



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Δομοστατικής

Διπλωματική Εργασία με τίτλο:

**Βιοκλιματικός Ανασχεδιασμός υπάρχοντος κτιρίου με
προβλεπόμενη χρήση Δικαστικού Μεγάρου**

Παναγιωτοπούλου Δήμητρα του Αναστασίου

Επιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Δομοστατικής

Διπλωματική Εργασία με τίτλο:

**Βιοκλιματικός Ανασχεδιασμός υπάρχοντος κτιρίου με
προβλεπόμενη χρήση Δικαστικού Μεγάρου**

Παναγιωτοπούλου Δήμητρα του Αναστασίου

Επιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2015

Copyright © Παναγιωτοπούλου Δήμητρα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τη συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα εργασία οφείλω να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με συμβούλεψαν, με δίδαξαν, με εμπιστεύτηκαν και με στήριξαν με τον τρόπο τους.

Πρωτίστως αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τον Αναπλ. Καθηγητή ΕΜΠ Ιωάννη Τζουβαδάκη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την πρώτη στιγμή, και για την διαρκή καθοδήγηση κατά την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Μενέλαο Ξενάκη για τις χρήσιμες συμβουλές του.

Θα ήθελα, επίσης, να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους και συμφοιτητές μου για την κατανόηση και στήριξή τους κατά το διάστημα εκπόνησης της εργασίας και ολοκλήρωσης των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω τη συγκεκριμένη εργασία στην οικογένειά μου, εκφράζοντάς της τις πιο θερμές ευχαριστίες μου για την αγάπη, την ηθική και υλική συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια. Τους ευχαριστώ πραγματικά για όλα.

Δήμητρα Παναγιωτοπούλου,

Νοέμβριος 2015.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενου κτιρίου, το οποίο προορίζεται για στέγαση του δικαστικού μεγάρου Πειραιά. Έπειτα από μελέτη και βαθιά κατανόηση του μεγέθους της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος λόγω της αλόγιστης κατανάλωσης ενέργειας, κρίθηκε επιτακτική η ανάγκη εφαρμογής ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού με βιοκλιματικές μεθόδους. Μελετώντας τις βιοκλιματικές αρχές και τις μεθόδους εφαρμογής τους επιλέχθηκε να γίνει χρήση (i) υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής, (ii) εξωτερικής θερμομόνωσης, (iii) φωτισμού LED και (iv) εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στέγης στο υπό μελέτη κτίριο. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού, απαραίτητη προϋπόθεση ήταν η προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου, η οποία υλοποιήθηκε μέσω του λογισμικού EnergyPlus. Αναλύοντας τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το πρόγραμμα και συγκεκριμένα αυτά των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας, προτάθηκαν οι παραπάνω βιοκλιματικές λύσεις με σκοπό τη μείωσή τους. Κάθε μία από αυτές τις λύσεις προσομοιώθηκε εκ νέου στο λογισμικό για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας τους και της οικονομικής αποδοτικότητας των συστημάτων εφαρμογής τους.

Abstract

The purpose of this diploma thesis is to study the energy and upgrade of an existing building in Piraeus, which is about to become the new courthouse of Piraeus. Having fully understood the magnitude of the environmental burden due to the irresponsible energy consumption, energy design with bioclimatic methods was necessary. Studying the bioclimatic principles, four solutions were chosen to be applied to this building; the Low Emissivity windows, the outdoor Insulation, the LED lighting and the rooftop Photovoltaic panels. For the implementation of the above principles, the simulation of the current situation of the courthouse was the first stage, using the Energy Plus software. Analyzing the derived results, bioclimatic solutions were proposed in order to reduce the electrical consumption. Each of these solutions was simulated again in the software for the evaluation of both the effectiveness and the cost-efficiency.

Περιεχόμενα

| | |
|---|-----|
| Περίληψη..... | iii |
| Abstract | iv |
| Εισαγωγή..... | 1 |
| Αντικείμενο εργασίας..... | 1 |
| Διάρθρωση | 1 |
| 1. Ενεργειακό Πρόβλημα και Αειφόρος Ανάπτυξη | 3 |
| 1.1 Ιστορική Αναδρομή..... | 3 |
| 1.2 Οικολογικό Πρόβλημα | 3 |
| 1.3 Ενεργειακό Πρόβλημα | 3 |
| 1.4 Αειφόρος Ανάπτυξη | 7 |
| 1.5 Η Ενέργεια στον Κτιριακό Τομέα..... | 8 |
| 2. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων..... | 13 |
| 2.1 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός..... | 13 |
| 2.2 Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην αρχαία Ελλάδα | 14 |
| 2.3 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού | 16 |
| 2.3.1 Παθητικά Συστήματα..... | 18 |
| 2.3.2 Ενεργητικά Συστήματα | 23 |
| 2.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας | 25 |
| 2.4.1 Αιολική Ενέργεια | 28 |
| 2.4.2 Ηλιακή Ενέργεια – Φωτοβολταϊκά Συστήματα | 30 |
| 2.4.3 Υδραυλική Ενέργεια | 33 |
| 2.4.4 Βιομάζα | 35 |
| 2.4.5 Γεωθερμία | 38 |
| 2.4.6 Ενέργεια των Ωκεανών | 40 |
| 2.5 Συστήματα Θερμικής Προστασίας του Κελύφους..... | 42 |
| 2.5.1 Θερμομονωτικά Υλικά..... | 42 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 2.5.2 | Υαλοπίνακες Χαμηλής Εκπομπής (Low-Emissivity)..... | 44 |
| 2.5.3 | Φυτευτό Δώμα..... | 47 |
| 2.5.4 | Αεριζόμενο Κέλυφος..... | 48 |
| 3. | Δικαστικά Μέγαρα..... | 51 |
| 3.1 | Γενικά Στοιχεία..... | 51 |
| 3.2 | Δομή και Λειτουργία Δικαστηρίων..... | 51 |
| 3.3 | Περιγραφή του μελλοντικού Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά..... | 53 |
| 4. | Προσομοίωση Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά..... | 57 |
| 4.1 | Λογισμικά Προσομοίωσης..... | 57 |
| 4.1.1 | SketchUp Make 2015..... | 57 |
| 4.1.2 | OpenStudio plug-in..... | 57 |
| 4.1.3 | EnergyPlus..... | 57 |
| 4.1.4 | PVGIS..... | 60 |
| 4.2 | Δημιουργία Μοντέλου στο SketchUp..... | 61 |
| 4.3 | Προσομοίωση στο EnergyPlus..... | 69 |
| 4.3.1 | Simulation Parameters..... | 69 |
| 4.3.2 | Location and Climate..... | 69 |
| 4.3.3 | Schedules..... | 70 |
| 4.3.4 | Surface Construction Elements..... | 77 |
| 4.3.5 | Thermal Zones and Surfaces..... | 81 |
| 4.3.6 | Internal Gains..... | 84 |
| 4.3.7 | Zone Airflow..... | 88 |
| 4.3.8 | HVAC Templates..... | 90 |
| 4.3.9 | Output Reporting..... | 92 |
| 4.4 | Αποτελέσματα Προσομοίωσης..... | 94 |
| 5. | Σενάρια Ενεργειακής Βελτίωσης Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά..... | 101 |
| 5.1 | Ανάγκη Ενεργειακής Βελτίωσης..... | 101 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.2 | Τοποθέτηση Υαλοπινάκων Χαμηλής Εκπομπής..... | 101 |
| 5.2.1 | Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus | 101 |
| 5.2.2 | Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης..... | 105 |
| 5.3 | Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης..... | 112 |
| 5.3.1 | Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus | 112 |
| 5.3.2 | Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης..... | 114 |
| 5.4 | Τοποθέτηση Λαμπτήρων Εξοικονόμησης Ενέργειας..... | 118 |
| 5.4.1 | Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus | 119 |
| 5.4.2 | Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης..... | 120 |
| 5.5 | Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων | 122 |
| 5.5.1 | Εισαγωγή Παραμέτρων στο Πρόγραμμα PVGIS | 123 |
| 5.5.2 | Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης..... | 124 |
| 5.6 | Συνολικά Αποτελέσματα Επεμβάσεων | 127 |
| 6. | Συμπεράσματα και Προτάσεις | 133 |
| | Αναφορές..... | 135 |
| | Πηγές Σχημάτων και Πινάκων | 141 |

Εισαγωγή

Αντικείμενο εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο ενεργειακός σχεδιασμός υφιστάμενου κτιρίου στον Πειραιά, το οποίο προορίζεται για Δικαστικό Μέγαρο, μέσω εφαρμογών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Οι πρακτικές που αναπτύσσονται αφορούν στην επίτευξη θερμοκρασιακής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους και την ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου. Επίσης, γίνεται μελέτη εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, το οποίο θα παρέχει κάλυψη ενός ποσοστού των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούνται για τη λειτουργία του κτιρίου.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η κατανόηση της χρησιμότητας και της αποτελεσματικότητας υιοθέτησης αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Η μελέτη καλείται να αποδείξει ότι, ακόμη και σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις, η εφαρμογή οικολογικών μεθόδων και η εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επιφέρει αξιόλογα αποτελέσματα σχετικά με την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους και την εξοικονόμηση χρημάτων στην πάροδο του χρόνου.

Μέσα έρευνας: Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου του Δικαστικού Μεγάρου είναι το πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης SketchUp Make 2015, με την προσθήκη της ηλεκτρονικής εργαλειοθήκης OpenStudio plug-in for SketchUp. Για την προσομοίωση θερμικού φορτίου και ενεργειακής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό EnergyPlus. Επιπλέον, έγινε χρήση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας PVGIS για τον υπολογισμό του φωτοβολταϊκού συστήματος. Τέλος, για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και τη δημιουργία διαγραμμάτων θερμοκρασιών και ενεργειακής κατανάλωσης χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel. Για το σκοπό αυτό γίνεται μία συνοπτική παρουσίαση των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Διάρθρωση

Δομή εργασίας: Στο 1ο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται το ενεργειακό πρόβλημα και η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης. Στο 2ο κεφάλαιο αναλύονται οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι βιοκλιματικού σχεδιασμού και χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

που μπορούν να εφαρμοστούν σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Στο 3ο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του υπό μελέτη κτιρίου, καθώς και η περιγραφή της λειτουργίας του και των εγκαταστάσεών του. Στο 4ο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία προσομοίωσης, η οποία ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δηλαδή ο σχεδιασμός του κτιρίου μέσω του SketchUp και του OpenStudio plug-in, η ενεργειακή προσομοίωση στο EnergyPlus για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και ο υπολογισμός του φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτιρίου μέσω του PVGIS. Στο 5ο κεφάλαιο αναλύονται κάποια σενάρια ενεργειακής βελτίωσης και εξοικονόμησης ενέργειας, για τα οποία γίνεται εκ νέου προσομοίωση και μελετάται η αποτελεσματικότητά τους. Τέλος, στο 6ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις για το εν λόγω κτίριο.

1. Ενεργειακό Πρόβλημα και Αειφόρος Ανάπτυξη

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Όλα ξεκίνησαν όταν το 1769 ο Βρετανός Τζέιμς Βάτ κατοχύρωσε την πατέντα της πρώτης ατμομηχανής. Στην ουσία αυτήν την περίοδο σηματοδοτείται και η απαρχή της βιομηχανικής επανάστασης στην Αγγλία που υποδηλώνει τη συστηματική εγκατάσταση και λειτουργία της εργοστασιακής βιομηχανίας.

Το 1807 για πρώτη φορά εισάγεται στη Φυσική η έννοια και ο ορισμός της ενέργειας ως φυσικού μεγέθους.

Το 1829 στο Κεντάκι των ΗΠΑ αναβλύζει η πρώτη πετρελαιοπηγή και τέλος το 1859 στη Πενσυλβάνια εξορύσσεται πετρέλαιο από βάθος 211 μέτρων με ρυθμό 20 βαρέλια ημερησίως.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, το ενεργειακό πρόβλημα με τη σημερινή του μορφή είναι σχετικά πρόσφατο και η ανθρωπότητα επί δύο περίπου αιώνες κατανάλωνε ενέργεια απερίσκεπτα, μέχρι το 1960-70 που έγινε γνωστό ότι τα ορυκτά καύσιμα, άνθρακας και πετρέλαιο, έχουν πεπερασμένα αποθέματα και ότι η καύση τους προξενεί ανεπανόρθωτες αλλοιώσεις στο κλίμα και κατ' επέκταση στη σύσταση και τη μορφή του πλανήτη. Έτσι ανέκυψαν δύο νέα προβλήματα, τα οποία συνδέονται με την ενέργεια, που καθημερινά καταναλώνεται, του Ενεργειακού και του Οικολογικού. [1]

1.2 Οικολογικό Πρόβλημα

Το οικολογικό πρόβλημα δημιουργείται με την καύση των ορυκτών καυσίμων, και την έκλυση στην ατμόσφαιρα μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα, τα οποία είναι υπεύθυνα κατά κύριο λόγο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου που υπερθερμαίνει τον πλανήτη και προκαλεί τις παρατηρούμενες ήδη σήμερα κλιματικές αλλαγές. Παράλληλα, η ρύπανση της ατμόσφαιρας με τα δύο αέρια, μαζί και με τα στερεά αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία επίσης εκλύονται κατά την καύση, ή και από άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, επιδρούν στη ζωή και την παρουσία πολλών ειδών της χλωρίδας και της πανίδας της γης. [1]

1.3 Ενεργειακό Πρόβλημα

Το ενεργειακό πρόβλημα συνειδητοποιήθηκε όταν εμφανίστηκε η ενεργειακή κρίση του 1973, όταν τα μέλη του Οργανισμού Αραβικών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών ή ΟΑΠΕΚ

(αποτελούμενο από τα αραβικά μέλη του ΟΡΕC, καθώς και την Αίγυπτο, τη Συρία και την Τυνησία) διακήρυξαν εμπάργκο πετρελαίου. Η άντληση των ποσοτήτων αργού πετρελαίου περιορίστηκε, οι τιμές αυξήθηκαν, σχεδόν τετραπλασιάστηκαν, ενώ οι ανάγκες για ενέργεια πολλαπλασιάστηκαν λόγω της ραγδαίας οικονομικής και τεχνολογικής εξέλιξης. [2]

Ενδεικτικά, υπάρχουν περίπου 1500 κοιτάσματα πετρελαίου μεγάλου και γιγαντιαίου μεγέθους στον κόσμο σήμερα, το οποία περιέχουν το 94% του γνωστού αργού πετρελαίου, ενώ τα 400 μεγαλύτερα κοιτάσματα περιέχουν το 60-70%. Μόνο 41 απ' αυτά τα τελευταία ανακαλύφθηκαν μετά το 1980. Η ουσία είναι, σύμφωνα με Βρετανούς ειδικούς, ότι τώρα πλέον ο πλανήτης ολόκληρος έχει ερευνηθεί εξαντλητικά και έτσι έχει καταστεί σαφές ότι δεν υπάρχουν άλλα κοιτάσματα σε νέες περιοχές που να μπορούν να συγκριθούν με εκείνα της Βόρειας Θάλασσας και της Αλάσκας και να μην έχουν ανακαλυφθεί. Η Αμερικανική Γεωλογική Επιθεώρηση συμφωνεί μ' αυτή την άποψη και αναφέρει ότι η ανακάλυψη σημαντικών κοιτασμάτων πετρελαίου κορυφώθηκε το 1962 και έκτοτε βρίσκεται σε πτώση.

Τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων και οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας σε Ευρώπη και Αμερική ανά έτος φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. [1]

Πίνακας 1.1: Αποθέματα Ορυκτών Καυσίμων σε Ευρώπη και Αμερική [1]

ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (X 1012 kWh)

| | ΒΟΡΕΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ | ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΤΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ | ΔΥΤΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ | ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ | ΣΥΝΟΛΟ |
|-----------------------|-------------------|----------------------------------|------------------|---------------------|--------|
| ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ (1992) | 139 | 124 | 38 | 105 | 406 |
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ(1991) | 96 | 54 | 62 | 536 | 748 |
| ΑΝΘΡΑΚΑΣ (1992) | 1824 | 71 | 716 | 2292 | 4903 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 2059 | 249 | 816 | 2933 | 6057 |

Πίνακας 1.2: Κατανάλωση Ενέργειας σε Ευρώπη και Αμερική [1]

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 1991 (X 1012 kWh/έτος)

| | ΒΟΡΕΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ | ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΤΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ | ΔΥΤΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ | ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ | ΣΥΝΟΛΟ |
|-----------------------|-------------------|----------------------------------|------------------|---------------------|--------|
| ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ (1992) | 11,65 | 2,19 | 8,24 | 5,68 | 27,26 |
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ(1991) | 6,83 | 0,68 | 3,41 | 7,68 | 18,6 |
| ΑΝΘΡΑΚΑΣ (1992) | 5,88 | 0,2 | 3,81 | 5,63 | 15,52 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 24,36 | 3,07 | 15,46 | 18,99 | 61,88 |

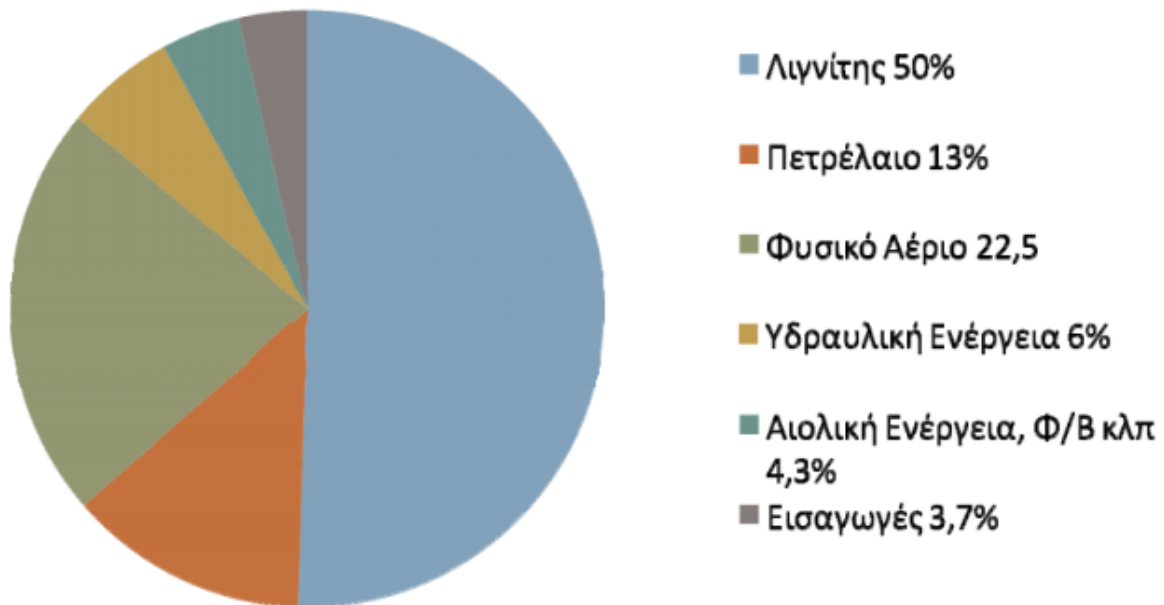
Παρατηρείται ότι η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται ανά έτος στην Ευρώπη και Αμερική είναι : $61,88 / 6057 = 0,0102 = 1,02\%$ στο σύνολο των αποθεμάτων. Αυτό σημαίνει ότι σε μερικά χρόνια τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων θα έχουν εξαντληθεί. Για αυτό το λόγο έχουμε ήδη αρχίσει να στρεφόμεστε σε άλλες πηγές ενέργειας, οι οποίες είναι ανανεώσιμες, δηλαδή ανεξάντλητες. [3]

Τα κύρια προβλήματα στην Ελλάδα σχετίζονται άμεσα με το λανθασμένο ενεργειακό μοντέλο που εφαρμόζει. Η χώρα μας χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή ένταση (παραγόμενες kWh ανά μονάδα ΑΕΠ), υψηλή εξάρτηση από πετρέλαιο και λιγνίτη που αποτελούν τα πλέον ρυπογόνα καύσιμα, και άσκοπη κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και τριτογενή τομέα. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι οι ανάγκες της χώρας μας για εισαγωγή πετρελαίου είναι πάνω από το 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ ο μέσος όρος της Ευρώπης είναι μεταξύ 40-50%. Επίσης, από το έτος 2007 η Ελλάδα ξεπέρασε και επίσημα το όριο αύξησης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, αφού είχε το δικαίωμα, βάσει της παγκόσμιας συνθήκης του Κιότο, που στοχεύει στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, να αυξήσει τις εκπομπές της κατά 25% σε σχέση με το έτος βάσης (1990). Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, κατά το έτος 2005 η Ελλάδα αύξησε τις εκπομπές της κατά 25,4% , δηλαδή 0,4% πάνω από το όριο. Τα ποσοστά αυτά τείνουν να αυξηθούν, αντί να μειωθούν, συνεπώς θεωρείται αναγκαία η αλλαγή ενεργειακής πολιτικής στη χώρα μας. Για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος πρέπει να ληφθούν μέτρα που θα στηρίζονται στην αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, στη μείωση της κατανάλωσης

και στην υποκατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). [4]

Παρακάτω φαίνονται οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το έτος 2008 και τα ποσοστά τους.

