο ανεξάρτητα από εναλλακτικές επιλογές, τότε οι όροι αποδοχής ή απόρριψής του σε σχέση με τα δύο αυτά κριτήρια διαμορφώνονται ως εξής (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008):

a. Για την Καθαρά Παρούσα Αξία:

- ΚΠΑ > 0, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα,
- ΚΠΑ = 0, το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης είναι οριακό,
- ΚΠΑ < 0, η επένδυση απορρίπτεται.

b. Για τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης του κεφαλαίου:

- ΕΒΑ > από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα,
- ΕΒΑ = με το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται οριακή, εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση,
- ΕΒΑ < από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση απορρίπτεται.

Ανεξαρτήτως χρησιμοποιούμενου κριτηρίου, όταν πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ δύο ή περισσότερων εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων προκρίνεται το σχέδιο που εμφανίζει την καλύτερη απόδοση, δηλαδή την υψηλότερη ΚΠΑ ή τον υψηλότερο ΕΒΑ. Οι δυο μέθοδοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα και μάλιστα σε συνδυασμό, καθώς κάθε μία από τις δύο μεθόδους εμφανίζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008).

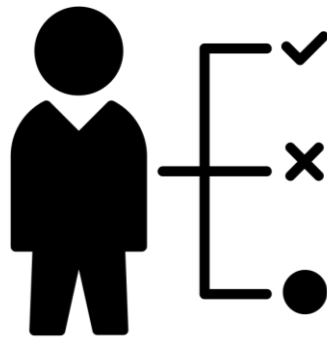
Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται η Καθαρή Παρούσα Αξία και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης του τρέχοντος έργου. Σημαντικό να αναφερθεί είναι το γεγονός πως στον ακόλουθο πίνακα ταμειακής ροής δεν συμπεριλαμβάνεται το αρχικό κόστος εγκατάστασης του γεωθερμικού εξοπλισμού, το οποίο ανέρχεται σε 216.020 €, καθώς μέρος αυτού μπορεί να καλυφθεί από κάποια πιθανή επιχορήγηση και επιπλέον εάν τοποθετηθεί αυτόσυιο στον πίνακα, η επένδυση θα μπορούσε να θεωρηθεί μη βιώσιμη. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως ένα τέτοιο επενδυτικό «άνοιγμα» - έργο απαιτεί επιδότηση, το ύψος της οποίας προσδιορίζεται εν συνεχεία μέσω του “Break – Even Point”.

Πίνακας 22: Πίνακας Ταμειακών Ροών Επένδυσης (Ιδία Επεξεργασία).

| Πίνακας Ταμειακών Ροών | |
|-----------------------------------|-----------|
| Διάστημα Σχεδιασμού Έργου | 25 Έτη |
| Κόστος Προετοιμασίας Έργου | 16.200 € |
| Επιτόκιο Προεξόφλησης | 6% |
| Ετήσιο Όφελος | |
| | 21.309 € |
| Ετήσιο Κόστος | |
| | 600 € |
| Ετήσια Ταμειακή Ροή | 20.709 € |
| ΚΠΑ | 248.530 € |
| IRR | 127,83 % |

Στο σημείο αυτό, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να αναφερθεί πως ένας πολύ σημαντικός παράγοντας ως προς την απόδοση της επένδυσης είναι το “Break – Even Point” (Νεκρό Σημείο) της μεταβλητής του κεφαλαίου, δηλαδή το ποσό που μπορεί να επενδυθεί ώστε να έχουμε οριακή βιωσιμότητα της επένδυσης και για το οποίο η ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία) μηδενίζεται. Έτσι, σύμφωνα με το ανωτέρω πίνακα, βάσει του αρχικού κεφαλαίου, που στην τρέχουσα περίπτωση θεωρήθηκε το συνολικό κόστος προετοιμασίας του έργου, το ποσό που μπορεί να επενδυθεί ως αρχικό κεφάλαιο για την υλοποίηση του έργου είναι 248.530 €. Σύμφωνα με τις ανάγκες του σχολικού συγκροτήματος και τις γεωτρήσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν μαζί με το σύνολο του εξοπλισμού που πρέπει να εγκατασταθεί, η εκτιμώμενη κοστολόγηση εγκατάστασης της Γ.Α.Θ. ανέρχεται στα 232.220 € που πρακτικά μπορεί να συμπεριληφθεί στην ΚΠΑ (248.530 €). Στην περίπτωση αυτή, λοιπόν, η επένδυση θεωρείται βιώσιμη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7



Σύνοψη - Συμπεράσματα

7. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική διατριβή αποσκοπεί στη μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων, και συγκεκριμένα του 4^{ου} Γυμνασίου και Λυκείου Ηλιούπολης, καθώς επίσης και τις δυνατότητες βελτίωσης αυτών με τη χρήση συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας.

Με την πάροδο των χρόνων και μέρα με τη μέρα, ο τομέας της ενέργειας παρουσιάζει ολοένα και μεγαλύτερη απήχηση, ενώ η εξοικονόμηση ενέργειας φαίνεται να είναι ένα από τα πλέον μείζονα θέματα που απασχολούν τις σύγχρονες κοινωνίες μιας και είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την κλιματική αλλαγή και τη διαχείριση φυσικών πόρων. Επίσης, χρόνο με το χρόνο γίνεται πιο επιτακτική η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας, μια προοπτική που απασχολεί την ανθρωπότητα σε διεθνές επίπεδο, και ειδικότερα για την Ευρωπαϊκή Ένωση, η πράσινη γραμμή που έχει οριστεί και οφείλει κάθε κράτος μέλος της να ασπαστεί και να ακολουθήσει.

Μέρος της προσπάθειας αυτής είναι και η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), σημαντικό κομμάτι των οποίων είναι και η αβαθής γεωθερμία που μελετάται στην τρέχουσα περίπτωση. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε μελέτη της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου, αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο και στις Οδηγίες όσον αφορά στις ΑΠΕ και την αξιοποίηση της γεωθερμίας.

Τα οφέλη από μια τέτοια προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας προσδιορίζονται τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό κυρίως επίπεδο. Η αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας έρχεται να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης εντός του κτιρίου, καθώς και το εξίσου σημαντικό κομμάτι του Ζεστού Νερού Χρήσης. Επομένως, γίνεται λόγος για μια αρκετά συμφέρουσα οικονομικά λύση και ταυτόχρονα περιβαλλοντική, αν αναλογιστεί κανείς πως σχεδόν το 70% της κατανάλωσης κτιρίων χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών αυτών που μόλις αναφέρθηκαν.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η αναγνώριση με την περιοχή μελέτης, μέσω μιας προγραμματισμένης επίσκεψης στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών και επαφή με τους άμεσα εμπλεκόμενους και ενδιαφερόμενους, δηλαδή με τους καθηγητές και τους μαθητές του σχολείου. Μοιράστηκαν ερωτηματολόγια σχετικά με τις συνθήκες άνεσης όπως εκείνοι τις βιώνουν και όπως οι ίδιοι θα ήθελαν να είναι. Τα ερωτηματολόγια δημιουργήθηκαν με σκοπό να αξιοποιηθούν αργότερα τα αποτελέσματα της έρευνας με σκοπό τη συνολική ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου αξιοποιώντας συνδυαστικά τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας με το βιοκλιματικό ανασχεδιασμό του σχολικού συγκροτήματος. Ένα από τα πρωταρχικά στάδια της διαδικασίας είναι η προσομοίωση του σχολικού συγκροτήματος στο πρόγραμμα Sketch Up, προκειμένου να περαστούν σχεδόν αυτούσια τα δομικά και κατασκευαστικά στοιχεία του κτιρίου. Επόμενο στάδιο είναι η περαιτέρω προσομοίωση του κτιρίου στο λογισμικό Energy Plus ούτως ώστε να διεξαχθούν δεδομένα ενεργειακών καταναλώσεων για το τρέχον κτίριο. Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής είναι απαραίτητο να γίνει προγραμματισμός χρονοδιαγραμμάτων βάση των ωραρίων λειτουργίας του σχολείου και των λοιπών αναγκών αυτού. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων γίνεται μέσω διαγραμμάτων που εξάγονται από το Excel, ενώ για την εύρεση της καταλληλότερης εγκατάστασης (γεωτρήσεις, συνδεσμολογία, κλπ) χρησιμοποιείται το λογισμικό Earth Energy Designer (EED-4). Τέλος, με την ολοκλήρωση της τρέχουσας