Πηγές Καυσίμου Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας



Επίσημα στοιχεία έτους 2008

Σχήμα 1.1: Πηγές Καυσίμου Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Ελλάδας το 2008 [2]

Όπως προαναφέρθηκε, τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργηθεί η ανάγκη για νέες πηγές ενέργειας. Στην Ελλάδα η κύρια πηγή ενέργειας εκτός από την καύση ορυκτών καυσίμων, είναι και οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), οι οποίες θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο. Παγκοσμίως, όμως, παράγονται και άλλες μορφές, οι οποίες αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής ενέργειας, όπως είναι τα αέρια καύσιμα και η πυρηνική ενέργεια, όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα, που αφορά την πρωτογενή παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Πρωτογενής παραγωγή (επί % των συνολικών ΜΤΙΠ)



Σχήμα 1.2: Πρωτογενής Παραγωγή Πηγών Ενέργειας σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση [3]

1.4 Αειφόρος Ανάπτυξη

Η αειφόρος ανάπτυξη, ή βιώσιμη ανάπτυξη, αναφέρεται στην οικονομική ανάπτυξη που σχεδιάζεται και υλοποιείται λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιωσιμότητα αυτού. Γνώμονας της είναι η μέγιστη δυνατή απολαβή αγαθών από το περιβάλλον, χωρίς όμως να διακόπτεται η φυσική παραγωγή αυτών των προϊόντων σε ικανοποιητική ποσότητα και στο μέλλον. Η βιώσιμη ανάπτυξη προϋποθέτει ανάπτυξη των παραγωγικών δομών της οικονομίας παράλληλα με τη δημιουργία υποδομών για μία ευαίσθητη στάση απέναντι στο φυσικό περιβάλλον και στα οικολογικά προβλήματα. Η βιωσιμότητα υπονοεί ότι οι φυσικοί πόροι υφίστανται εκμετάλλευση με ρυθμό μικρότερο από αυτόν με τον οποίο ανανεώνονται, διαφορετικά λαμβάνει χώρα περιβαλλοντική υποβάθμιση. Θεωρητικά, το μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής υποβάθμισης είναι η ανικανότητα του γήινου οικοσυστήματος να υποστηρίξει την ανθρώπινη ζωή (οικολογική κρίση). Σημείο αναφοράς για τις εξελίξεις στη μελέτη της οικολογικά ευαίσθητης ανάπτυξης αποτελεί το πρωτόκολλο του Κιότο, που υπογράφηκε το 1997 (ως συμπλήρωμα της Σύμβασης-Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές του 1992) και τέθηκε μερικώς σε ισχύ από το 2005. Ορισμένες από τις τάσεις και τα ζητήματα που απασχολούν τη βιώσιμη ανάπτυξη στην Ευρώπη από τη δεκαετία του 1990 είναι: η προώθηση χρήσης «ενεργειακά καθαρών» μορφών μετακίνησης (π.χ. ηλεκτρικά αυτοκίνητα), η «βιωσιμότερη» αναθεώρηση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, ο οικολογικός χαρακτηρισμός καταναλωτικών προϊόντων, η βιοτεχνολογία, κλπ.

Συναφείς όροι, οι οποίοι συνήθως χρησιμοποιούνται με σχεδόν ταυτόσημη έννοια, είναι η πράσινη ανάπτυξη και η πράσινη οικονομία. Η αειφόρος ανάπτυξη, η πράσινη ανάπτυξη και η πράσινη οικονομία, ανάμεσα στ' άλλα, μπορούν να αξιοποιούν και τα σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία που παρέχει η επιστήμη των περιβαλλοντολόγων μηχανικών, καθώς και τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. [5]

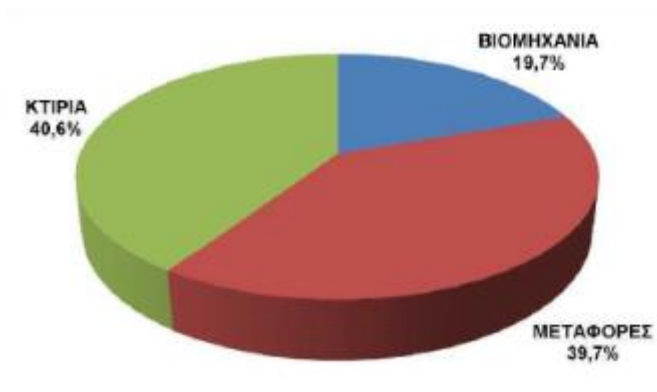
Σήμερα, περισσότερο από ποτέ, οφείλουμε να υιοθετήσουμε ένα νέο πρότυπο ανάπτυξης για τη χώρα. Ένα πρότυπο ανάπτυξης που υπηρετεί τον άνθρωπο και τις πραγματικές του ανάγκες. Η πράσινη ανάπτυξη, αυτή που σέβεται το περιβάλλον και το αντιμετωπίζει ως αναπτυξιακό απόθεμα είναι η μόνη εφικτή και βιώσιμη λύση για τον τόπο.

Η Πράσινη Ανάπτυξη αποτελεί μια νέα στρατηγική για την έξοδο από την κοινωνικοοικονομική κρίση επιδιώκοντας την ανασυγκρότηση της παραγωγικής βάσης της χώρας, την ισόρροπη περιφερειακή ανάπτυξη, τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Όλα αυτά δεν μπορεί να γίνουν χωρίς επένδυση στην παιδεία, τη γνώση, την καινοτομία, τις νέες τεχνολογίες. Η ανάδειξη αυτού του νέου αναπτυξιακού προτύπου ανοίγει νέες δυνατότητες από τον αγροτικό μέχρι τον τουριστικό τομέα, δημιουργώντας νέες προοπτικές στον κλάδο της μεταποίησης, στον κατασκευαστικό τομέα, στον τομέα της ενέργειας.

Προτεραιότητες αποτελούν το κλίμα και η ενέργεια, η αναδιάρθρωση στους παραγωγικούς τομείς και η εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, προτεραιότητες που συνδέονται με τη δραστηριότητα του νεοσύστατου Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

1.5 Η Ενέργεια στον Κτιριακό Τομέα

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. [6]

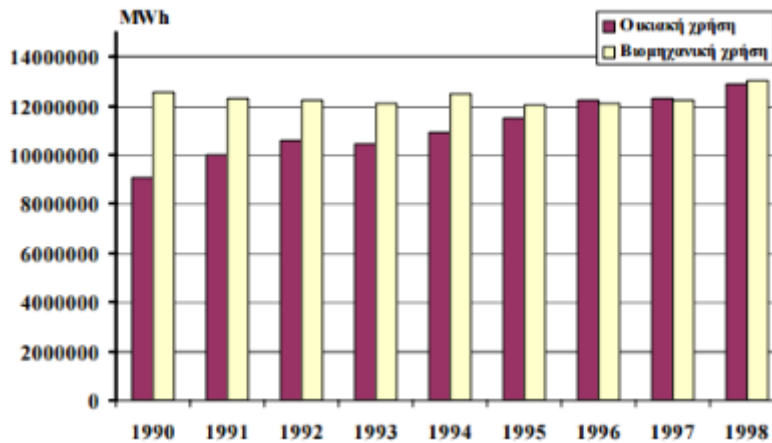


Σχήμα 1.3: Διασπορά Ενεργειακής Κατανάλωσης στην Ελλάδα το 2006 [4]

Στην Ελλάδα οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή. Επί πλέον τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι. [7]

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος στην Ελλάδα, από το έτος 1990 μέχρι το 1998. Παρατηρείται συνολικά αύξηση μεγαλύτερη από το 1/3 της κατανάλωσης για οικιακές χρήσεις και μία μικρή, σχετικά, αλλά σημαντική αύξηση στις βιομηχανικές χρήσεις. [8]



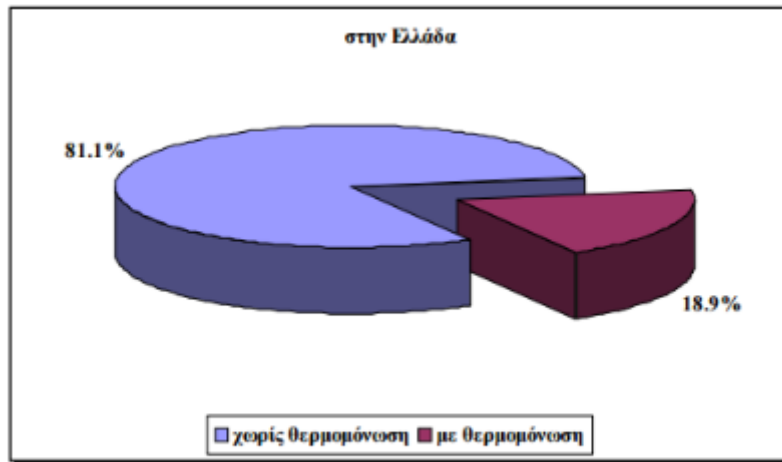
Σχήμα 1.4: Κατανάλωση Ηλεκτρικού Ρεύματος στην Ελλάδα [5]

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων.

Το κλίμα, επίσης, επηρεάζει πολύ τις καταναλώσεις ενός κτιρίου, διότι κάθε κτίριο είναι ενταγμένο σε ένα ευρύτερο αστικό περιβάλλον και αλληλεπιδρά με αυτό. Η επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει συμβάλλει σημαντικά στην επιβάρυνση των κτιρίων, καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας κ η συνεχής χρήση βλαβερών, για το περιβάλλον, ηλεκτρικών συσκευών, συνεπάγονται τεράστιες, πλέον, ενεργειακές ανάγκες.

Ενδεικτικά, οι επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης ενός κτιρίου μπορούν να αφορούν στο εξωτερικό κέλυφος αυτού, τον περιβάλλοντα χώρο, τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές. Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα ένα πολύ μικρό ποσοστό των κτιρίων έχει θερμομόνωση, καθώς τα περισσότερα είναι κατασκευασμένα πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης. Αυτό έχει ως συνέπεια τις τεράστιες ανάγκες για θέρμανση και ψύξη, όπως είπαμε και νωρίτερα. [7]



Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία

Σχήμα 1.5: Κτιριακή Θερμομόνωση στην Ελλάδα [5]

Είναι προφανές, λοιπόν, ότι θα έπρεπε να υιοθετηθεί η οικολογική συνείδηση, άλλωστε η πιο καθαρή και πιο φθηνή μορφή ενέργειας είναι αυτή που εξοικονομούμε κάνοντας σωστή χρήση της τεχνολογίας καλύπτοντας τις πραγματικές μας ανάγκες χωρίς υπερβολές και σπατάλες. Αυτό προϋποθέτει ευαισθητοποίηση των καταναλωτών με σκοπό την αλλαγή στάσεων και συμπεριφορών όχι μόνο σε προσωπικό επίπεδο αλλά και σε επίπεδο παραγωγής αξιοποιώντας παράλληλα και την σύγχρονη τεχνολογία. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να υιοθετηθούν σχέδια προστασίας των σημαντικών οικοσυστημάτων της χώρας, αλλαγές στις γεωργικές καλλιέργειες, διαχειριστικά πλάνα για τους υδάτινους πόρους, μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη-θέρμανση, προώθηση καινοτόμων, καθαρών τεχνολογιών, δημιουργία υποδομών για την αντιμετώπιση ακραίων καιρικών φαινομένων, συστήματα επίβλεψης των δασών ανά την επικράτεια, δράσεις καταπολέμησης της ερημοποίησης, εκστρατείες ευαισθητοποίησης της ελληνικής κοινωνίας και τέλος, θα πρέπει να ληφθούν πολιτικά μέτρα προώθησης των ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας, να εξορθολογιστεί η πολιτική των μεταφορών στη χώρα μας και να καταρτιστεί μια στιβαρή και φιλόδοξη ενεργειακή ατζέντα, διότι διαφορετικά η Ελλάδα θα μείνει ουραγός στις εξελίξεις.

2. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων

2.1 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά τον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών – υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, συνήθως αναφερόμενο ως μικροκλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Η βιοκλιματική είναι κλάδος της αρχιτεκτονικής που λαμβάνει υπ' όψη τις επιταγές της οικολογίας και της βιωσιμότητας. Με τον όρο "βιοκλιματικός σχεδιασμός" εννοείται ο σχεδιασμός ο οποίος αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. [9]

Πιο συγκεκριμένα, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός – αν και είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη τη γη – θεωρείται από πολλούς ως μία νέα «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική και σχετίζεται με την οικολογία περισσότερο, παρά με την ενέργεια και την εξοικονόμηση που δύναται να επιφέρει. Παρά ταύτα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως, ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Κι αυτό, διότι το ζητούμενο στον βιοκλιματικό σχεδιασμό είναι η ανέγερση κτιρίων, π.χ. βιομηχανικών μονάδων, κτιρίων γραφείων, κτιρίων κατοικίας, σχεδιασμένων έτσι ώστε αφενός να καλύπτονται πλήρως οι ενεργειακές τους ανάγκες και αφετέρου στο ετήσιο ισοζύγιο να είναι μηδενική η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπές βλαβερών για το περιβάλλον αερίων. Επίσης, είναι επιθυμητή η ανέγερση κτιρίων των οποίων οι ενεργειακές ανάγκες στον τομέα της θέρμανσης και της ψύξης να καλύπτονται πλήρως μέσω συστημάτων εκμετάλλευσης των γεωθερμικών ενεργειακών πόρων, όπου η αναγκαία για τις αντλίες θερμότητας ηλεκτρική ενέργεια να παράγεται μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τελευταίο ζητούμενο είναι η ανέγερση κτιρίων στο πλαίσιο του συνήθους κόστους των κατασκευών, αλλά με σεβασμό στους περιορισμένους πόρους του φυσικού περιβάλλοντος τους ιδιότητες, όσο και την τοξικολογική τους δράση. [10]

Συνοπτικά, οι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι:

- Η εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα
- Η προστασία από τους δυνατούς ανέμους του χειμώνα
- Η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα
- Η προστασία από τον ήλιο του καλοκαιριού
- Η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι
- Η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι [10]

2.2 Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην αρχαία Ελλάδα

Τα σπίτια στην αρχαία Ελλάδα είχαν να αντιμετωπίσουν λίγο πολύ τα προβλήματα που έχουν και τα δικά μας σήμερα με βασικότερα την ζέστη και το κρύο. Ας δούμε όμως τι έκαναν σοφά οι αρχαίοι Έλληνες.

Η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική δεν είναι κάτι νέο, η Ενεργειακή Απόδοση ήταν ανέκαθεν ζήτημα αιχμής, με πιο χαρακτηριστική ίσως αναφορά εκείνη του Ηλιακού Σπιτιού του Σωκράτη. Ο Σωκράτης το 470 π.Χ. με τις οδηγίες του για το ιδανικό ηλιακό σπίτι, που αναφέρονται στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα, αλλά και ο Ιπποκράτης με το έργο του «Περί αέρων, υδάτων και τόπων», έβαλαν τις βάσεις της σύγχρονης βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Κύριος στόχος τους ήταν τα σπίτια να εξασφαλίζουν μια αρμονική σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον.

Το αρχαίο σπίτι είχε για θεμέλια και βάσεις τοίχων την πέτρα, όπου πάνω τοποθετούσαν πλίνθους με ξηροδεσιές για να υψώσουν τους τοίχους. Οι στέγες είχαν κεραμίδια, αν και πολλές φορές αναφέρεται η ύπαρξη ταράτσας. Το σχέδιο που δίνουν αρχαίοι συγγραφείς για τα σπίτια της εποχής καταγράφει μια στενόμακρη είσοδο που οδηγεί σε μια τετράπλευρη αυλή, όπου στο κέντρο της βρισκόταν ένα πηγάδι. Στην αυλή υπήρχε και ένας βωμός, όπου πραγματοποιούνταν όλες οι θρησκευτικές τελετές. Ο βόρειος τοίχος γινόταν παχύτερος και με τα ελάχιστα δυνατά ανοίγματα. Η είσοδος συνήθως βρισκόταν στην ανατολική και σπανιότερα στην νότια πλευρά. Στην βόρεια πλευρά του σπιτιού συνήθως φυτευότανε κάποια αειθαλή δέντρα, όπως ελιές, ώστε με το φύλλωμά τους να εμποδίζουν τον χειμωνιάτικο κρύο βόρειο άνεμο να πέσει απ' ευθείας πάνω στο σπίτι. Στην νότια πλευρά συνήθως υπήρχαν φυλλοβόλα δένδρα, που τον χειμώνα χωρίς φύλλα δεν εμποδίζαν τον ήλιο από το να ζεστάνει το σπίτι, αλλά το καλοκαίρι προσφέρανε όλη τους την σκιά.

Οι αρχαίοι Έλληνες δεν σταματήσανε μόνο στην χρήση φυτών για κλιματισμό. Χρησιμοποιούσαν πάνω από τις νότιες πόρτες και παράθυρα μία προέκταση της σκεπής με προσεκτικά σχεδιασμένο μέγεθος. Το μέγεθος αυτής της προέκτασης ήταν υπολογισμένο με τέτοιο τρόπο που το καλοκαίρι ο ήλιος εμποδιζόταν από το να πέσει μέσα στο σπίτι αλλά το χειμώνα που έχει χαμηλότερη τροχιά αυτή η προέκταση δεν τον εμπόδιζε απ' το να ζεσταίνει και το εσωτερικό του σπιτιού. Μία άλλη έξυπνη εναλλακτική κίνησή τους ήταν η χρήση κληματαριάς συγκεκριμένου ύψους και πλάτους.