μελέτης πραγματοποιείται χρηματοοικονομική ανάλυση της επένδυσης και αξιολόγηση αυτής.

Ένας από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες για την αποδοτικότητα του συστήματος είναι ο σωστός σχεδιασμός και η καταλληλότερη επιλογή του γεωθερμικού συστήματος στο σύνολό του. Βασική παράμετρος για το παραπάνω είναι η μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασιακή διαφορά του ρευστού στο γεωεναλλάκτη μεταξύ της εισόδου και της εξόδου από αυτόν και η οποία ορίζεται κατά το σχεδιασμό. Αρχικά, στο λογισμικό Earth Energy Designer πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με μικρότερο αριθμό γεωτρήσεων, όπως 8 στην αρχή και 12 στη συνέχεια, με βάθος 100 μέτρα και ενδιάμεση απόσταση γεωτρήσεων ορισμένη στα 10 μέτρα. Οι συνδυασμοί, ωστόσο, που περιγράφηκαν μόλις οδηγούσαν σε αποτελέσματα μη θεμιτά για τη μελέτη αυτή, με ελάχιστη θερμοκρασία ρευστού που έπεφτε αρκετά χαμηλότερα του μηδενός και καθιστούσε το σύστημα μη λειτουργικό και ως απόρροια αυτού μη αποδεκτή την εν λόγω προσέγγιση. Έτσι πραγματοποιήθηκε έλεγχος για 24 γεωτρήσεις, σε βάθος 150 μέτρων και η απόσταση μεταξύ των γεωεναλλακτών ορισμένη στα 6 μέτρα, αριθμός που αντιπροσωπεύει το μέγιστο πλήθος γεωτρήσεων που μπορούν να διανοιχθούν στη διαθέσιμη εδαφική έκταση, ενώ ταυτόχρονα χαρακτηρίζει ένα αποδοτικό και λειτουργικό σύστημα με συντελεστή απόδοσης συστήματος Γ.Α.Θ. ίσο με 3,5.

Σημαντικό αναφοράς στο σημείο αυτό είναι ότι η γεωθερμία θα μπορούσε να αποτελέσει ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο για την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά που πιθανόν θα μπορούσε κανείς να πει ότι δεν είναι αρκετή για μια ουσιαστική εξοικονόμηση ενέργειας για το δεδομένο κτίριο. Η καλύτερη δυνατή λύση θα ήταν να πραγματοποιηθεί εγκατάσταση εξοπλισμού και αξιοποίηση αβαθούς γεωθερμίας σε συνδυασμό με έναν νέο βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτιρίου, όπως αυτός θα απαιτούσε αλλαγή κουφωμάτων, αντικατάσταση τζαμιών, προσθήκη σκιάστρων, αλλαγή λαμπτήρων, κ.α.

Η γεωθερμική ενέργεια, είναι ενέργεια που υπάρχει αποθηκευμένη στο φλοιό της γης. Πρόκειται για ένα φυσικό διαθέσιμο που προσφέρεται προς αξιοποίηση χωρίς να διακυβεύεται το μέλλον της ύπαρξής του ή των αποθεμάτων του, μιας και υπάρχει σε αφθονία.

Με γνώμονα όσα αναφέρθηκαν στην τρέχουσα μελέτη και τη γραμμή της Ε.Ε. για πράσινη ανάπτυξη και εξοικονόμηση ενέργειας, η χώρα μας οφείλει να κάνει προσπάθεια προσέγγισης του ευρωπαϊκού στόχου, για την εξασφάλιση της ευημερίας του πλανήτη και του μέλλοντος των επόμενων γενεών.

Η υλοποίηση ενός τέτοιου έργου θα μπορούσε να αποτελέσει παράδειγμα προς μίμηση για πολλές κοινωνίες, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί ένα επιδεικτικό επενδυτικό εγχείρημα για την περιοχή, συμβάλλοντας στην περιβαλλοντική προστασία και ευημερία. Επιπροσθέτως, όντας πλέον ένα πρότυπο ενεργειακό σχολείο, θα μεταλαμπάδευε αυτούσια την περιβαλλοντική εκπαίδευση και συνείδηση στους μαθητές, οι οποίοι πλέον θα είναι άμεσα ενημερωμένοι και άρρηκτα συνδεδεμένοι με αυτό που αποκαλούμε «εξοικονόμηση ενέργειας. Αποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και αξιοπιστία του, το σύστημα της αβαθούς γεωθερμίας στο τρέχον σχολικό συγκρότημα θα αποτελούσε έναυσμα και περεταίρω μελέτη και αξιοποίηση των Φυσικών Διαθεσίμων της χώρας και ταυτόχρονα ένα ζωντανό παράδειγμα για την ίδια την κοινωνία, την ανθρωπότητα, τον επιχειρηματικό κόσμο. Μην ξεχνάμε πως πέραν από μια περιβαλλοντική προσέγγιση, η αξιοποίηση των φυσικών ανανεώσιμων πόρων είναι μια λύση που εγγυάται την σταθερότερη και καλύτερη κάλυψη

των ανθρωπίνων αναγκών με το μικρότερο οικονομικό κόστος. Πολλές φορές το κεφάλαιο που απαιτείται για μια τέτοια μεγάλη επένδυση φαντάζει κάπως αποτρεπτικό, αλλά μετά το πέρας κάποιων χρόνων και αφού πραγματοποιηθεί η απόσβεση, η επένδυση χαρακτηρίζεται ως η επιτομή της εξοικονόμησης χρημάτων.

Σκοπός της ανθρωπότητας ενόψει της οικονομικής κρίσης είναι η άρτια διαβίωση και όχι απλά η επιβίωση. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως η πολυπόθητη ανάπτυξη δεν είναι μονοδιάστατη, αλλά μια πολυπαραγοντική διαδικασία, βασικοί πυλώνες της οποίας είναι η οικονομία και το περιβάλλον. Μειώνοντας ουσιαστικά το ανθρακικό αποτύπωμα, αλλάζουμε εποχή, γυρνάμε σελίδα. Βρισκόμαστε μια σελίδα πιο κοντά στην ολοκληρωμένη – βιώσιμη ανάπτυξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8