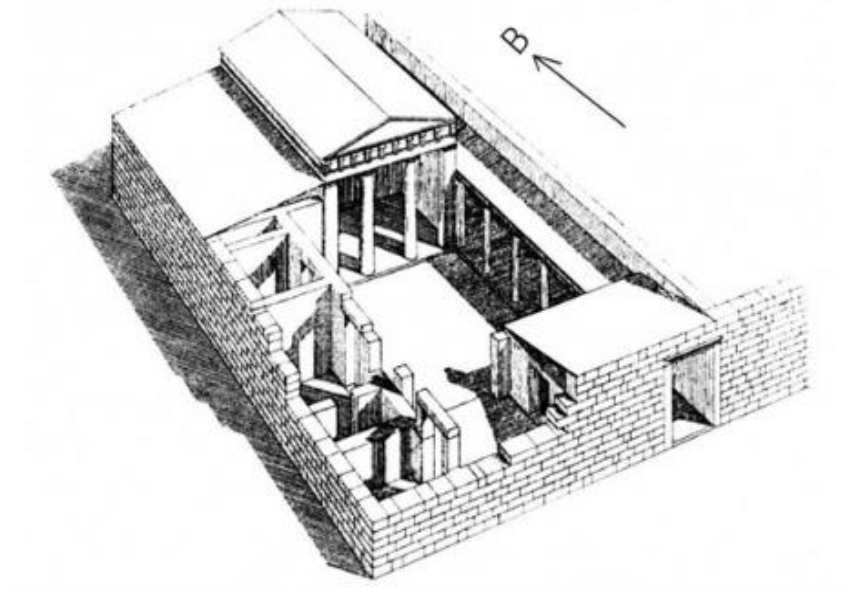
Φυσικά όπως μπορείτε να δείτε μέχρι και σήμερα στα περισσότερα παραδοσιακά Ελληνικά σπίτια, το χρώμα παραμένει λευκό! Αυτό συναντάται κυρίως στα ηλιόλουστα νησιά και χρησιμοποιείται για να ελαχιστοποιήσει την ζέστη απ' τον ήλιο. Μια παρατήρηση όσον αφορά το «λευκό» χρώμα. Η ανακλαστικότητα δεν οφείλεται μόνο στο ίδιο το λευκό χρώμα αλλά και σε επιμέρους χαρακτηριστικά εγγενή σε κάθε υλικό όπως, εκτός από το ορατό φάσμα, πόσο υπέρυθρο αντανακλά το υλικό. Αυτό μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα, διότι το υπέρυθρο φως μεταφέρει αρκετά μεγάλα ποσά ενέργειας.

Ως προς τον τύπο της αρχαίας κατοικίας, παρ' όλες τις διαφορές που υπήρχαν από τόπο σε τόπο, τα αρχαία ελληνικά σπίτια είχαν μεταξύ τους ορισμένα βασικά κοινά στοιχεία. Σχετικές πηγές πληροφοριών για μας σήμερα αποτελούν οι συνοικίες της Δήλου, της Πριήνης, της Ολύνθου, αλλά και της Πέλλας που έχουν έρθει στο φως, των οποίων οι οικίες καλύπτουν μία μεγάλη χρονικά περίοδο, έχοντας ως βασικό δομικό τους στοιχείο τη χαρακτηριστική εσωτερική αυλή, το αίθριο, τον ανοικτό δηλαδή εσωτερικό πυρήνα.

Η τυπική διάρθρωση των σπιτιών της αρχαιότητας από τα πρώιμα παραδείγματα μέχρι και τα μεταγενέστερα, με πρώτα σχετικά δείγματα τα μινωικά ανάκτορα, αφορά πρωτίστως τον πυρήνα της κεντρικής εσωτερικής αυλής, το Αίθριο δηλαδή, γύρω από το οποίο αναπτύσσεται το σπίτι. Το αρχαίο ελληνικό σπίτι είναι κατ' εξοχήν εσωστρεφές, με κάθε δυνατότητα πολυτέλειας να εξαντλείται στο εσωτερικό, ενώ το εξωτερικό παραμένει απλό και ακόσμητο με μικρά ανοίγματα για το φωτισμό. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα σπίτια των πλουσίων να μην διαφέρουν εξωτερικά από τα σπίτια των απλών αστών. Η αυλή αποτελούσε το κέντρο της ζωής της οικογένειας, χωρίς κήπο, συνήθως με κάλυψη από πέτρες ή ψηφιδωτά, λειτουργώντας ως βασική πηγή αερισμού και φωτισμού της οικίας. Μέσα στην αυλή υπήρχε συχνά το πηγάδι και πάντοτε ο βωμός -ορισμένες φορές μαρμάρινος- για την τέλεση της οικιακής λατρείας, ενώ εκεί πραγματοποιούνταν και διάφορες οικιακές εργασίες.

Από το αίθριο ξεκινούσαν και σ' αυτό ανοίγονταν κάποια από τα δωμάτια των κατοίκων, καθώς και τα δωμάτια των επισκεπτών. Η παρουσία δευτέρου ορόφου στις οικίες της κλασικής εποχής μαρτυρείται από τα κείμενα και τα αρχαιολογικά λείψανα. Στην Όλυνθο δεν είναι βέβαιο εάν ο δεύτερος όροφος κάλυπτε μία ή περισσότερες πτέρυγες της οικίας, ενώ στη Δήλο κάλυπτε συνήθως όλες τις πτέρυγες.

Γενικά ο προσανατολισμός του σπιτιού ήταν με πρόσωπο προς το νότο, μία πρακτική που περιγράφεται από τον Ξενοφώντα και τον Αριστοτέλη, γεγονός που έδινε τη δυνατότητα στην αυλή, τα βόρεια δωμάτια και τον επάνω όροφο να εκμεταλλεύονται το μέγιστο του φυσικού φωτός το χειμώνα και να αποφεύγουν τον πολύ ήλιο το καλοκαίρι, όταν ο αυτός βρίσκεται πολύ ψηλά. [11]



Σχήμα 2.1: Εφαρμογή Βιοκλιματικού Σχεδιασμού στην Αρχαία Ελλάδα [6]

2.3 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Η γενικότερη αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού θέτει ότι η Νότια πλευρά του κτιρίου πρέπει να χρησιμοποιείται για παθητική ηλιακή θέρμανση, ενώ αντίθετα η Βόρεια για προστασία από τους ανέμους και ανάσχεση της θερμότητας. Ειδικότερα, οι βασικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού σχετίζονται με την αρχιτεκτονική δομή και τον προσανατολισμό του κτιρίου καθώς και με τον περιβάλλοντα χώρο.

Πιο συγκεκριμένα:

- Καταλληλότερο σχήμα για την κατοικία είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, διότι προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για συλλογή της ηλιακής

θερμότητας τους χειμερινούς μήνες. Αντίστοιχα, η μεγαλύτερη όψη της κατοικίας και τα μεγαλύτερα ανοίγματα πρέπει να είναι προσανατολισμένα προς το νότο, ενώ αντίστοιχα στη βόρεια πλευρά του κτιρίου πρέπει να υπάρχουν συμπαγείς τοίχοι και όσο το δυνατόν μικρότερα ανοίγματα. Σε περίπτωση που το σχήμα του οικοπέδου ή άλλα εμπόδια δεν επιτρέπουν τη διαμόρφωση επιμήκους κτίσματος κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, τότε διαμορφώνεται το κτίριο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιέχει "σπαστούς" όγκους για να εξασφαλίζουν ηλιασμό το χειμώνα και οι πίσω χώροι του κτίσματος.

- Οι τοίχοι του κτιρίου πρέπει να είναι ογκώδεις και φτιαγμένοι από συμπαγή υλικά για καλύτερη προστασία από τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Αντίστοιχα, οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων (πόρτες - παράθυρα) της κατοικίας αποτελούν τον απλούστερο ηλιακό συλλέκτη.
- Προτείνονται μεγάλα ανοίγματα προς το νότο, μετρίου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη και μικρότερα ανοίγματα προς το Βορρά.
- Τα ανοίγματα της κατοικίας πρέπει να προσφέρουν διαμπερή αερισμό (κυρίως στην κατεύθυνση Βορρά-Νότο) και γι' αυτό το λόγο πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχουν βόρεια ανοίγματα στην κατοικία. Ο διαμπερής αερισμός προσφέρει φυσικό δροσισμό τους θερινούς μήνες.
- Χρειάζεται να εκμεταλλευόμαστε την θερμική αδράνεια του εδάφους όπου αυτό είναι δυνατό (π.χ. σε εδάφη με μεγάλη κλίση).
- Ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τις ανάγκες των κατοικούντων σε αυτό προσαρμόζεται και η χωροθέτηση των εσωτερικών χώρων. Έτσι, καθώς η βόρεια πλευρά του κτιρίου είναι η πιο ψυχρή και η λιγότερο φωτεινή, αυτοί οι χώροι προορίζονται για δωμάτια με ολιγόωρη χρήση (για παράδειγμα υπνοδωμάτια, τουαλέτα). Με αυτό τον τρόπο το κέρδος είναι διπλό, καθώς αφενός οι κύριοι χώροι χρήσης (π.χ. σαλόνι) τοποθετούνται στις νοτιότερες (και επομένως πιο ζεστές) μεριές του κτιρίου, αφετέρου οι δευτερεύοντες χώροι λειτουργούν ως ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους και ανάσχεσης των θερμικών απωλειών των κύριων χώρων χρήσης.
- Η μεγαλύτερη όψη του κτιρίου πρέπει να είναι προσανατολισμένη προς το νότο με απόκλιση έως 30 μοίρες (ανατολικά ή δυτικά).
- Χρειάζεται να δίνεται προσοχή στο μικροκλίμα γύρω από την κατοικία. Η βλάστηση μπορεί χρησιμοποιηθεί για ηλιοπροστασία, σκιασμό και προστασία από τους ανέμους.

Έτσι συνίσταται η φύτευση μεγάλων φυλλοβόλων δένδρων στις νότιες και δυτικές πλευρές του κτιρίου, ενώ αντίστοιχα στη βόρεια πλευρά η ύπαρξη αιθαλών δένδρων βοηθά στην ανάσχεση των χειμωνιάτικων ανέμων και παράλληλα προσφέρει δροσισμό του αέρα τους καλοκαιρινούς μήνες.

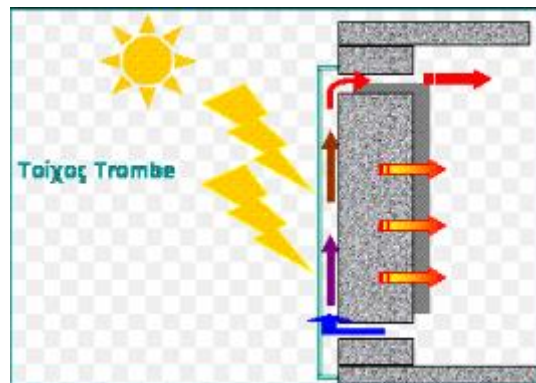
- Σε περίπτωση που υπάρχει κάποιο εμπόδιο στη νότια πλευρά του οικοπέδου, (π.χ. μια γειτονική κατοικία) το οποίο ενδεχομένως να εμποδίσει τον ηλιασμό της κατοικίας κατά τους χειμερινούς μήνες, επιλέγουμε απόσταση ανάμεσα στο εμπόδιο και την κατοικία τουλάχιστον μιάμιση φορά το ύψος του εμποδίου (εμπειρικός κανόνας).
- Η θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι, πρέπει να εξασφαλίζεται με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Η απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο πρέπει να πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός, κυρίως με τον φυσικό αερισμό τις νυχτερινές ώρες. [10]

2.3.1 Παθητικά Συστήματα

Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων αποτελούν τα παθητικά συστήματα, τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια, καθώς αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα και για παροχή φυσικού φωτισμού. Συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

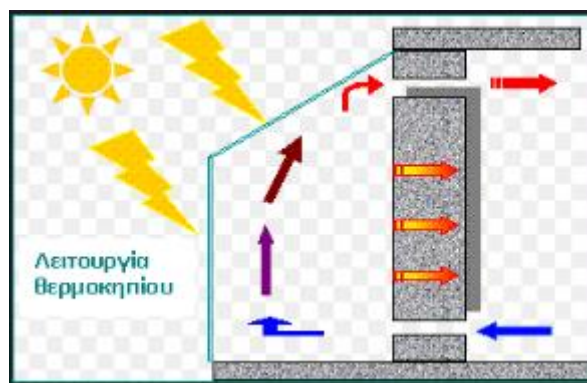
1. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης
 - Σε αυτήν την κατηγορία αναφερόμαστε σε διατάξεις άμεσου κέρδους - ανοίγματα με τζάμι. Για τις διατάξεις άμεσου κέρδους χρειάζεται η ύπαρξη μεγάλης νότιας επιφάνειας με τζάμι. Η οροφή, το δάπεδο και οι τοίχοι συλλέγουν και αποθηκεύουν την ηλιακή θερμότητα. Χρειάζεται να είναι μονωμένοι κατάλληλα για να μην έχουν θερμικές απώλειες.
 - Ένα άλλο παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης είναι ο τοίχος Trombe. Ο τοίχος Trombe είναι ένας τοίχος προσανατολισμένος προς τον ήλιο που διαχωρίζεται από το

εξωτερικό μέρος με τζάμι και κενό χώρο. Ο τοίχος απορροφά την ηλιακή ενέργεια την ημέρα και την απελευθερώνει σιγά σιγά προς το εσωτερικό μέρος του σπιτιού τη νύχτα. Υπάρχουν ανοίγματα στην κορυφή και στη βάση της μάζας του τοίχου τα οποία επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα. Έτσι, ο ψυχρός αέρας του δωματίου καθώς εισέρχεται από την κάτω μεριά του τοίχου θερμαίνεται, ανεβαίνει προς τα πάνω και επιστρέφει ζεστός στο χώρο διαβίωσης. [12]



Σχήμα 2.2: Ενεργειακός Τοίχος Trombe [7]

- Τέλος, αναφέρεται και ο ηλιακός χώρος – θερμοκήπιο και κατ' επέκταση το ηλιακό αίθριο. Ο ηλιακός χώρος είναι ένας κλειστός χώρος με γυαλί στη νότια πλευρά του κτιρίου έτσι ώστε να λειτουργεί ως "θερμοκήπιο". Ανάμεσα στον ηλιακό χώρο και στην κατοικία υπάρχει ένας τοίχος θερμικής συσσώρευσης έτσι ώστε να κρατιέται σταθερή η θερμοκρασία στον ηλιακό χώρο και στο υπόλοιπο κτίριο.



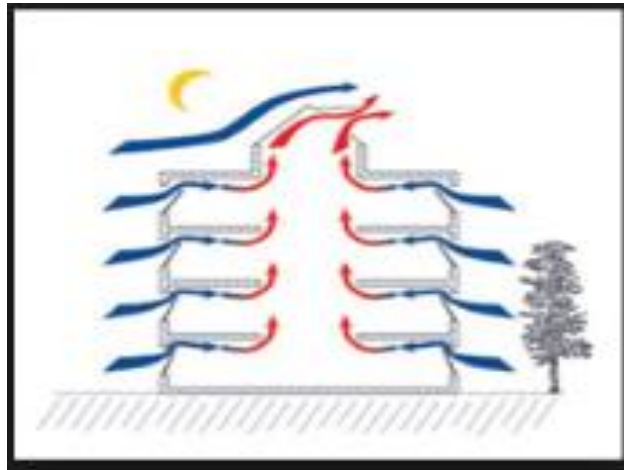
Σχήμα 2.3: Λειτουργία Θερμοκηπίου [8]

2. Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού

Ο αερισμός του κτιρίου είναι πολύ σημαντικός διότι αφενός βοηθάει στην απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας και επομένως κρατάει το κτίριο δροσερό τους θερινούς μήνες και

αφετέρου διότι είναι αναγκαία η ανανέωση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο αέρα από το περιβάλλον που είναι πλούσιος σε οξυγόνο. [13] Οι κατηγορίες συστημάτων αερισμού είναι:

- Ο πύργος (καμινάδα) αερισμού: Οι καμινάδες αερισμού έχουν κατάλληλο άνοιγμα προς την κατεύθυνση του ανέμου ώστε να συλλέγουν τα ψυχρά ρεύματα και να τα κατευθύνουν μέσα στο ζωτικό χώρο της οικίας.



Σχήμα 2.4: Καμινάδα Αερισμού [9]

- Η ηλιακή καμινάδα: Η ηλιακή καμινάδα βασίζεται στην λειτουργία της στο φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Αντί για τοίχο, έχει ένα μικρό ηλιακό τοίχο (υαλοπίνακα) στη νότια ή νοτιοδυτική πλευρά της, οπότε με τη βοήθεια του ήλιου, θερμαίνεται η εσωτερική της επιφάνεια. Ο ζεστός αέρας κατευθύνεται προς το περιβάλλον με αποτέλεσμα να ανανεώνεται με φρέσκο δροσερό αέρα η κατοικία.

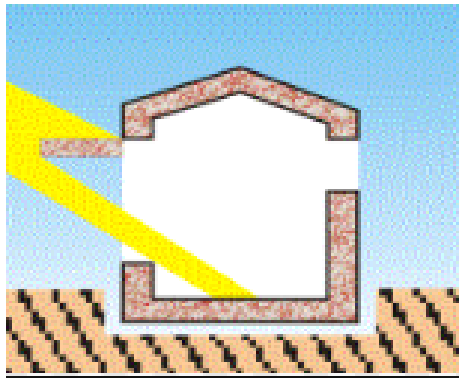


Σχήμα 2.5: Ηλιακή Καμινάδα [10]

- Ο διαμετρής αερισμός: Ο διαμετρής αερισμός είναι η πιο συνηθισμένη, καθημερινή πρακτική για το δροσισμό ενός χώρου. Απαιτεί κατάλληλα σχεδιασμένα ανοίγματα στη βόρεια και νότια πλευρά του κτιρίου, ή αν δεν είναι αυτό δυνατό, ανοίγματα στον

άξονα ανατολής-δύσης. Ο αέρας διέρχεται από τα ανοίγματα δροσίζοντας τους ενοίκους. Σημαντικό ρόλο στο διαμπερή αερισμό κατέχει η βλάστηση έξω από την οικία καθώς δροσίζει και φιλτράρει τα ρεύματα αέρα ενώ παρέχει ταυτόχρονα σκίαση.

- Επίσης, τα σκίαστρα είναι απαραίτητα για την προφύλαξη της οικίας από την ηλιακή ακτινοβολία τους θερινούς μήνες: Η ηλιοπροστασία (σκίαση) του κτιρίου, η οποία επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους και μέσα, όπως η φυσική βλάστηση, τα γεωμετρικά στοιχεία (προεξοχές) του κτιρίου, σκίαστρα μόνιμα ή κινητά, εξωτερικά ή εσωτερικά των ανοιγμάτων με κινητές περσίδες είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος σκίασμού. Συγκεκριμένα, συνιστώνται οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα για τη νότια πλευρά και κατακόρυφα εξωτερικά σκίαστρα για την ανατολική και δυτική πλευρά της κατοικίας. [12]



Σχήμα 2.6: Σκίαση Κτιρίου με Προεξοχές [11]

3. Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους.

Μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης».

Σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο: υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο, πλαίσιο, διάταξη σκίασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο). Τα συστήματα

φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, ανοίγματα οροφής, αίθρια και φωταγωγοί.

Αντίστοιχα, οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης. [14]

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα - φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων
- Ανοίγματα οροφής



Σχήμα 2.7: Τεχνική Φυσικού Φωτισμού με Ανοίγματα [12]

- Αίθρια
- Φωταγωγοί
- Ειδικοί Υαλοπίνακες
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες
- Σκίαστρα [14]



Σχήμα 2.8: Σκίαστρα [13]

2.3.2 Ενεργητικά Συστήματα

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30° - 60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δύο βασικά μέρη: το τμήμα συλλογής (οι ηλιακοί συλλέκτες, η επιφάνεια απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας) και το τμήμα αποθήκευσης (η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού) που συνήθως διαθέτει και ηλεκτρική αντίσταση με θερμοστάτη, για να μπορεί να παράγεται ζεστό νερό και σε περιόδους μικρής ή μηδενικής ηλιοφάνειας.

Μια άλλη εφαρμογή που έχει εξαπλωθεί στην Ευρωπαϊκή αγορά είναι ο συνδυασμός παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων με ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Η χρήση των συστημάτων αυτών στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες για τη θέρμανση χώρων, θεωρείται τεχνικά αλλά και οικονομικά αποδοτική, αν συνδυαστεί με την κατάλληλη μελέτη/κατασκευή του κτιρίου (καλή μόνωση, εκμετάλλευση των παθητικών ηλιακών

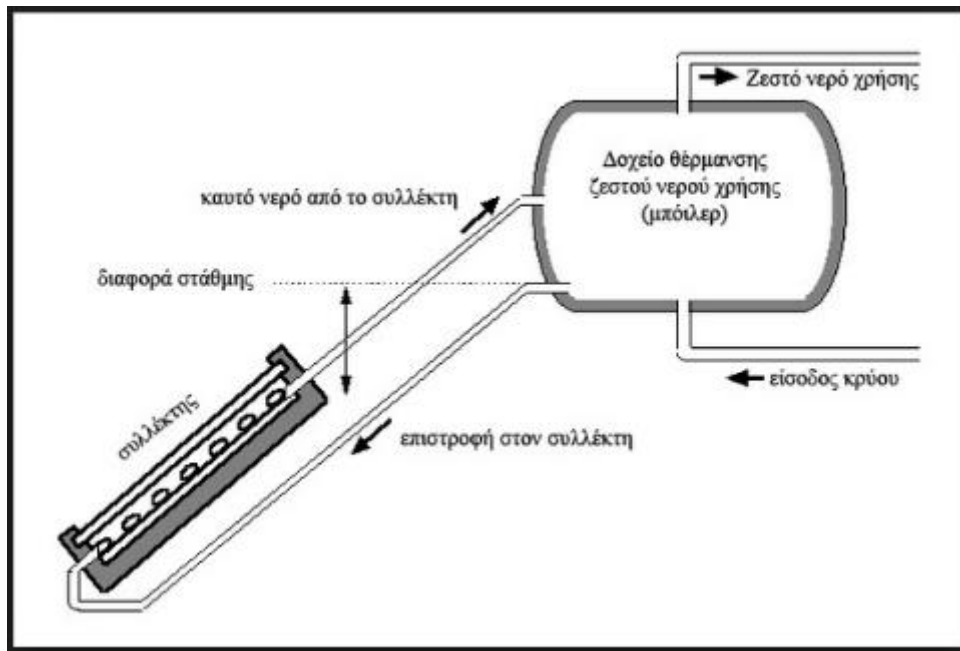
ωφελειών, κ.λπ.) και τη συνεργασία του χρήστη. Μπορεί να εξοικονομήσει συμβατική ενέργεια σε νέα ή παλιά κτίρια, στα οποία έχουν ληφθεί όλα τα εφικτά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και τη μεγιστοποίηση της οικονομικότητας της εγκατάστασης. Είναι πάντως, πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός του ηλιακού συστήματος και η προσεκτική εξέταση της οικονομικότητας της εγκατάστασης για την αποφυγή λανθασμένων επιλογών και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα διακρίνονται σε δύο είδη ανάλογα με το κύκλωμα κυκλοφορίας του θερμαινόμενου μέσου:

- Ανοικτού κυκλώματος: Απευθείας θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε).
- Κλειστού κυκλώματος: Έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα το οποίο θερμαίνει το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε χωρίς να γίνεται ανάμιξή τους, μέσω εναλλάκτη θερμότητας).

Όσον αφορά τη λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών, αυτοί τοποθετούνται σε σημείο που βλέπει το νότο. Η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στη μαύρη, μεταλλική συνήθως, επίπεδη επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται. Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα, συνήθως από γυαλί ή πλαστικό, που αφήνει τις ακτίνες του ήλιου να περάσουν αλλά εμποδίζει τη θερμότητα να διαφύγει. Οι σωληνώσεις μέσα από τις οποίες κυκλοφορεί το ρευστό βρίσκονται σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια με αποτέλεσμα την μεταφορά θερμότητας στο ρευστό.

Το πιο απλό και διαδομένο ηλιακό ενεργητικό σύστημα είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Η αρχή λειτουργίας του είναι απλή και βασίζεται στο γεγονός ότι το νερό που θερμαίνεται στο συλλέκτη διαστέλλεται και γίνεται ελαφρύτερο από το χαμηλότερης θερμοκρασίας νερό της δεξαμενής. Αυτή η διαφορά πυκνότητας του νερού έχει ως αποτέλεσμα τη φυσική κυκλοφορία του μέσου του συλλέκτη και τη μεταφορά του θερμού νερού στην αποθηκευτική δεξαμενή. Την ίδια στιγμή το κρύο νερό της δεξαμενής ωθείται προς το συλλέκτη. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη φυσική κυκλοφορία του νερού είναι η τοποθέτηση της δεξαμενής σε σημείο ψηλότερο από τους συλλέκτες. Σε περίπτωση που βρίσκεται χαμηλότερα, η κυκλοφορία του νερού γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλου αυτοματισμού. [12]



Σχήμα 2.9: Λειτουργία Ηλιακού Θερμοσίφωνα [14]

2.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (κατοικιών και γραφείων), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά, ή γρήγορα θα εξαντληθούν.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1973 και παγιώθηκε την

επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές. Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ΑΠΕ), ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια. [15]

Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, αφού ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια, δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης

των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία, από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών.

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως, λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση με την οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου επιδιώκεται το 20% των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια να καλύπτεται από εναλλακτικές πηγές μέχρι το 2020. [15]



Σχήμα 2.10: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας [15]

2.4.1 Αιολική Ενέργεια

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Γενικά, αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζεται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200 – 400kW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή – και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες – για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο».

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά, ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις. [15]

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13,6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας.

Η περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας αν και έχει μικρότερο αιολικό δυναμικό σε σύγκριση με άλλες περιοχές, διαθέτει ένα ισχυρό ηλεκτρικό δίκτυο και το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη ανεμωδών «νησίδων» (λόφοι, υψώματα κλπ. με εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό) την καθιστούν ενδιαφέρουσα για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων.

Αιολικά πάρκα υπάρχουν και σε πλήθος νησιών, όπως το Αιολικό Πάρκο «Μανολάτη - Ξερολίμπα» του Δ.Δ. Διλινάτων Δήμου Αργοστολίου στην Κεφαλονιά. Στο ίδιο νησί έχουν ήδη δημιουργηθεί δύο ακόμη αιολικά πάρκα: το Αιολικό Πάρκο "Αγία Δυνατή" του Δήμου Πυλαρέων, και το Αιολικό Πάρκο "Ημεροβίγλι" στα διοικητικά όρια των Δήμων Αργοστολίου και Πυλαρέων. Με τη λειτουργία των τριών αιολικών πάρκων ο Νομός Κεφαλληνίας τροφοδοτεί το δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας με σύνολο 75,6 MW ηλεκτρικής ισχύος. Επιπλέον, σε διαδικασία αδειοδότησης βρίσκονται πέντε ακόμη μονάδες. Οι ανάγκες του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια και σε περίοδο αιχμής (Αύγουστος) ανέρχονται σε 50MW. Η αντιστοιχία μεταξύ της ισχύος που αποδίδει η Κεφαλονιά στο δίκτυο και της ισχύος που καταναλώνει είναι εξαιρετικά ενθαρρυντική για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας και σε πολλά ακόμη νησιά της επικράτειας. [15]



Σχήμα 2.11: Αιολικό Πάρκο [16]

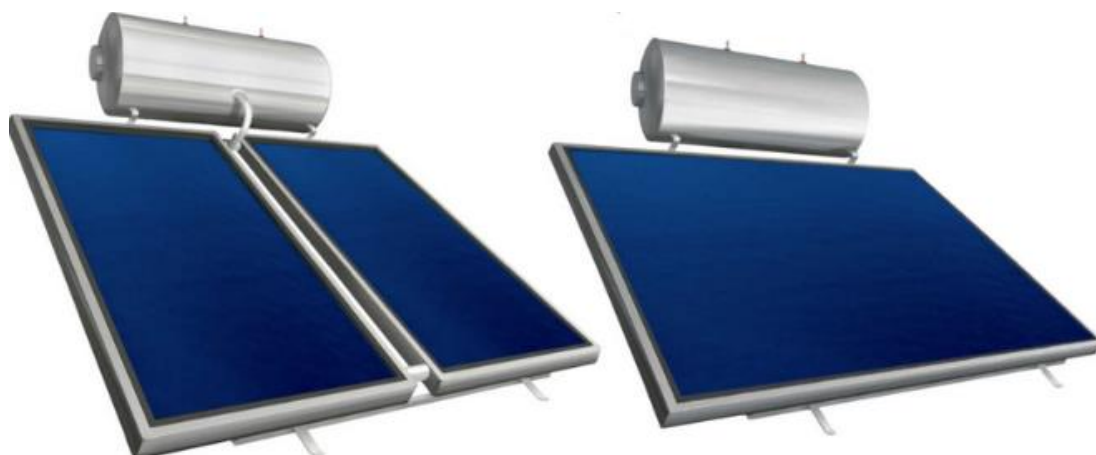
2.4.2 Ηλιακή Ενέργεια – Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι το φως, ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή ηλιοθερμικά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες, όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό, όπως το νερό για παράδειγμα. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω ηλιακών συλλεκτών, σκουρόχρωμων δηλαδή επιφανειών καλά προσανατολισμένων στον ήλιο, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με νερό και του μεταδίδουν μέρος της θερμότητας που παρέλαβαν. Το παραγόμενο ζεστό νερό χρησιμοποιείται για απλή οικιακή ή πιο σύνθετη βιομηχανική χρήση, τελευταία δε ακόμη και για τη θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω κατάλληλων διατάξεων. [16]



Σχήμα 2.12: Ηλιακοί Συλλέκτες [14]

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων.

Όλοι έχουμε συναντήσει φωτοβολταϊκά συστήματα σε μικρούς υπολογιστές και ρολόγια. Πρόκειται για συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και που, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Δορυφόροι, φάροι και απομονωμένα σπίτια χρησιμοποιούν παραδοσιακά τα φωτοβολταϊκά για την ηλεκτροδότησή τους. Στην Ελλάδα, η προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των Φ/Β συστημάτων είναι τεράστια, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από Φωτοβολταϊκά έχει ένα τεράστιο πλεονέκτημα, διότι αποδίδει την μέγιστη ισχύ της κατά τη διάρκεια της ημέρας που παρουσιάζεται η μέγιστη ζήτηση. [16]

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία. [17]

Στο εμπόριο διατίθενται φωτοβολταϊκά πάνελ – τα οποία δεν είναι παρά πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους, επικαλυμμένα με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτισμένα σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο – σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν. Έτσι, ένα πάνελ 36 κυψελών μπορεί να έχει ονομαστική ισχύ 70-85 W, ενώ μεγαλύτερα πάνελ μπορεί να φτάσουν και τα 200 W ή και παραπάνω.

Εκτός από το πυρίτιο χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όπως το Κάδμιο - Τελλούριο (CdTe) και ο ινδοδισεληνιούχος χαλκός. Σε αυτές τις κατασκευές, η μορφή του στοιχείου διαφέρει σημαντικά από αυτή του κρυσταλλικού πυριτίου, και έχει συνήθως τη μορφή λωρίδας πλάτους μερικών χιλιοστών και μήκους αρκετών εκατοστών. Τα πάνελ συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από 2 έως και αρκετές εκατοντάδες φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό οι πρώτες χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης («κομπιουτεράκι») και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές – οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση (κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.) που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).

Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία, που σχεδιάστηκαν τον 19ο αιώνα, δεν είχαν παρά 1-2% απόδοση, ενώ το 1954 τα εργαστήρια Bell Laboratories δημιούργησαν τα πρώτα Φ/Β στοιχεία πυριτίου με απόδοση 6%. Στην πορεία του χρόνου όλο και αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης: η αύξηση της απόδοσης, έστω και κατά μια ποσοστιαία μονάδα, θεωρείται επίτευγμα στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Στην σημερινή εποχή ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βρίσκεται στο 13 – 19%, ο οποίος, συγκρινόμενος με την απόδοση άλλου συστήματος (συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.), παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλός. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε ηλιοστάτη. Οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400-1800 kWh. [18]



Σχήμα 2.13: Φωτοβολταϊκό Πάρκο [15]

2.4.3 Υδραυλική Ενέργεια

Υδραυλική και εν μέρει υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που αποταμιεύεται ως δυναμική ενέργεια μέσα σε βαρυτικό πεδίο με τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε υψομετρική διαφορά από τη συνέχιση της ροής του ελεύθερου νερού, και αποδίδεται ως κινητική μέσω της υδατόπτωσης. Η κινητική ενέργεια, στη συνέχεια, μπορεί είτε να χρησιμοποιείται αυτούσια επιτόπου (π.χ. νερόμυλοι), είτε να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή άλλες, που την αποθηκεύουν, ώστε τελικά να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις. Στον γήινο κύκλο του νερού η ενέργεια προέρχεται κυρίως από τον ήλιο που εξατμίζει, σηκώνει ψηλά δηλαδή (στην ατμόσφαιρα), μεγάλες ποσότητες νερού. Η εκμετάλλευση της ενέργειας στον κύκλο αυτό γίνεται με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρες, φράγματα, κλειστοί αγωγοί πτώσεως, υδροστρόβιλοι, ηλεκτρογεννήτριες, διώρυγες φυγής).

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. [15]

Η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας καθορίζεται από τον όγκο του νερού που ρέει, τη διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στρόβιλου, κ.α.. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτόν μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις,

πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως, η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής. Στην Ελλάδα η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 9% των ενεργειακών μας αναγκών σε ηλεκτρισμό.

Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ό,τι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

- Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα καθώς μεταβάλλει ριζικά τη μορφολογία της περιοχής.
- Αντίθετα, τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Κατά τη λειτουργία τους, μέρος της ροής ενός ποταμού οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας και συνακόλουθα ηλεκτρικής μέσω της γεννήτριας. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού κατόπιν επιστρέφει στο φυσικό ταμιευτήρα ακολουθώντας τη φυσική της ροή.

Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90%, και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των υδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα και την τεχνολογική ωριμότητα των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόζευξης στο δίκτυο, ή η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής, ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η

ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού (ύδρευσης, άρδευσης, κλπ.), η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις, κ.α. [15]

Εξ' ορισμού, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, που μπορεί να συμβάλει ακόμη και στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας στα ανάντη των μικρών Ταμιευτήρων. Το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.



Σχήμα 2.14: Υδροηλεκτρικός Σταθμός [17]

2.4.4 Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό που παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το καύσιμο βιομάζας είναι γνωστό στην Ελλάδα κι ως πέλετ. [19]

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. [15]

Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια) είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα, που είναι άφθονα στη φύση.

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί οτι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και/ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα

χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό.

Οι κύριες εφαρμογές με καύσιμο βιομάζα είναι:

- Θέρμανση θερμοκηπίων : Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες : Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες : Βιομάζα για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιοί και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου : Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
- Τηλεθέρμανση : είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια .
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ): Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες τις διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (πχ θέρμανση κτιρίων). [12]

Στην Ελλάδα υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα pellets βιομάζας καθώς λειτουργούν 5 εργοστάσια παραγωγής πελλετών, ενώ εντός του 2010 άρχισε παραγωγή και ένα έκτο στο Νευροκόπι που είναι και το μεγαλύτερο στη χώρα.



Σχήμα 2.15: Βιομάζα [18]

2.4.5 Γεωθερμία

Γεωθερμία, ή Γεωθερμική Ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Όπως προκύπτει από τα ηφαίστεια, τις θερμές πηγές και από μετρήσεις σε γεωτρήσεις, το εσωτερικό της γης βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία, η οποία υπερβαίνει τους 5000 °C στον πυρήνα. Η θερμότητα αυτή που περιέχεται στο εσωτερικό της γης είναι τόσο μεγάλη, ώστε μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά ανεξάντλητη μορφή ενέργειας για τα ανθρώπινα μέτρα.

Όσο προχωράμε βαθύτερα από την επιφάνεια της γης προς τον πυρήνα, παρατηρούμε αύξηση της θερμοκρασίας με το βάθος η οποία ονομάζεται γεωθερμική βαθμίδα. Κοντά στην επιφάνεια της γης η γεωθερμική βαθμίδα έχει μέση τιμή περίπου 30 °C/ k m. Σε μερικές περιοχές, είτε λόγω ηφαιστειότητας σε πρόσφατη γεωλογική περίοδο, είτε λόγω ανόδου ζεστού νερού από μεγάλα βάθη μέσω ρηγμάτων, η γεωθερμική βαθμίδα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση γήινη, με αποτέλεσμα σε μικρό σχετικά βάθος να απαντώνται υδροφόροι ορίζοντες που περιέχουν νερό ή ατμό υψηλής θερμοκρασίας. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται γεωθερμικά πεδία, και εκεί η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας είναι εξαιρετικά συμφέρουσα. Τέτοιες περιοχές στη χώρα μας είναι τα ηφαιστειακά νησιά του Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη, Λέσβος, Σαμοθράκη, κ.ά.), πολλές περιοχές στη

Μακεδονία και τη Θράκη (Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο, Νέο Εράσμιο, Νέα Κεσσάνη, Τυχερό Έβρου κ.α), καθώς και στη γειτονιά κάθε μιας από τις 56 θερμές πηγές που υπάρχουν στη χώρα μας.

Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις:

- Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια 12×10^6 kWh/yr.
- Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού. [15]

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν:

- ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90$ °C),
- θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ για $\theta > 60$ °C, με αερόθερμα για $\theta > 40$ °C, με ενδοδαπέδιο σύστημα ($\theta > 25$ °C))
- ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60$ °C, ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30$ °C)
- θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25$ °C), ή και για προστασία έναντι του παγετού
- ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15$ °C) επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους
- βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60$ °C), ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κλπ
- θερμά λουτρά για $\theta = 25-40$ °C.