Βιβλιογραφία

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασόπουλος κ., (2009). Προσομοίωση λειτουργίας γεωθερμικών εναλλακτών και θερμαντλιών με ανάπτυξη αντίστοιχου λογισμικού, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών – Τομέας Θερμότητας, Αθήνα 2009
- Αρβανίτης Απ., (2008), Μύθοι και πραγματικότητα για τη Γεωθερμία. Υπουργείο Ανάπτυξης, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλευτικών Υδάτων, Αθήνα 2008
- Βερροίου Κ., (2014). Ενεργειακή αναβάθμιση κτιριακού συγκροτήματος Μετσόβιου Κέντρου Διεπιστημονικής Έρευνας με χρήση συστήματος αβαθούς γεωθερμίας. ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», Αθήνα, Μάρτιος 2014
- Βραχόπουλος Μ., Κούκου Μ., Καρύτσας Κ.. Κανονική γεωθερμία – Αρχές Σχεδιασμού γεωθερμικών συστημάτων και εφαρμογές – Οριζόντια γεωθερμικά συστήματα, https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/4778/1/02_chapter_05.pdf, τελευταία πρόσβαση 09/01/2018
- Γιαννοπούλου Χ., (2017). Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός σχολικού κτιρίου στην περιοχή της Λαμίας. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ: «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Αθήνα 2017
- Δημητριάδης Ι., (2011). Διαστασιολόγηση Γεωθερμικού εναλλάκτη με χρήση υπολογιστικού προγράμματος. Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Φεβρουάριος 2011
- Διακογιάννης Γ., (2014). Χωροθέτηση μονάδων παραγωγής ενέργειας από γεωθερμία. Προτάσεις για την αξιολόγηση των γεωθερμικών πεδίων της Ελλάδας. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα 2014
- ΕΓΚΠ-Ενεργειακό Γραφείο Κύπριων Πολιτών, (2010). Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας – Εφαρμογές στον οικιακό τομέα. Κύπρος, Οκτώβριος 2010
- Ζούφιος Ι., (2011). Μελέτη γεωθερμικού συστήματος, ανάλυση της μεθόδου Thermal Response Test και εύρεση των δυο βασικών παραμέτρων σχεδιασμού γεωθερμικών συστημάτων με χρήση κατάλληλου μοντέλου πάνω σε πραγματικά δεδομένα. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Χανιά 2011
- Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ., (2008). Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομικά του περιβάλλοντος και των υδατικών πόρων, Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, Αθήνα ΕΜΠ
- ΚΑΠΕ, (2009). Το Ελληνικό ενεργειακό σύστημα. Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα
- ΚΑΠΕ, (2012), Energy Efficiency Policies and Measures in Greece, ODYSSEE – Mure 2010, Monitoring of EU and national energy efficiency targets, Athens

- ΚΑΠΕ, Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια – Αντλίες θερμότητας, τελευταία πρόσβαση 24/03/2018
- Κατσένης Η., (2012). Θαλάσσια γεωλογική δομή και σεισμική στρωματογραφία της καλδέρας της Σαντορίνης. Πτυχιακή Εργασία, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Πάτρα, Ιανουάριος 2012
- Κατσαπρακάκης Δ., Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Γεωθερμία – Διαστασιολόγηση γεωθερμικού εναλλάκτη, ΣΕΙ Κρήτης, Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας, (http://cyrus.tcdn.teicrete.gr/Portals/23/Shmeioseis/anan_piges_enegreias/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%20%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%BA%CF%84%CE%B7.pdf), τελευταία πρόσβαση 27/04/2018
- Κορωναίος Χ., (2012). Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Διδακτικές Σημειώσεις, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Αθήνα, Μάρτιος 2012
- Λυκουργιώτης Α., Κορδούλης Χ., Λυκουργιώτης Σ., (2017). Πέρα από τα ορυκτά καύσιμα – Το ταξίδι της επιστροφής στην ανανεώσιμη ενέργεια. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2017
- Μαστοράκη, Σ., (2012). Τεχνικο-οικονομική ανάλυση και περιβαλλοντική αποτίμηση εφαρμογής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: Θερμικά Ηλιακά Συστήματα – Αβαθής Γεωθερμία. Ε.Μ.Π., ΔΠΜΣ «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Αθήνα 2012
- Μαρούδης Β., (2014). Πρακτικές εφαρμογές γεωθερμίας σε κτιριακές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Χανιά, 2014
- Μυλωνά Μ., (2016). Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός κτιρίου 12Θ Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ζωγράφου, μέσω προσομοίωσης με το λογισμικό EnergyPlus – Αξιοποίηση γεωθερμίας. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής, Αθήνα, Μάρτιος 2016
- Νιάου Μ., (2011). Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου Λαμπαδαρίου της σχολής των Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ μέσω του προγράμματος Ecotect. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής, Αθήνα 2011
- Παπαγιάννης Α., (2005). Φυσική ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, e-book, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ: «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Τομέας Φυσικής, Αθήνα 2005
- Παπακωνσταντίνου Χ., (2015). Συμβολή στον βιοκλιματικό ανασχεδιασμό κτιρίου μικτής χρήσης με τη χρήση του λογισμικού Energy Plus. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ: «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας», Αθήνα 2015