Εκτός από τα γεωθερμικά πεδία, η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμότητας πετρωμάτων μικρού βάθους, καθώς και υπόγειων ή και επιφανειακών υδάτων χαμηλής θερμοκρασίας για θέρμανση και κλιματισμό. Η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνει σωλήνα μεγάλου μήκους και μικρής διαμέτρου τοποθετημένης εντός του εδάφους, είτε εντός

γεωτρήσεων και η οποία αποτελεί τον υπόγειο εναλλάκτη θερμότητας, σε συνδυασμό με υδρόψυκτη αντλία θερμότητας η οποία παρέχει θέρμανση ή ψύξη στο κτήριο. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας καταναλώνουν το 1/4 του ηλεκτρικού ρεύματος από μια ηλεκτρική αντίσταση και το 1/2 από ένα κλιματιστικό. Εάν υπολογιστεί το κόστος ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του συστήματος, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας στοιχίζουν λιγότερο από ένα σύστημα που καταναλώνει πετρέλαιο ή φυσικό αέριο.

Μελλοντικά, η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας θα γίνεται από θερμά ξηρά πετρώματα, τα οποία βρίσκονται παντού σε βάθη από 3-5 km, μέσω τεχνητής κυκλοφορίας νερού θερμοκρασίας έως 150 °C.



Σχήμα 2.16: Εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας [19]

2.4.6 Ενέργεια των Ωκεανών

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

- από τα κύματα: η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέφει την τουρμπίνα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κ. ά.

- από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες): η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιρροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νέας Σκωτίας.
- από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού: Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C. [20]

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.



Σχήμα 2.17: Εκμετάλλευση Ενέργειας Ωκεανών [20]

2.5 Συστήματα Θερμικής Προστασίας του Κελύφους

Η θερμική προστασία στο κτίριο αφορά στη μείωση των ανταλλαγών θερμικής ενέργειας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος, δηλαδή σε τεχνικές εφαρμοζόμενες στο κτιριακό κέλυφος, οι οποίες μειώνουν τις απώλειες θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον τους ψυχρούς μήνες, ενώ τους θερμούς μήνες μειώνουν την είσοδο της θερμότητας προς το κτίριο. Η σημαντικότερη τεχνική θερμικής προστασίας του κτιρίου είναι η θερμομόνωση του κελύφους, η οποία αφορά τόσο στο αδιαφανές κτιριακό κέλυφος (εξωτερική τοιχοποιία, οροφές, δάπεδα, κουφώματα) όσο και στα διαφανή στοιχεία στοιχεία του (υαλοπίνακες). [21]

2.5.1 Θερμομονωτικά Υλικά

Η θερμομόνωση, η οποία συνιστάται από ένα σύνολο κατασκευαστικών-δομικών στοιχείων (υλικών και συστημάτων) αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος. Με τη θερμομόνωση επιδιώκεται να μειωθεί η ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τα δομικά στοιχεία που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας. Πρακτικά, ένα κτήριο με επαρκή θερμομόνωση διατηρεί τις επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Η θερμομονωτική επάρκεια του κτιρίου εξαρτάται από τη θερμομονωτική ικανότητα των επί μέρους δομικών του στοιχείων. Απαιτήσεις θερμομόνωσης έχουν τόσο τα αδιαφανή (τοιχοί, οροφές, δάπεδα) όσο και τα διαφανή (ανοίγματα) δομικά στοιχεία. Για τα ανοίγματα υπάρχουν επιπρόσθετες ιδιότητες που επηρεάζουν την ενεργειακή τους απόδοση. [21]

Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον (αντίστροφα το καλοκαίρι) επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα

παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη). Τα πιο συνηθισμένα είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη, η διογκωμένη πολυστερίνη, ο υαλοβάμβακας, η πολυουρεθάνη, το αφρώδες γυαλί, τα περλιτοειδή, ο πετροβάμβακας, ο φελλός, το PVC, το κυψελωτό σκυρόδεμα, τα θερμομονωτικά τούβλα και οι πλάκες περλιτούαλου. Πιο δημοφιλής σήμερα και στη χώρα μας είναι η διογκωμένη πολυστερίνη, η εξηλασμένη πολυστερίνη, ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας.

Η χρήση της διογκωμένης πολυστερίνης εξαιτίας της αυξημένης ελαστικότητας του υλικού της, μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης ρωγμών στα επιχρίσματα εξαιτίας των συστολών και διαστολών των υλικών και των δομικών στοιχείων και των κρουστικών σοκ. Παράλληλα, η διογκωμένη πολυστερίνη δε μεταβάλλει το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητάς της στο χρόνο, με αποτέλεσμα να παρέχει αξιόπιστη θερμομόνωση για όλα τα χρόνια λειτουργίας του κτιρίου. Επιπλέον, έχει μικρό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, με αποτέλεσμα να αναπνέει καλύτερα το κτίριο και η πιθανή υγρασία να μπορεί να εξατμιστεί. Η εξηλασμένη πολυστερίνη, από την άλλη πλευρά, διαθέτει σχεδόν μηδενική απορροφητικότητα σε υγρασία, έχει πολύ μεγάλη αντοχή σε συμπίεση και μεγαλύτερο θερμομονωτικό συντελεστή σε σχέση με τη διογκωμένη πολυστερίνη.

Ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας, από την άλλη πλευρά, είναι υλικά ινώδους μορφής, που αποτελούν μια καλή θερμομονωτική λύση, υπό την προϋπόθεση ότι προστατεύονται καταλλήλως από τη διείσδυση υγρασίας, η οποία είναι πιθανό να μειώσει το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των υλικών. Επίσης, τα δυο αυτά υλικά διαθέτουν μεγάλη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, πυραντοχή και ηχοαπορροφητικότητα. Σε σχέση με την πολυστερίνη, τα υλικά αυτά έχουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής και πιο οικολογικό χαρακτήρα, καθώς καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή τους και απελευθερώνουν μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα.

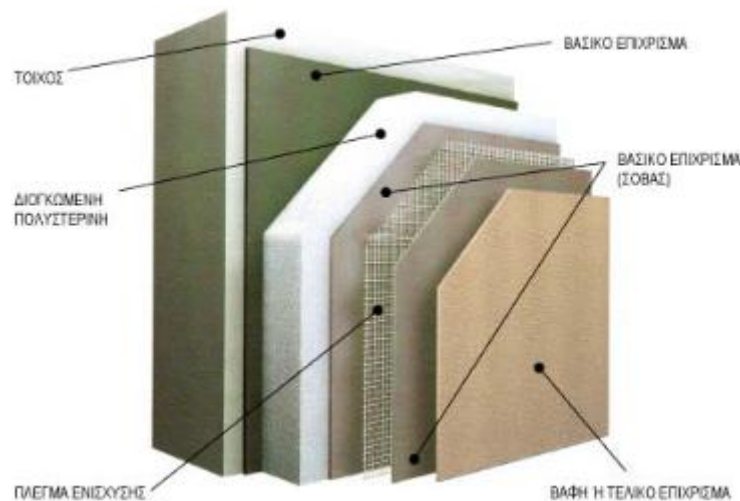
Η θερμική αντίσταση και, συνεπώς, η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του.

Γενικώς, συνιστάται τα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Η τοποθέτησή της όμως εξαρτάται από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη χρήση (ωράριο λειτουργίας) των χώρων.

Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο με την απαιτούμενη από τους ισχύοντες κανονισμούς θερμομόνωση, καλύπτει γενικά τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη

κτιρίου, αρκεί να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών.

Η θερμομόνωση του κτιρίου συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφ' όσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα. [22]



Σχήμα 2.18: Κατασκευαστική Δομή Τοίχου με Θερμομόνωση [21]

2.5.2 Υαλοπίνακες Χαμηλής Εκπομπής (Low-Emissivity)

Τα παράθυρα των κτιρίων συντελούν σε ένα μεγάλο ποσοστό στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων γιατί μέσω αυτών μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων.

Τα παράθυρα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και κουφώματα με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες, οι οποίες μπορεί να επιφέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε κτίρια κακής κατασκευής ή παλαιά.

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά-περιβαλλοντικά και οικονομικά.

Η ικανότητα ενός υλικού να εκπέμπει ενέργεια ονομάζεται εκπομπή (emissivity). Όλα τα υλικά εκπέμπουν θερμότητα με τη μορφή μεγάλου μήκους κύματος, υπέρυθρη ενέργεια, εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία τους. Η μείωση της εκπομπής ενός παραθύρου μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις μονωτικές του ιδιότητες. Οι χαμηλής εκπομπής θερμότητας (Low-E) διπλοί υαλοπίνακες αποτελούνται από δύο κομμάτια γυαλιού εκ των οποίων το ένα γυαλί περιέχει σχεδόν αόρατη σύνθεση μεταλλικών στοιχείων, την αποκαλούμενη χαμηλής εκπομπής επίστρωση. Η επίστρωση αυτή επιτυγχάνεται όταν υποστεί το γυαλί ειδική επεξεργασία με ένα αόρατο μέταλλο, ή μεταλλική επίστρωση οξειδίου, δημιουργώντας έτσι μια επιφάνεια που αντανακλά τη θερμότητα, ενώ παράλληλα επιτρέπει στο φως να περάσει από μέσα του. Η θερμότητα που περνάει μέσα από γυάλινο παράθυρο μετρείται από τον U-παράγοντα, ή το υπεριώδες φως. Όσο πιο χαμηλός είναι αυτός ο παράγοντας, τόσο πιο αποδοτικό είναι το γυαλί. Η ακτινοβολία αυτή που περνάει μέσα από τα τζάμια είναι υπεύθυνη για τη θερμότητα στο εσωτερικό των κτιρίων. Λόγω αυτής της ενέργειας, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, παρατηρείται υψηλή λειτουργία των μηχανημάτων κλιματισμού, έτσι ώστε να διατηρούνται δροσεροί οι εσωτερικοί χώροι. Συνεπώς, όλες οι επιστρώσεις ενός τέτοιου υαλοπίνακα Low-E έχουν αναπτυχθεί για να ελαχιστοποιηθεί η ποσότητα του υπέρυθρου φωτός που περνάει μέσα από το γυαλί, χωρίς να μειώνεται η ποσότητα του ορατού φωτός που μεταδίδεται.

Στους ενεργειακούς υαλοπίνακες τοποθετείται ανάμεσα στα διπλά τζάμια φυσικό αέριο, συνήθως Αργό, ή Ξένο. Το Αργό, που χρησιμοποιείται κατά κόρον, ανήκει στα βαρέα, ευγενή αέρια και είναι χημικά αδρανές, συνεπώς ανίκανο να σχηματίσει ενώσεις. Επειδή είναι βαρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα, καταστέλλει την κίνηση του αερίου εσωτερικά του αεροθάλαμου, γι' αυτό και δεν μεταφέρει τη θερμότητα από τον ένα υαλοπίνακα στον άλλον. [19]



Σχήμα 2.19: Δομή Ενεργειακού Υαλοπίνακα [22]

Ενδεικτικά, ο απλός υαλοπίνακας έχει συντελεστή εκπομπής 0.84, δηλαδή το 84% της ακτινοβολίας που προσκρούει στην επιφάνειά του, απορροφάται, και ανακλάται μόνο το 16%. Αντίθετα, τα τζάμια χαμηλής εκπομπής έχουν συντελεστή 0.04, το οποίο σημαίνει ότι μόνο το 4% της προσκρουόμενης ακτινοβολίας απορροφάται και το υπόλοιπο ανακλάται.

Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν τα παράθυρα με διπλά, ενεργειακά τζάμια λόγω μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, παρουσιάζουν και μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως: μειώνουν την ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης, αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους, αλλά και μειώνουν το θόρυβο.



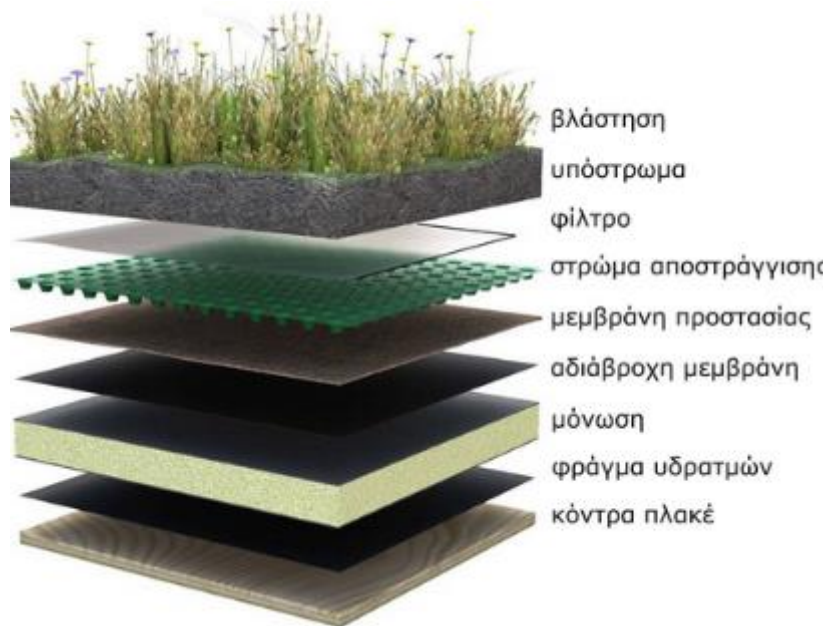
Σχήμα 2.20: Λειτουργία Ενεργειακού Υαλοπίνακα [22]

2.5.3 Φυτευτό Δώμα

Το φυτευμένο δώμα αποτελεί τεχνική θερμικής προστασίας του κτιρίου τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι. Συνεισφέρει στη θερμομόνωση του κτιρίου, λόγω των υλικών από τα οποία αποτελείται (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών, συνδυαζόμενο, βέβαια με κατάλληλα θερμομονωμένη και υγραμονωμένη κατασκευή της οροφής). Το καλοκαίρι εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στο κτιριακό κέλυφος, μέσω της σκιάς που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνειά του. Επίσης, τα φυτά συνεισφέρουν με την εξάτμιση από τα φύλλα τους (εξατμισοδιαπνοή) στην εξατμιστική ψύξη της οροφής. Γενικά, το φυτευμένο δώμα συνεισφέρει στη δημιουργία ήπιων συνθηκών στους χώρους πάνω από τους οποίους τοποθετείται, προσφέρει προστασία από ακραίες θερμοκρασίες και την υπεριώδη ακτινοβολία, αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής της μόνωσης. Τόσο η κατασκευή του, όσο και η επιλογή των φυτών πρέπει να εξαρτάται από το είδος της οροφής, αλλά και από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Σημαντικό πλεονέκτημα των φυτευμένων δωμαίων είναι η ηχομόνωση. Ο ανακλώμενος ήχος στην επιφάνειά του απορροφάται από τα φυτά, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ηχορύπανση στην πόλη και την κατοικία. Τέλος, βελτιώνει τις περιβαλλοντικές συνθήκες του κτιρίου, αφού αυξάνονται οι χώροι πράσινου στην πόλη, μειώνονται οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και αυξάνεται η παραγωγή οξυγόνου μέσω της φωτοσύνθεσης και της εξατμισοδιαπνοής των φυτών.

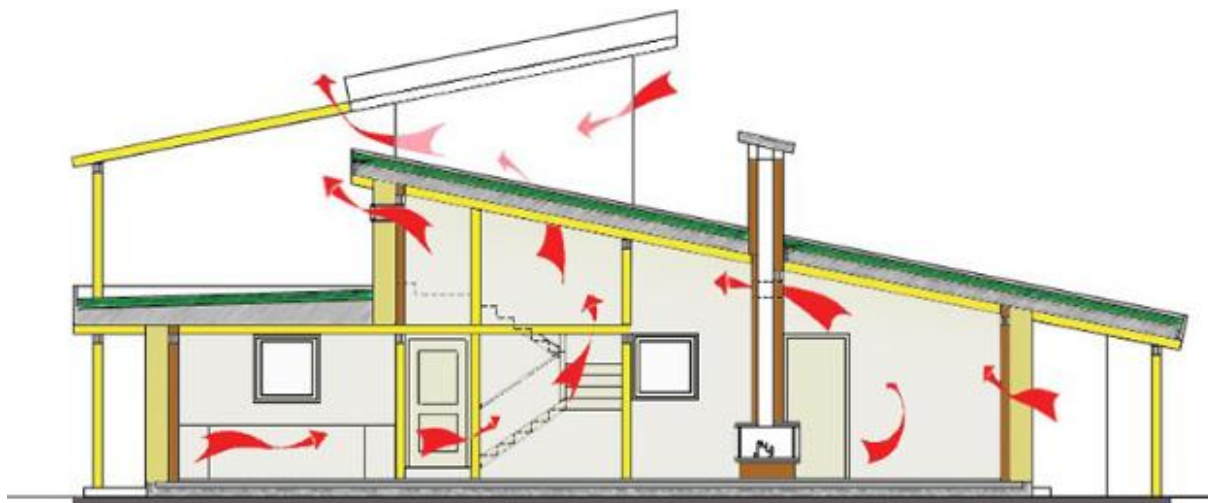
Εκτός της οροφής μπορεί να υπάρχουν φυτεμένοι τοίχοι, οι οποίοι επίσης συνεισφέρουν τόσο στο φυσικό δροσισμό του κτιρίου όσο και στη βελτίωση του μικροκλίματος. Παρακάτω φαίνεται η δομή ενός τέτοιου φυτευτού δώματος. [21]



Σχήμα 2.21: Κατασκευαστική Δομή Φυτευτού Δώματος [23]

2.5.4 Αεριζόμενο Κέλυφος

Το αεριζόμενο κέλυφος είναι κατασκευή διπλού κελύφους στην οροφή ή/και στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, μέσα στην οποία κυκλοφορεί ο αέρας του εξωτερικού χώρου. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, συνεισφέρει τόσο στη σκίαση του περιβλήματος και, συνεπώς, στη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου, όσο και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο του κελύφους. Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, καθώς ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού και, μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Η κατασκευή αυτή βέβαια, προϋποθέτει να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους. [21]



Σχήμα 2.22: Αεριζόμενο Κέλυφος [24]

3. Δικαστικά Μέγαρα

3.1 Γενικά Στοιχεία

Τα δικαστήρια διακρίνονται κυρίως στα πολιτικά και ποινικά. Ο Άρειος Πάγος ως ανώτατο δικαστήριο και των δύο κατηγοριών δικάζει ως ακυρωτικό πλην εξαιρετικών περιπτώσεων που δικάζει επί της ουσίας.

Τα δικαστήρια συνεδριάζουν εντός των καταστημάτων τους και στις αίθουσες ειδικά διαμορφωμένες, εκτός των Ειρηνοδικείων που μπορούν και στο ύπαιθρο (στον επίμαχο τόπο, επί προσωρινών μέτρων). Επίσης κατά το Σύνταγμα οι συνεδριάσεις των δικαστηρίων είναι δημόσιες, εκτός κι αν η δημοσιότητα καθίσταται επιβλαβής στα χρηστά ήθη ή στην κοινή τάξη ή για εθνικούς λόγους οπότε και εκδίδεται η γνωστή σχετική απόφαση "κεκλεισμένων των θυρών".



Σχήμα 3.1: Άρειος Πάγος [25]

3.2 Δομή και Λειτουργία Δικαστηρίων

Προς απονομή της πολιτικής δικαιοσύνης υφίστανται τα εξής Πολιτικά Δικαστήρια:

- Τα Ειρηνοδικεία
- Τα Πρωτοδικεία (μονομελή και πολυμελή)
- Τα Εφετεία
- Ο Άρειος Πάγος

Την ποινική διαδικασία ασκούν τα εξής Ποινικά Δικαστήρια:

- Τα Πταισματοδικεία

- Τα Πλημμελειοδικεία (μονομελή και τριμελή)
- Τα Δικαστήρια Ανηλίκων
- Τα Μικτά Ορκωτά Δικαστήρια
- Τα Εφετεία (τριμελή και πενταμελή)
- Τα Μικτά Ορκωτά Εφετεία
- Ο Άρειος Πάγος.

Τέλος άλλα δικαστήρια είναι τα Διοικητικά Δικαστήρια που εκδικάζουν διοικητικές διαφορές. Αυτά είναι τα εξής:

- Τα Διοικητικά Πρωτοδικεία (μονομελή και τριμελή)
- Τα Διοικητικά Εφετεία
- Το Συμβούλιο της Επικρατείας
- Το Ελεγκτικό Συνέδριο

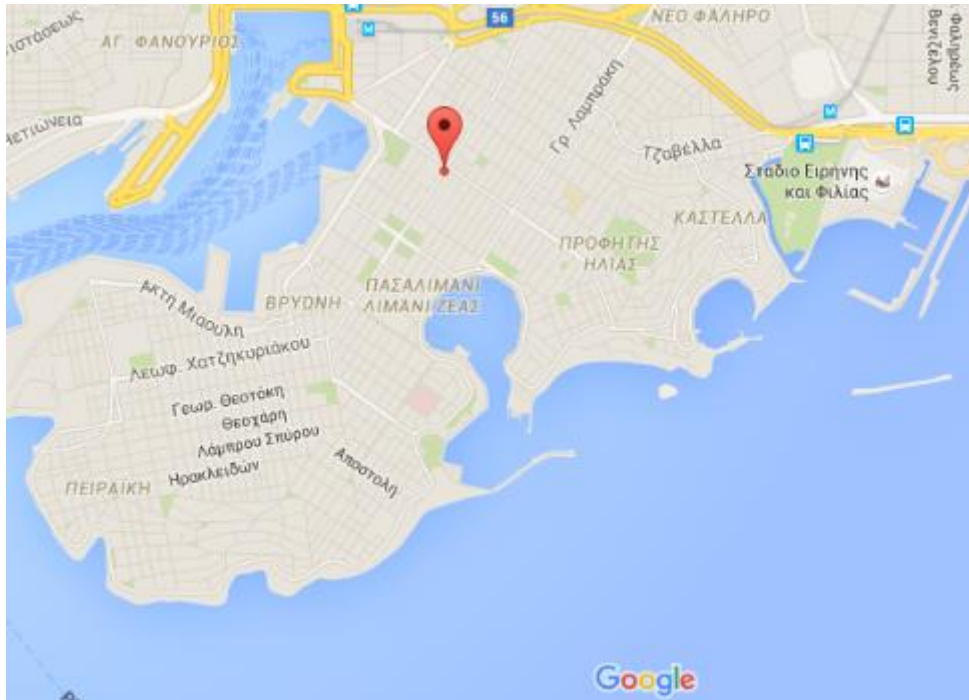
Εξαιρετική ποινική δικαιοδοσία έχουν τα Στρατιωτικά Δικαστήρια (Στρατοδικείο, Ναυτοδικείο, Αεροδικείο) καθώς και τα Ειδικά δικαστήρια, όπως για Υπουργούς (Υπουργοδικείο) κ.α. Ο Άρειος Πάγος, το Συμβούλιο της Επικρατείας και το Ελεγκτικό Συνέδριο αποτελούν τα ανώτατα δικαστήρια της Ελλάδας. [23]

Το δικαστικό έτος αρχίζει στις 16 Σεπτεμβρίου και λήγει στις 15 Σεπτεμβρίου του επόμενου έτους. Οι δικαστικές διακοπές αρχίζουν την 1 Ιουλίου και λήγουν στις 15 Σεπτεμβρίου. Κατά την περίοδο των δικαστικών διακοπών συγκροτούνται ένα ή περισσότερα τμήματα, ανάλογα με τις ανάγκες του δικαστηρίου ή της εισαγγελίας. Προκειμένου περί ειρηνοδικείων ή πταισματοδικείων, τα τμήματα των διακοπών συγκροτούνται για όλη την περιφέρεια του οικείου πρωτοδικείου από τους ειρηνοδίκες και πταισματοδίκες που υπηρετούν σ' αυτά και οι οποίοι αναπληρώνονται αμοιβαία. Η κατάρτιση των τμημάτων των διακοπών των ειρηνοδικών και πταισματοδικών γίνεται στα μεν ειρηνοδικεία και πταισματοδικεία της περιφέρειας των Πρωτοδικών Αθήνας, Θεσσαλονίκης και Πειραιά από τις ολομέλειες των ειρηνοδικείων και πταισματοδικείων της έδρας και στα υπόλοιπα από τις ολομέλειες των οικείων πρωτοδικείων. [24]

Μεγάλα Δικαστικά Μέγαρα λειτουργούν σε ολόκληρη την Ελλάδα. Αναφέρονται ενδεικτικά της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης, του Πειραιά, της Βέροιας, της Λευκάδας, κ.ά. Πρόσφατα κατασκευάστηκαν και στην Ηγουμενίτσα, την Κέρκυρα και τη Σπάρτη.

3.3 Περιγραφή του μελλοντικού Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

Το υπό μελέτη κτίριο, το οποίο προορίζεται να γίνει το νέο Δικαστικό Μέγαρο του Πειραιά, κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '70 και βρίσκεται στο κέντρο του δήμου. Συγκεκριμένα, η κύρια είσοδος του βλέπει στη λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου και βρίσκεται στον αριθμό 34, ακριβώς δίπλα στο Δημοτικό Θέατρο Πειραιά, με συντεταγμένες 37,942835 (γεωγραφικό πλάτος) και 23,646357 (γεωγραφικό μήκος). Ο άξονας του κτιρίου είναι προσανατολισμένος βορειοδυτικά.



Σχήμα 3.2: Γεωγραφική Θέση Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά [26]

Το παρόν κτίριο αποτελείται μόνο από το σκελετό του, δηλαδή τα υποστυλώματα και τις πλάκες. Προκειμένου να ολοκληρωθεί, αναμένεται να γίνουν, μεταξύ άλλων, και ενισχύσεις του σκελετού και λόγω παλαιότητας του κτιρίου, αλλά και για να καλυφθούν οι αντισεισμικές απαιτήσεις. Το κτίριο έχει κάτοψη $50 \times 56 \text{ m}^2$ (ισόγειο) και στους παραπάνω ορόφους περίπου $50 \times 47 \text{ m}^2$, με κάποιες προεξοχές, οι οποίες συνεχίζονται σχεδόν σε όλο το ύψος. Το ύψος του κτιρίου είναι 30,15 m. Σημειώνεται ότι στη μέση του κτίσματος υπάρχει φωταγωγός, οι διαστάσεις του οποίου είναι $20 \times 8 \text{ m}^2$, στους τρεις πρώτους ορόφους, και στη συνέχεια αυξάνεται σε $20 \times 11 \text{ m}^2$, μέχρι και την οροφή του τελευταίου ορόφου. Το κτίριο και ο φωταγωγός φαίνονται στην επόμενη εικόνα.



Σχήμα 3.3: Κάτοψη Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά από Google Earth [26]

Η πρόταση που υπάρχει από την κατασκευαστική εταιρεία, χωροθετεί τις διάφορες υπηρεσίες του δικαστικού μεγάρου στους διατιθέμενους χώρους του κτίσματος. Συγκεκριμένα:

- Το ισόγειο με είσοδο από την οδό Κολοκοτρώνη έχει συνολική επιφάνεια ορόφου $2,547.84 \text{ m}^2$, εκ των οποίων τα 999 m^2 είναι ο χώρος στάθμευσης. Στον όροφο αυτό θα βρίσκεται η Ιατροδικαστική Υπηρεσία, η οποία θα καταλαμβάνει 395 m^2 και θα περιλαμβάνει τα γραφεία των ιατροδικαστικών υπαλλήλων, τα αρχεία αυτών, τα γραφεία δικαστών και τους κοινόχρηστους χώρους. Το Πρωτοδικείο, με συνολική επιφάνεια 936 m^2 , θα περιλαμβάνει επίσης τα γραφεία των υπαλλήλων του, αρχεία, αίθουσες και ακροατήρια και κοινόχρηστους χώρους. Τέλος, στον όροφο αυτό θα βρίσκεται και μέρος της Εισαγγελίας Πρωτοδικών, με τα αντίστοιχα αρχεία, την αίθουσα ποινικού μητρώου και τους κοινόχρηστους χώρους. Η επιφάνεια που θα καλύπτει η Εισαγγελία Πρωτοδικών είναι περίπου 209 m^2 .
- Το ισόγειο, του οποίου η είσοδος βλέπει στη Λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου, η οποία είναι και η κύρια είσοδος, καταλαμβάνει $2,076.29 \text{ m}^2$. Ο όροφος αυτός αποτελείται από τους υπόλοιπους χώρους της Εισαγγελίας Πρωτοδικών, δηλαδή τα περισσότερα γραφεία υπαλλήλων, τα οποία καταλαμβάνουν περίπου 712 m^2 , τα γραφεία Δικαστών και Εισαγγελέων, με συνολικό εμβαδόν 245 m^2 και τους κοινόχρηστους χώρους, στους οποίους περιλαμβάνονται τουαλέτες γενικής χρήσης και η κύρια είσοδος. Οι κοινόχρηστοι χώροι του ορόφου αυτού καταλαμβάνουν περίπου 915 m^2 .

- Στον Α' όροφο, με συνολική επιφάνεια 2,076.29 m², βρίσκονται ακόμα τα ακροατήρια του Πρωτοδικείου και τα γραφεία διάσκεψης των Δικαστών Πρωτοδικείου με συνολική επιφάνεια γύρω στα 690 m². Επίσης, στον ίδιο όροφο στεγάζονται τα ακροατήρια του Εφετείου (301 m²) και τα γραφεία διάσκεψης των Δικαστών Εφετείου (62 m²). Οι κοινόχρηστοι χώροι καταλαμβάνουν περίπου 774 m² και κάποιοι χώροι του Δικηγορικού Συλλόγου Πειραιά έχουν εμβαδόν περίπου 76 m².
- Ο Β' όροφος περιλαμβάνει επιπλέον χώρους του Πρωτοδικείου και έχει εμβαδόν 1,994.75 m². Τα γραφεία Δικαστών, τα γραφεία Ανακριτών και κάποιες αίθουσες βιβλιοθήκης αποτελούν μικρό ποσοστό του ορόφου, αφού καταλαμβάνουν μόλις 372 m². Ένα μεγάλο κομμάτι του δεύτερου ορόφου αποτελούν τα γραφεία υπαλλήλων, τα αρχεία ποινικού και πολιτικού με συνολικό εμβαδόν 770 m². Τα υπόλοιπα περίπου 700 m² είναι οι κοινόχρηστοι χώροι, κλιμακοστάσια, ανελκυστήρες και τουαλέτες κοινής χρήσης.
- Η διάταξη του Γ' ορόφου είναι παρόμοια με αυτήν του Β'. Εκτείνονται στα ίδια τετραγωνικά και η διαρρύθμιση είναι η ίδια, με κάποιες μικρές διαφορές. Τα γραφεία Δικαστών Πρωτοδικείου (420 m²) είναι ειδικά των Προέδρων Πρωτοδικείου και περιλαμβάνουν κάποιες αίθουσες συνεδριάσεων. Τα γραφεία υπαλλήλων, τα αρχεία, τα τμήματα διοίκησης εκλογών και το λογιστήριο καταλαμβάνουν περίπου 730 m². Οι κοινόχρηστοι χώροι είναι περίπου 670 m².
- Στον Δ' όροφο στεγάζεται το μεγαλύτερο κομμάτι του Εφετείου. Με συνολική επιφάνεια επίσης 1,994.75 m², όπως και οι δύο προηγούμενοι όροφοι, ο όροφος αυτός περιλαμβάνει γραφεία υπαλλήλων, Προϊσταμένων, αίθουσες αρχείων και αίθουσες τριμελούς. Τα γραφεία αυτά εκτείνονται στα 650 m² του τέταρτου ορόφου. Από την άλλη, τα γραφεία Δικαστών Εφετείου, Προέδρων Εφετείου, οι αίθουσες ολομελειών, οι βιβλιοθήκες, τα γραφεία Ανακριτών Εφετείου και Επιθεωρητών καταλαμβάνουν περίπου 473 m². Επίσης, οι κοινόχρηστοι χώροι, όπως και στον τρίτο όροφο έχουν εμβαδόν κάτι παραπάνω από 670 m².
- Ο Ε' και τελευταίος όροφος καταλαμβάνει 1,296.60 m², καθώς στο υπόλοιπο κομμάτι, το βορειοδυτικό, υπάρχει δώμα, το οποίο μπορεί μελλοντικά να χρησιμοποιηθεί ως αίθριο, ή καφετέρια. Στον όροφο αυτόν βρίσκεται η Εισαγγελία Εφετών. Τα γραφεία των υπαλλήλων, των Προϊσταμένων και Επιμελητών και τα αρχεία καταλαμβάνουν 350 m², όσο περίπου και αυτά των Δικαστών, των Εισαγγελέων, Αντεισαγγελέων (348 m²). Επίσης, 464 m² καταλαμβάνουν οι κοινόχρηστοι χώροι του ορόφου.

Παρακάτω φαίνεται η παρούσα κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κτίριο και στη συνέχεια μία μελλοντική άποψη αυτού. Δεξιά του Μεγάρου φαίνεται το Δημοτικό Θέατρο Πειραιά.



Σχήμα 3.4: Σημερινή Κατάσταση Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά [26]



Σχήμα 3.5: Μελλοντική Άποψη Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά [27]

4. Προσομοίωση Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

4.1 Λογισμικά Προσομοίωσης

Για να προσομοιωθεί το κτίριο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα SketchUp Make 2015, OpenStudio plug-in, EnergyPlus και μία πλατφόρμα μέσω του διαδικτύου, το PVGIS.

4.1.1 SketchUp Make 2015

Το Google SketchUp, ή SketchUp Make 2015, (version 15.3.330 – 32-bit) είναι ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης (3D) με πολλές δυνατότητες απλής και γρήγορης σχεδίασης. Το εργαλείο ‘Push/Pull’ επιτρέπει στο χρήστη να σχεδιάζει σε τρεις διαστάσεις πολύπλοκα κτίσματα σε πολύ λίγο χρόνο. Χρησιμοποιείται ευρέως από μηχανικούς σε διάφορους τομείς, όπως στην Αρχιτεκτονική, στην εσωτερική διακόσμηση, στον σχεδιασμό βιντεοπαιχνιδιών, κ.α.

4.1.2 OpenStudio plug-in

Το OpenStudio (version 1.8.0) είναι ένα μέσο ενεργειακής προσομοίωσης και δίνει στο χρήστη δύο επιλογές: Χρησιμοποιείται είτε η εφαρμογή OpenStudio, μέσω της οποίας δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει θερμικές ζώνες στο κτίριο μέσω της εφαρμογής, ξεχωριστά από το σχεδιαστικό πρόγραμμα, να τροποποιήσει τα υλικά από τα οποία είναι φτιαγμένο, τα συστήματα θέρμανσης-ψύξης του κ.ά. , είτε το OpenStudio plug-in, το οποίο είναι στην ουσία μία πλατφόρμα εργαλείων λογισμικού, η οποία είναι ενσωματωμένη στο σχεδιαστικό πρόγραμμα SketchUp με τη μορφή μίας επιπλέον εργαλειοθήκης. Αυτή η εργαλειοθήκη επιτρέπει στο χρήστη οτιδήποτε σχεδιάζει να βρίσκεται σε κάποιον ενεργειακό χώρο. Μέσω αυτών των επιπλέον εντολών μπορεί ο χρήστης να δημιουργήσει θερμικές ζώνες στο κτίριο, ανοίγματα, τα οποία αυτόματα αναγνωρίζονται ως πόρτες, ή παράθυρα, ανάλογα το που βρίσκονται, και επιφάνειες σκίασης, ή ακόμα και φωτισμό στους εσωτερικούς χώρους. Μέσω της εντολής ‘Export IDF’ , εξάγεται ένα αρχείο το οποίο περιέχει τις πληροφορίες από το σχεδιαστικό πρόγραμμα και οι οποίες είναι επεξεργάσιμες από το EnergyPlus.

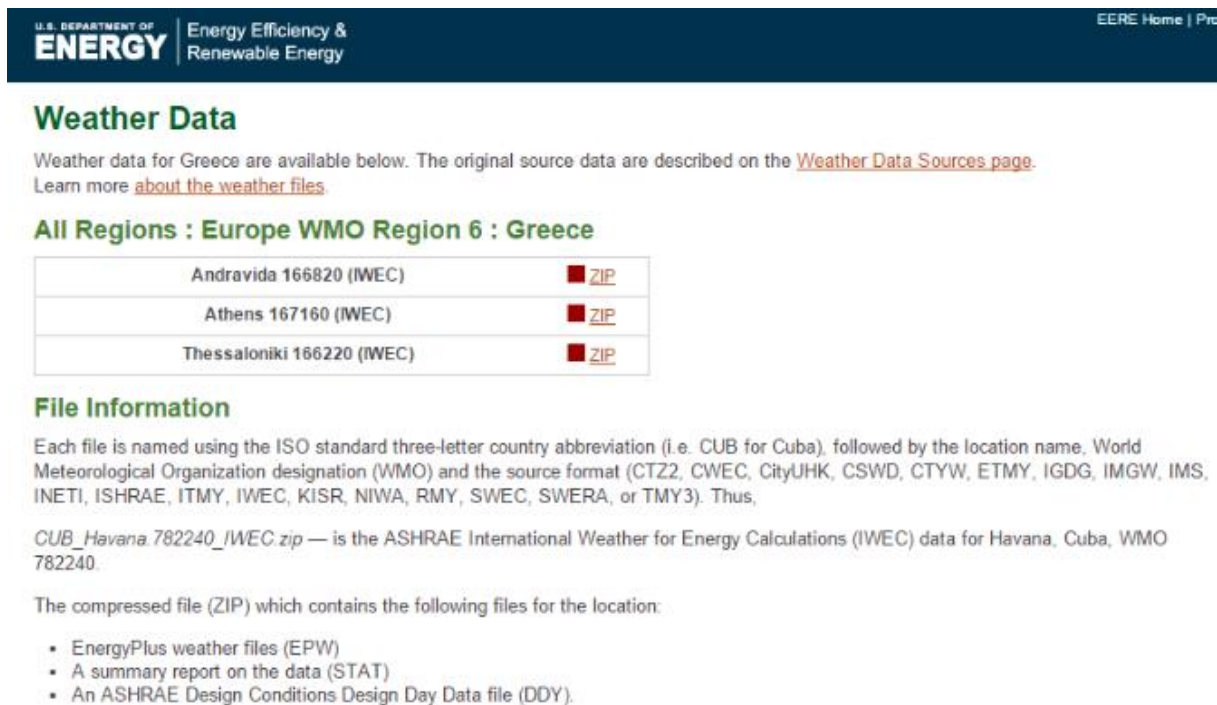
4.1.3 EnergyPlus

Το EnergyPlus (version 8.3.0) είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης, το οποίο εκδίδεται από το τμήμα ενέργειας της Αμερικανικής Κυβέρνησης και είναι προγραμματισμένο σε γλώσσα FORTRAN. Χρησιμοποιείται από μηχανικούς και ερευνητές γενικότερα, προκειμένου να μοντελοποιηθεί η ενέργεια που χρειάζεται και καταναλώνει ένα

κτίριο, με στόχο τον βέλτιστο ενεργειακό σχεδιασμό του, μέσω επεμβάσεων στο κέλυφος του κτιρίου, στα μηχανολογικά κ.α. Άλλες επιλογές που δίνονται στο χρήστη είναι η ανάλυση του φωτισμού, του συστήματος θέρμανσης-ψύξης, του αερισμού του κτιρίου και πολλά άλλα.