- Παπανικολάου Κ., (2012). Ανάπτυξη υπολογιστικού μοντέλου για τον υπολογισμό θερμικών και ψυκτικών φορτίων κτιρίου. Διπλωματική Εργασία, Τομέας Θερμότητας, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2012
- Πολύζου Ο., (2007). Γεωθερμία – Βιώσιμη Ανάπτυξη και Τοπικές Κοινωνίες. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Αθήνα 2007
- Ποσειδών – Ενεργειακή (2007). Αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας, <http://www.poseidonenergy.gr/products.htm>, τελευταία πρόσβαση 11/04/2018
- Πρώτο Θέμα, 2018. ΟΗΕ: Θερμότερα όλων των εποχών τα τελευταία χρόνια, (<https://www.protothema.gr/environment/article/752032/oie-thermotera-olon-ton-epohon-ta-teleutaia-tria-hronia/>), τελευταία πρόσβαση 20/01/2018
- Στεργίου Σ., (2015). Ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών και προτάσεις ενεργειακής της αναβάθμισης. ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», Αθήνα, Οκτώβριος 2015
- Τζιάσιου Ε., (2012). Διεΐσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα και προώθηση εξοικονόμησης ενέργειας. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων, Αθήνα, Φεβρουάριος 2012
- Τομάρας Κ., (2010). Εφαρμογή Γεωθερμίας σε Κατοικία στη Βυτίνα – Μετρήσεις και Αποτελέσματα. S.I.: Ergon Equipment ΑΕΤΕ
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Β' Έκδοση, ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, Απρίλιος 2010
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010. Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών. Β' Έκδοση, ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, Απρίλιος 2010
- Φραγκογιάννης Γ., (2011). Αναλυτικός σχεδιασμός και παραμετρική ανάλυση συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας με κατακόρυφους γεωεναλλάκτες. Πειραματική διερεύνηση του θερμικού δυναμικού του υπεδάφους. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων και Μεταλλουργών, Αθήνα 2011
- Φυτίκας Μ., (2014). Γεωθερμία, η μεγάλη αγνοούμενη ΑΠΕ στην Ελλάδα. Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού, Σειρά Εισηγήσεων Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, Αθήνα, Ιανουάριος 2014
- BigLadderSoftware.com, Group – Thermal Zone Description/Geometry (<https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-1/input-output-reference/page-011.html>), τελευταία πρόσβαση 08/03/2018

- CEA.org, (2010), Ενεργειακό γραφείο Κυπρίων Πολιτών, Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας – Εφαρμογές στον Οικιακό τομέα, (<http://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/Heat%20Pumps%20-%20energy%20from%20the%20earth.pdf>), τελευταία πρόσβαση 16/05/2018
- CNN – Greece, Νικήτας Σ., (2017), Χάρτες: Έτσι θα είναι οι μεγαλύτερες πόλεις των ΗΠΑ το 2100 αν ανέβει η στάθμη της θάλασσας, (<https://www.cnn.gr/news/kosmos/gallery/4306/xartes-etsi-tha-einai-oi-megalyteres-poleis-ton-h-p-a-to-2100-an-anevei-i-stathmi-tis-thalassas>), τελευταία πρόσβαση 22/01/2018
- Ecotimes.gr, (2013), Οι ΗΠΑ καλούν την Ευρώπη να υιοθετήσει το σχιστολιθικό φυσικό αέριο, (<http://www.ecotimes.gr/5358/%CE%BF%CE%B9-%CE%B7%CF%80%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%8D%CE%BD-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5%CF%85%CF%81%CF%8E%CF%80%CE%B7-%CE%BD%CE%B1-%CF%85%CE%B9%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9/>), τελευταία πρόσβαση 03/02/2018
- Energoplan.com – Sustainable Power, Αντλίες Θερμότητας Φ.Α., (<http://energoplans.com/%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82-%CF%86-%CE%B1/>), τελευταία πρόσβαση 04/04/2018
- EngineeringToolbox, (https://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d_706.html), τελευταία πρόσβαση 22/03/2018
- EuropeanBusiness.gr, EBR, Πετρολέκας Σ., (2011), Η επανάσταση με τις πέτρες: Σχιστολιθικά πετρώματα και υδρογονάνθρακες, (<http://www.europeanbusiness.gr/page.asp?pid=272>), τελευταία πρόσβαση 03/02/2018
- ERT – 1, (2015). Ζοφερές εικόνες από την Αρκτική – Το λιώσιμο των πάγων η μεγάλη απειλή, (<http://www.ert.gr/eidiseis/diethni/zoferes-ikones-aro-tin-arktiki-to-liosimoton-pagon-i-megali-apili-vid/>), τελευταία πρόσβαση 22/01/2018
- Geo – Auth, Γενική Κλιματολογία, (<http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc431e/th/Climatology.pdf>), τελευταία πρόσβαση 18/01/2018
- Geo – News, (2018), Η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να αφήσει τη Γη χωρίς οξυγόνο!, (<https://geonews.gr/yperthermansh-planhths-oxygono/>), τελευταία πρόσβαση 22/01/2018
- GlobalWarmingInVietnam, Causes of Global Warming, (<https://globalwarmingvietnam.weebly.com/causes.html#>), τελευταία πρόσβαση 18/01/2018