Για την προσομοίωση χρησιμοποιούνται δύο υποπρογράμματα του EnergyPlus, το IDF Editor και το EP-Launch.

Το EP- Launch είναι μία κονσόλα που επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει τα αρχεία εισόδου που θέλει να εκτελεστούν με την επιλογή 'Input File'. Τα αρχεία αυτά είναι τα αρχεία IDF που εξήχθησαν από το σχεδιαστικό πρόγραμμα. Στο υποπρόγραμμα αυτό δίνεται η δυνατότητα να επιλεγεί ένα αρχείο καιρού (Weather Data) για την περιοχή, το οποίο δίνει πληροφορίες για τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.






U.S. DEPARTMENT OF ENERGY | Energy Efficiency & Renewable Energy EERE Home | Pro

Weather Data

Weather data for Greece are available below. The original source data are described on the [Weather Data Sources page](#). Learn more [about the weather files](#).

All Regions : Europe WMO Region 6 : Greece

| | |
|----------------------------|---|
| Andravida 166820 (IWEC) |  ZIP |
| Athens 167160 (IWEC) |  ZIP |
| Thessaloniki 166220 (IWEC) |  ZIP |

File Information

Each file is named using the ISO standard three-letter country abbreviation (i.e. CUB for Cuba), followed by the location name, World Meteorological Organization designation (WMO) and the source format (CTZ2, CWEC, CityUHK, CSWD, CTYW, ETMY, IGDG, IMGW, IMS, INETI, ISHRAE, ITMY, IWEC, KISR, NIWA, RMY, SWEC, SWERA, or TMY3). Thus,

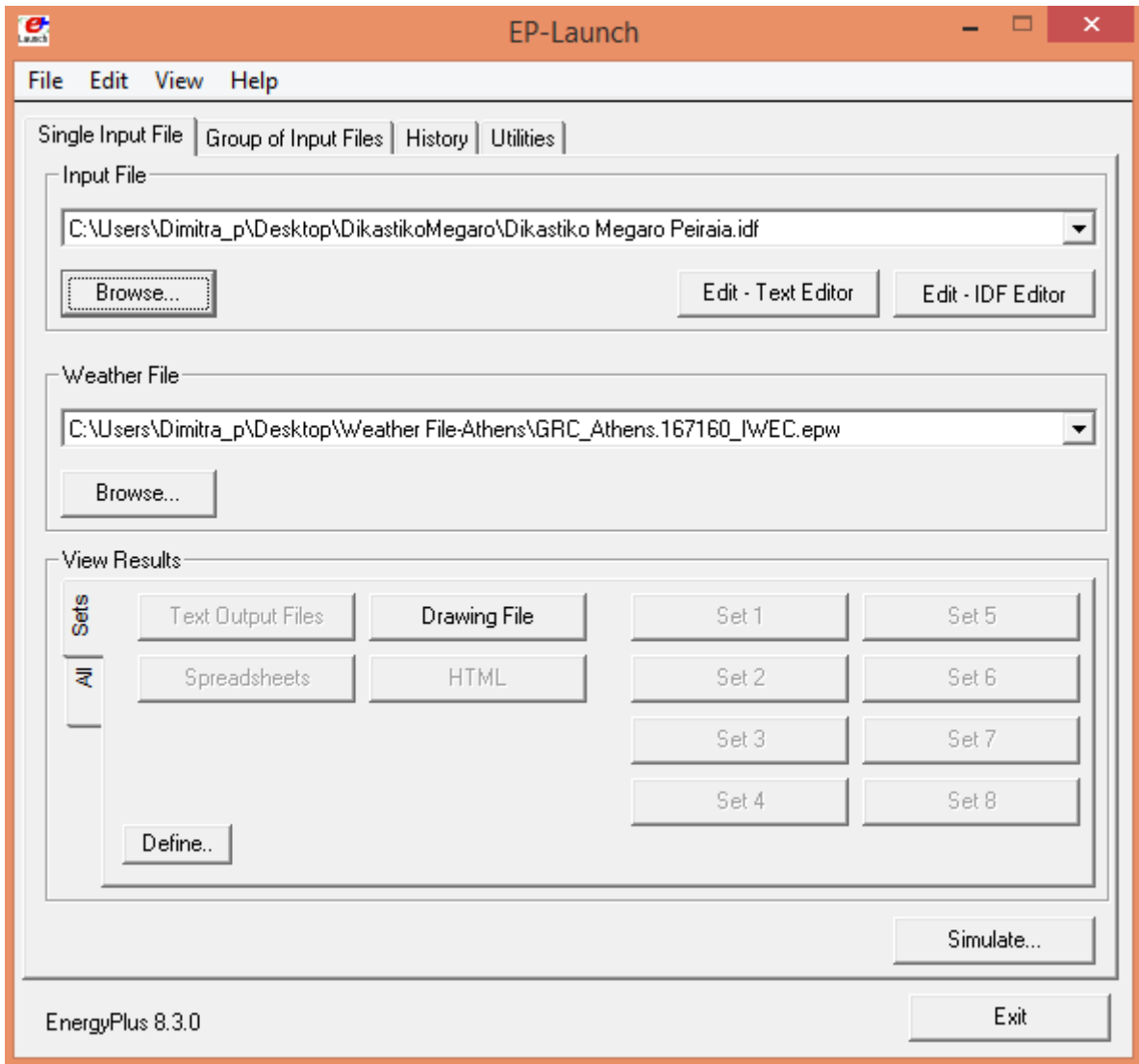
CUB_Havana_782240_IWEC.zip — is the ASHRAE International Weather for Energy Calculations (IWEC) data for Havana, Cuba, WMO 782240.

The compressed file (ZIP) which contains the following files for the location:

- EnergyPlus weather files (EPW)
- A summary report on the data (STAT)
- An ASHRAE Design Conditions Design Day Data file (DDY).

Σχήμα 4.1: Αρχεία Καιρού Προγράμματος EnergyPlus

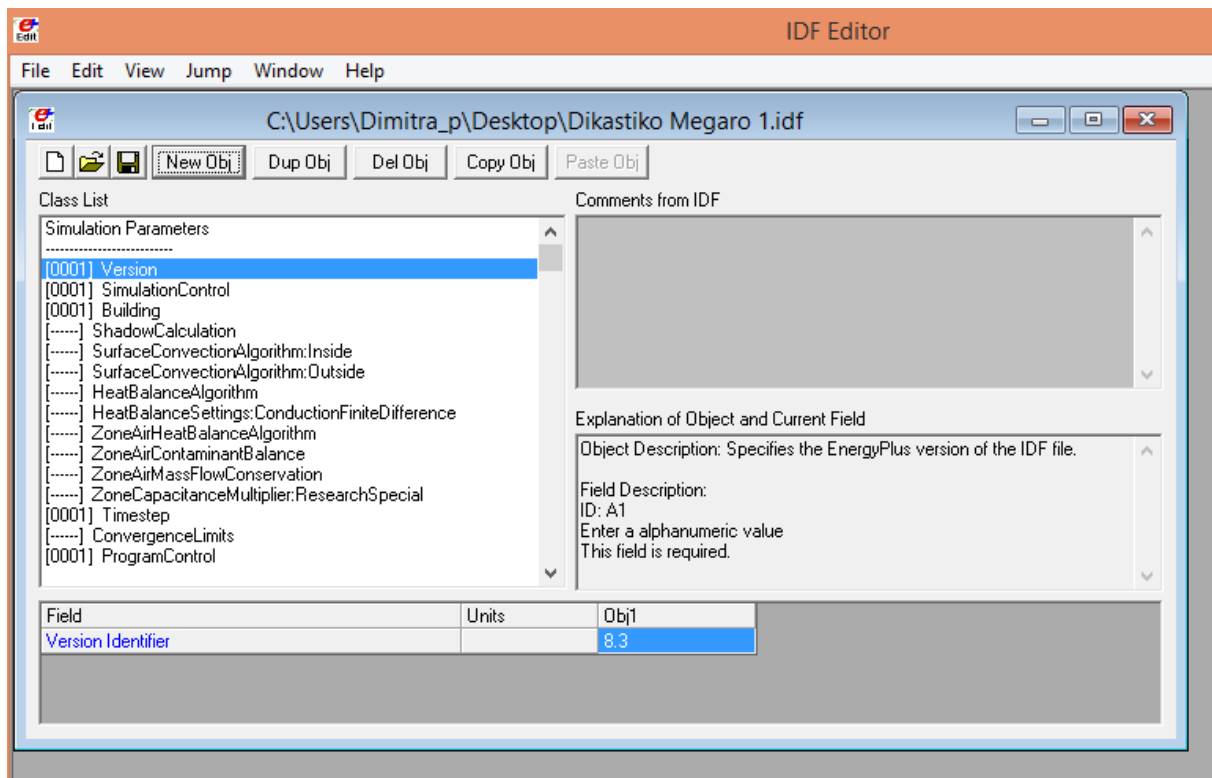
Τα αρχεία καιρού είναι διαθέσιμα στη σελίδα του προγράμματος στο διαδίκτυο και συγκεκριμένα για την Ελλάδα διατίθενται για τρεις περιοχές, την Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη και την Ανδραβίδα, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Όταν συμπληρωθούν τα αρχεία, με την επιλογή 'Simulate' γίνεται η ενεργειακή προσομοίωση.



Σχήμα 4.2: Υποπρόγραμμα EP-Launch του EnergyPlus

Το κτίριο που μελετάται βρίσκεται στον Πειραιά, συνεπώς θα χρησιμοποιηθεί το αρχείο καιρού για την Αθήνα.

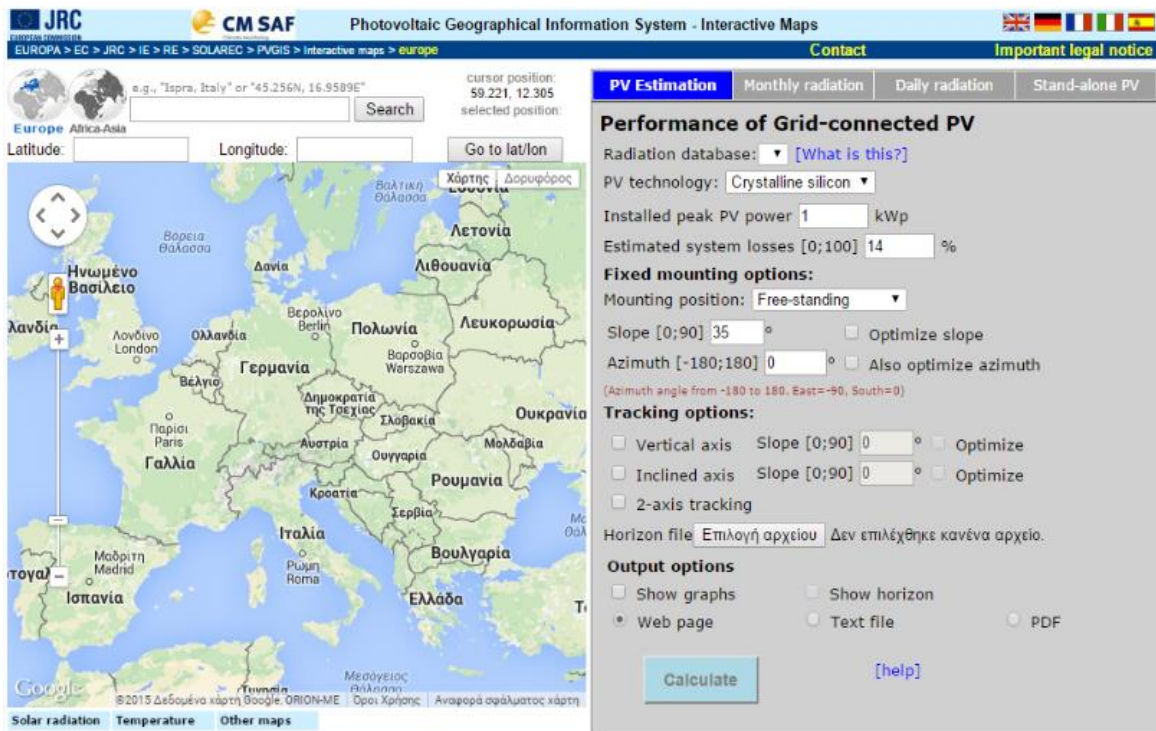
Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, το EP-Launch δίνει την επιλογή 'Edit-IDF Editor'. Το υποπρόγραμμα αυτό δίνει την επιλογή στο χρήστη να επεξεργάζεται τα αρχεία εισόδου δεδομένων στο EnergyPlus. Οι επιλογές είναι ταξινομημένες σε κατηγορίες και είναι επεξεργάσιμες από το χρήστη, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να τις προσαρμόσει στις ανάγκες της μελέτης του.



Σχήμα 4.3: Υποπρόγραμμα IDF-Editor του EnergyPlus

4.1.4 PVGIS

Το πρόγραμμα αυτό είναι στην ουσία μία σελίδα στο διαδίκτυο, μέσω της οποίας δίνεται η δυνατότητα να εκτιμηθεί η ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά πάνελα, ή από ολόκληρο φωτοβολταϊκό πάρκο. Στην καρτέλα 'PV Estimation' εισάγονται οι συντεταγμένες του κτιρίου, στο οποίο θα τοποθετηθούν τα Φ/Β, ή της περιοχής που θα κατασκευαστεί το πάρκο. Επίσης, άλλα δεδομένα, όπως η ισχύς των Φ/Β, η κλίση αυτών κ.λ.π. είναι απαραίτητα. Μέσω της επιλογής 'Calculate', γίνεται ο υπολογισμός και τα αποτελέσματα εξάγονται σε διάφορες μορφές, όπως υπό τη μορφή 'text file'. [25]



Σχήμα 4.4: Πρόγραμμα PVGIS

4.2 Δημιουργία Μοντέλου στο SketchUp

Αρχικά, προκειμένου να σχεδιαστεί το κτίριο, έπρεπε αυτό να χωριστεί σε θερμικές ζώνες. [26]

Ως θερμική ζώνη ορίζεται το σύνολο των χώρων μέσα στο κτίριο με παρόμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες, ή παρόμοια χρήση. Ο διαχωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες αποτελεί σημαντικό κομμάτι του ενεργειακού τους σχεδιασμού και τεχνική ορθολογικής χρήσης ενέργειας και αφορά δύο επίπεδα:

- Τον ορθολογικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό βάσει ενεργειακών κριτηρίων (π.χ. βιοκλιματικό σχεδιασμό)
- Το σχεδιασμό και τη λειτουργία των μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης.

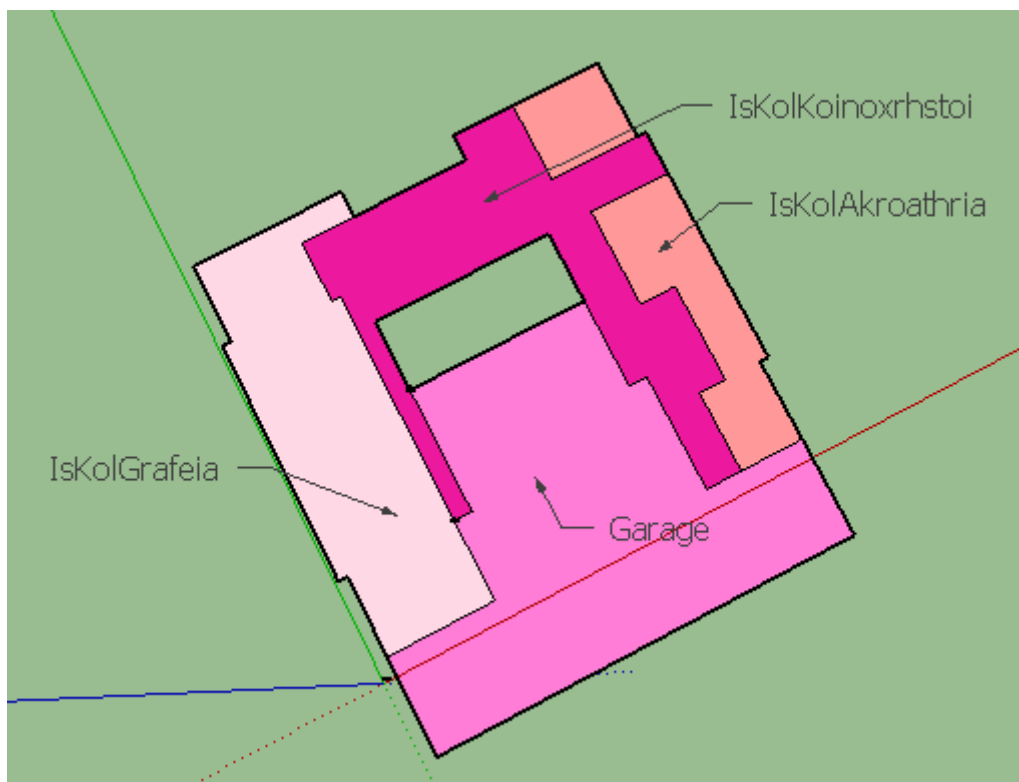
Και στις δύο περιπτώσεις είναι σημαντική η δυνατότητα χωροθέτησης των λειτουργιών των κτιρίων ανάλογα με τις ενεργειακές τους απαιτήσεις. Οι ενεργειακές απαιτήσεις εξαρτώνται από τη λειτουργία/χρήση του κτιρίου και τις αντίστοιχες απαιτήσεις σε θερμικές και άλλες συνθήκες (θερμοκρασία, ποιότητα αέρα, φωτισμό, κ.ά.), τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, τα ωράρια λειτουργίας, κ.ο.κ. Δύο βασικά στοιχεία που πρέπει να εξεταστούν κατά τον καθορισμό και τη χωροθέτηση των θερμικών ζωνών ενός κτιρίου είναι

- η διαφορετική έκθεση των τμημάτων του κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία και