- GreenAgenda, (2012). Αντλία θερμότητας..Οικολογική και φθηνή λύση, (<https://greenagenda.gr/%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B1%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82%E2%80%A6%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%86%CE%B8/>), τελευταία πρόσβαση 14/04/2018
- HNMS.gr, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Κλιματικά δεδομένα ανά μήνα, (http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_month), τελευταία πρόσβαση 08/03/2018)
- LinkedIn, Χατζηνικολάου Α., (2010), Κλιματική Αλλαγή και Υπερθέρμανση του Πλανήτη, (<https://www.slideshare.net/Chatzinikolaou/1-5319214>), τελευταία πρόσβαση 22/01/2018
- Naftemporiki.gr, (2017). Ε.Ε.: Οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας από άνθρακα υπεύθυνοι για τη μεγαλύτερη ρύπανση, (<https://www.naftemporiki.gr/story/1258092/ee-oi-stathmoi-paragogis-energeias-apo-anthraka-upeuthunoi-gia-ti-megaluteri-rupansi>), τελευταία πρόσβαση 25/01/2018
- Orykta.gr, Ενεργειακά Ορυκτά, (<http://www.orykta.gr/oryktes-protos-yles-tis-ellados/energeiaka-orykta>), τελευταία πρόσβαση 06/02/2018
- Real.gr, Μόσχου Ι., (2017). Οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας από άνθρακα υπεύθυνοι για τη μεγαλύτερη ρύπανση, (<http://www.real.gr/DefaultArthro.aspx?page=arthro&id=620589&catID=5>), τελευταία πρόσβαση 25/01/2018
- SameWorld, (2015). Sustainability – Awareness – Mobilization – Environment, Κλιματική Αλλαγή, (<http://www.sameworld.eu/el/anakalypste-to-ergo/klimatiki-allagi>), τελευταία πρόσβαση 18/01/2018
- Uoa.gr. Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα ΕΚΠΑ, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, (<http://www.geo.auth.gr/871/ch1.htm>), τελευταία πρόσβαση 06/02/2018
- Weather.gr, (2016). NASA: Άνοδος της στάθμης της θάλασσας κατά 90 χιλιοστά από το 1993 έως σήμερα, (<https://www.weather.gr/articles.aspx?a=1290>), τελευταία πρόσβαση 19/01/2018
- Wikipedia.org, Belchatow Power Station, (https://en.wikipedia.org/wiki/Belchatow_Power_Station), τελευταία πρόσβαση 02/02/2018
- Wikipedia.org, Ηλιούπολη Αττικής, (https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλιούπολη_Αττικής), τελευταία πρόσβαση 20/02/2018

Αθήνα, 2018

*Η Γη παράγει αρκετά για να ικανοποιήσει τις ανάγκες κάθε
ανθρώπου, όχι όμως την απληστία του...*

Mahatma Gandhi