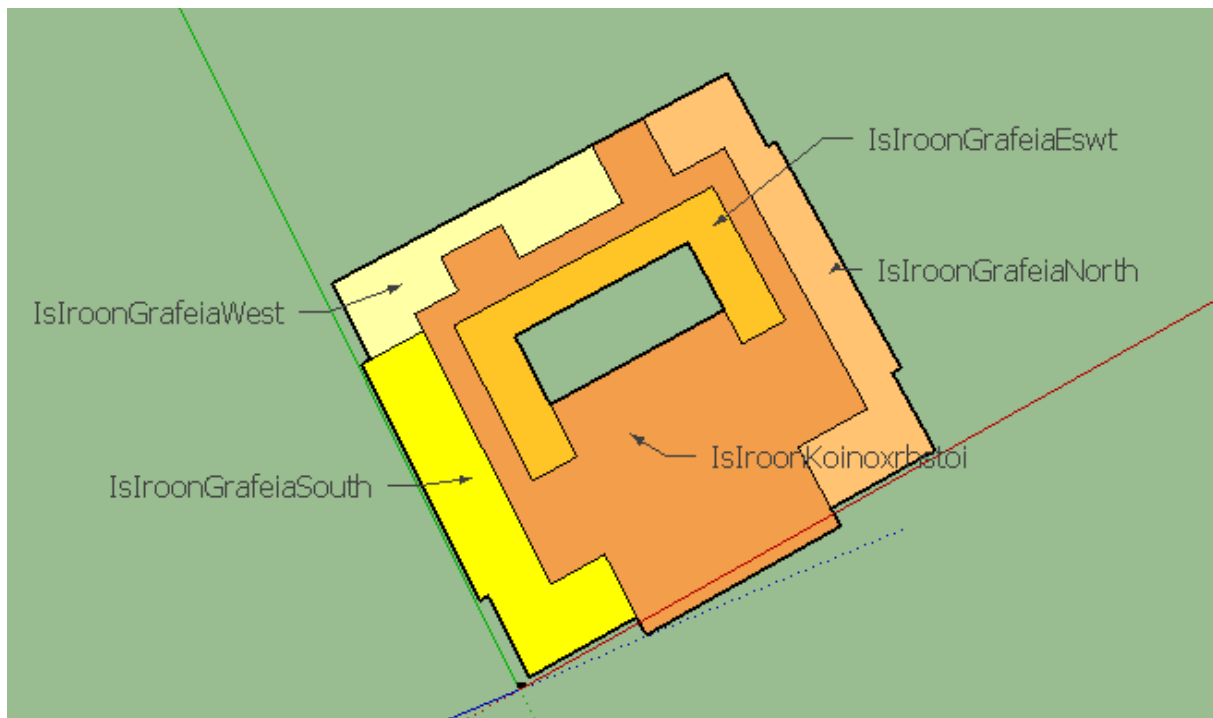
- η χρήση του κάθε χώρου. [27]

Γενικά, πρέπει να δημιουργούνται όσο λιγότερες θερμικές ζώνες γίνεται, για την καλύτερη προσομοίωση του κτιρίου. Το συγκεκριμένο κτίριο, λόγω του μεγάλου όγκου του, δεν μπορεί να χωριστεί σε μικρό αριθμό ζωνών, όμως επιλέχθηκε να χωριστεί ανάλογα με τον προσανατολισμό των γραφείων του και δημιουργήθηκαν ξεχωριστές θερμικές ζώνες για τους κοινόχρηστους χώρους του κάθε ορόφου, καθώς και ξεχωριστή ζώνη για τον χώρο στάθμευσης. Συνολικά δημιουργήθηκαν 19 θερμικές ζώνες.

Στις επόμενες εικόνες φαίνονται οι θερμικές ζώνες κάθε ορόφου με τις ονομασίες τους, όπως εισήχθησαν στο πρόγραμμα, ξεχωριστά, σε κάτοψη.



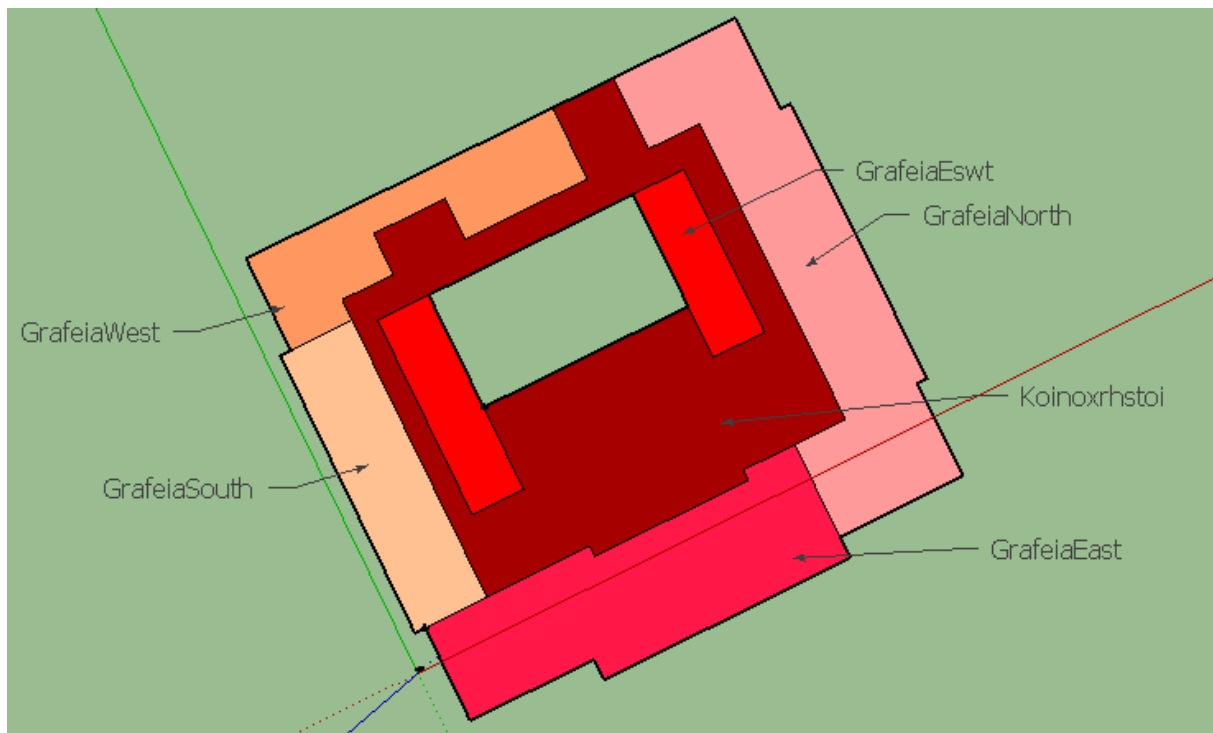
Σχήμα 4.5: Θερμικές Ζώνες Ισογείου από Κολοκοτρώνη



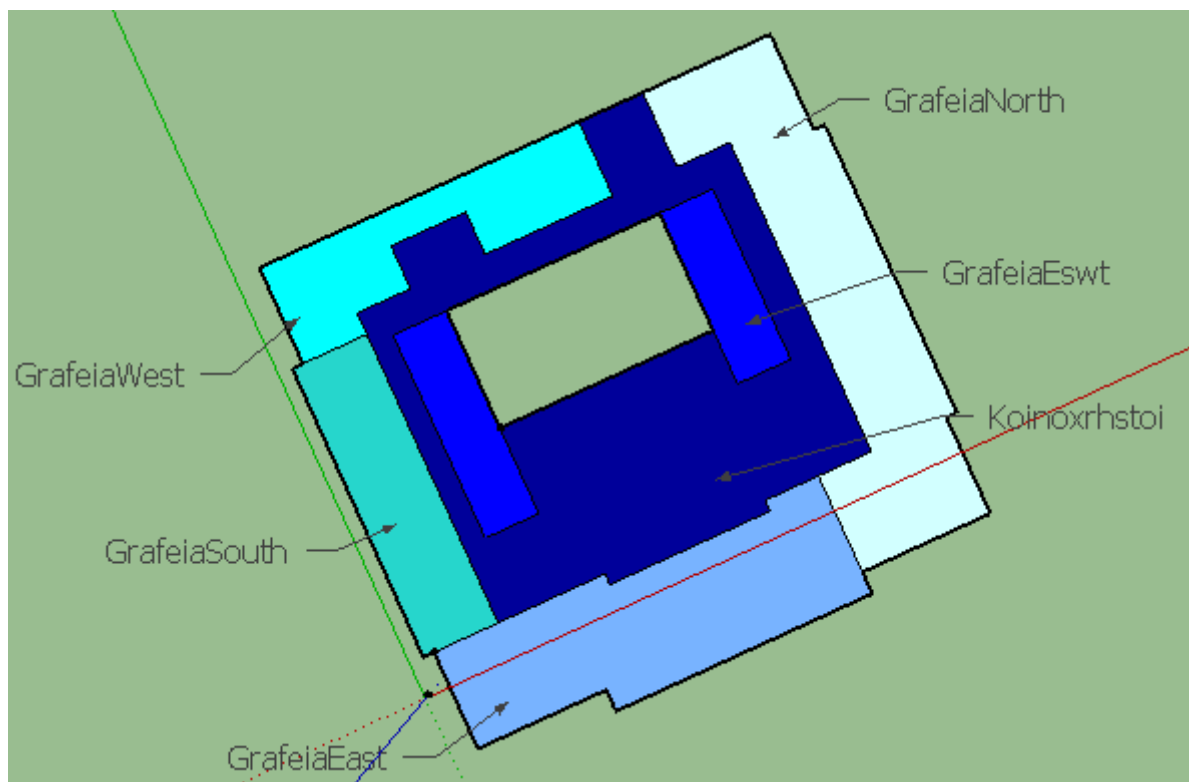
Σχήμα 4.6: Θερμικές Ζώνες Ισογείου από Ηρώων Πολυτεχνείου



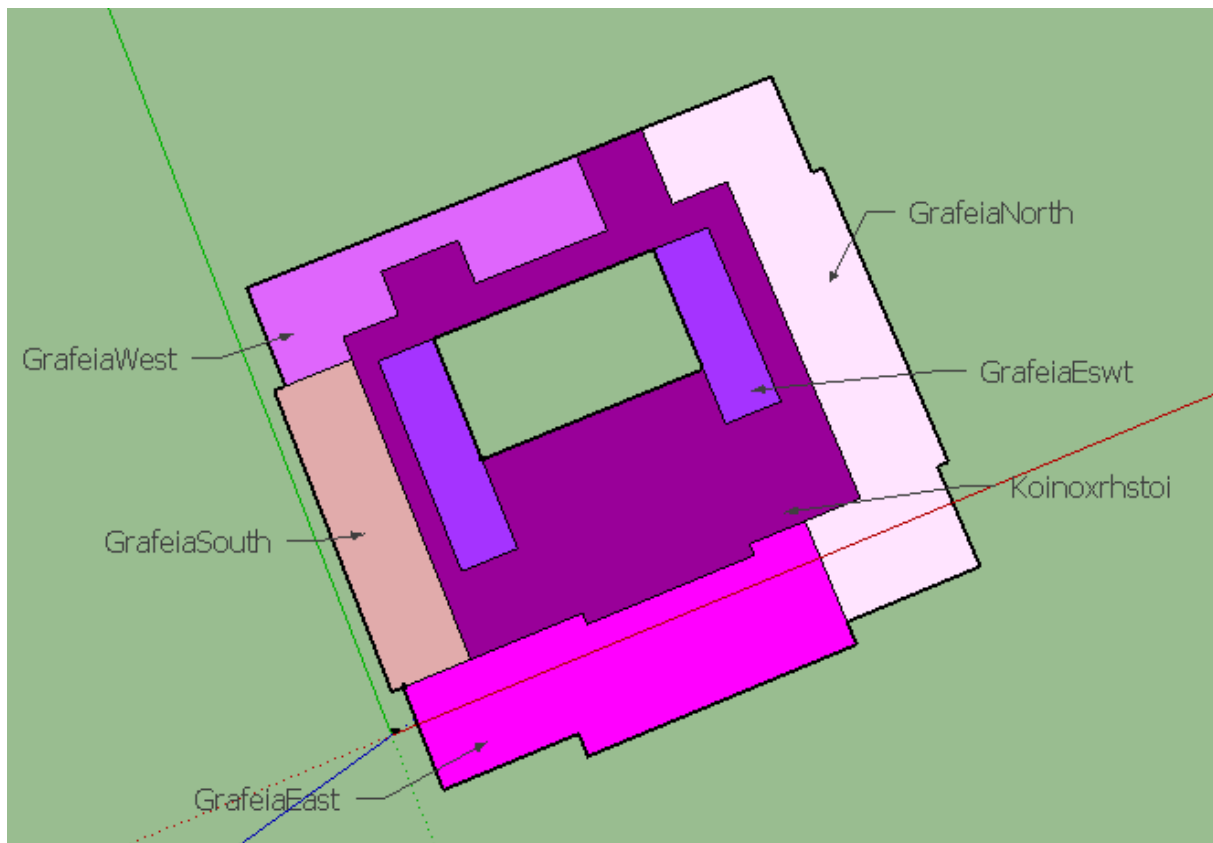
Σχήμα 4.7: Θερμικές Ζώνες Α' Ορόφου



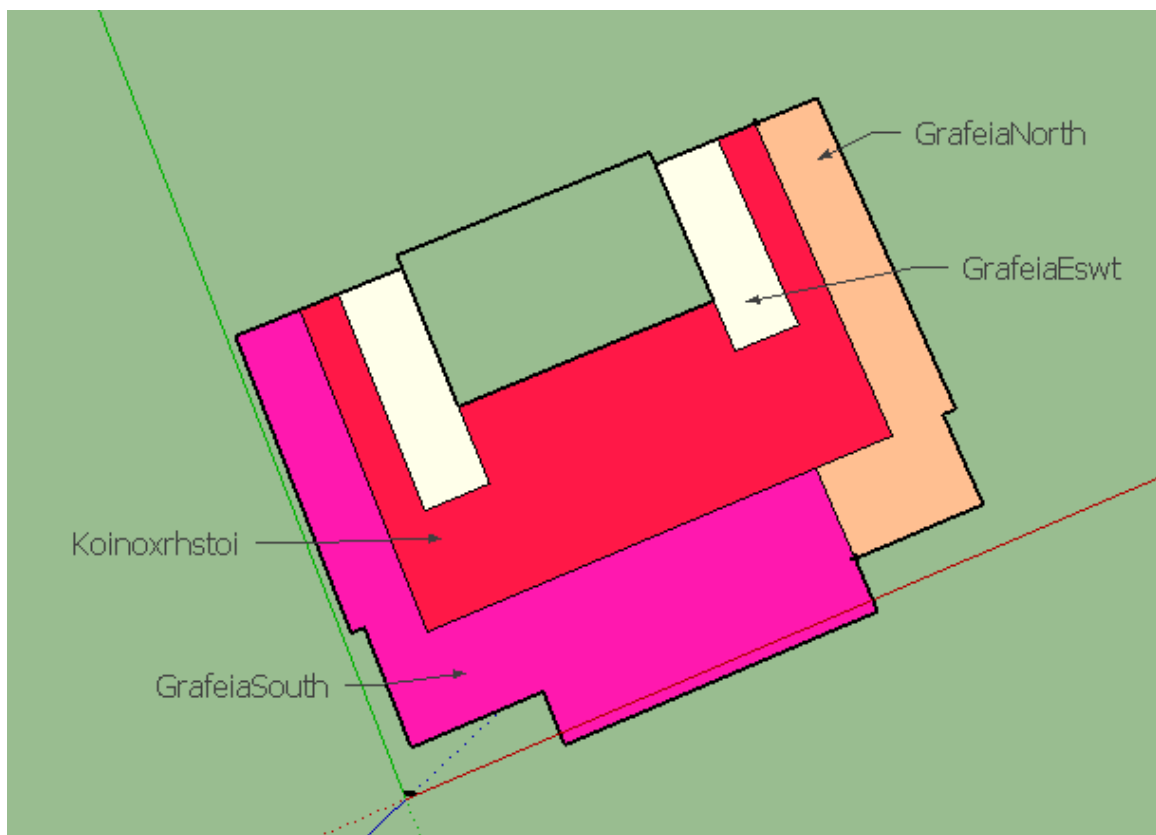
Σχήμα 4.8: Θερμικές Ζώνες Β' Ορόφου



Σχήμα 4.9: Θερμικές Ζώνες Γ' Ορόφου

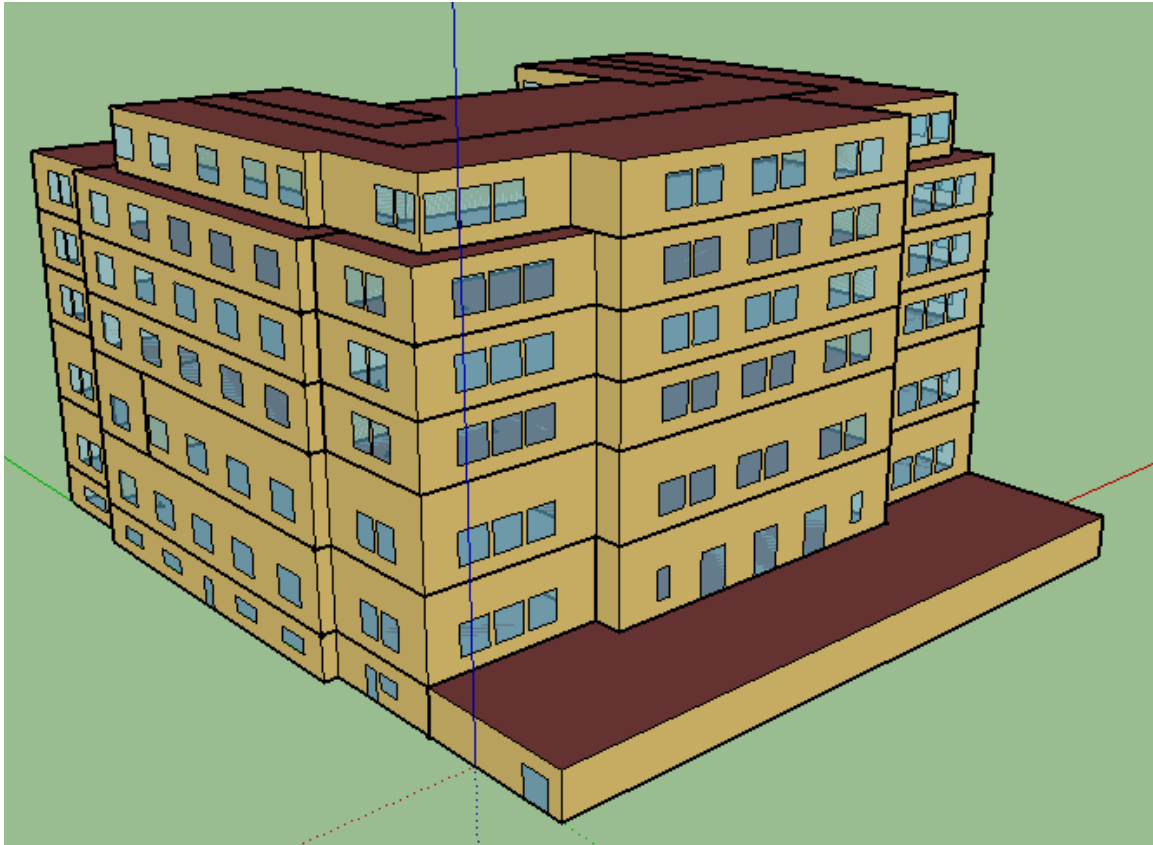


Σχήμα 4.10: Θερμικές Ζώνες Δ' Ορόφου



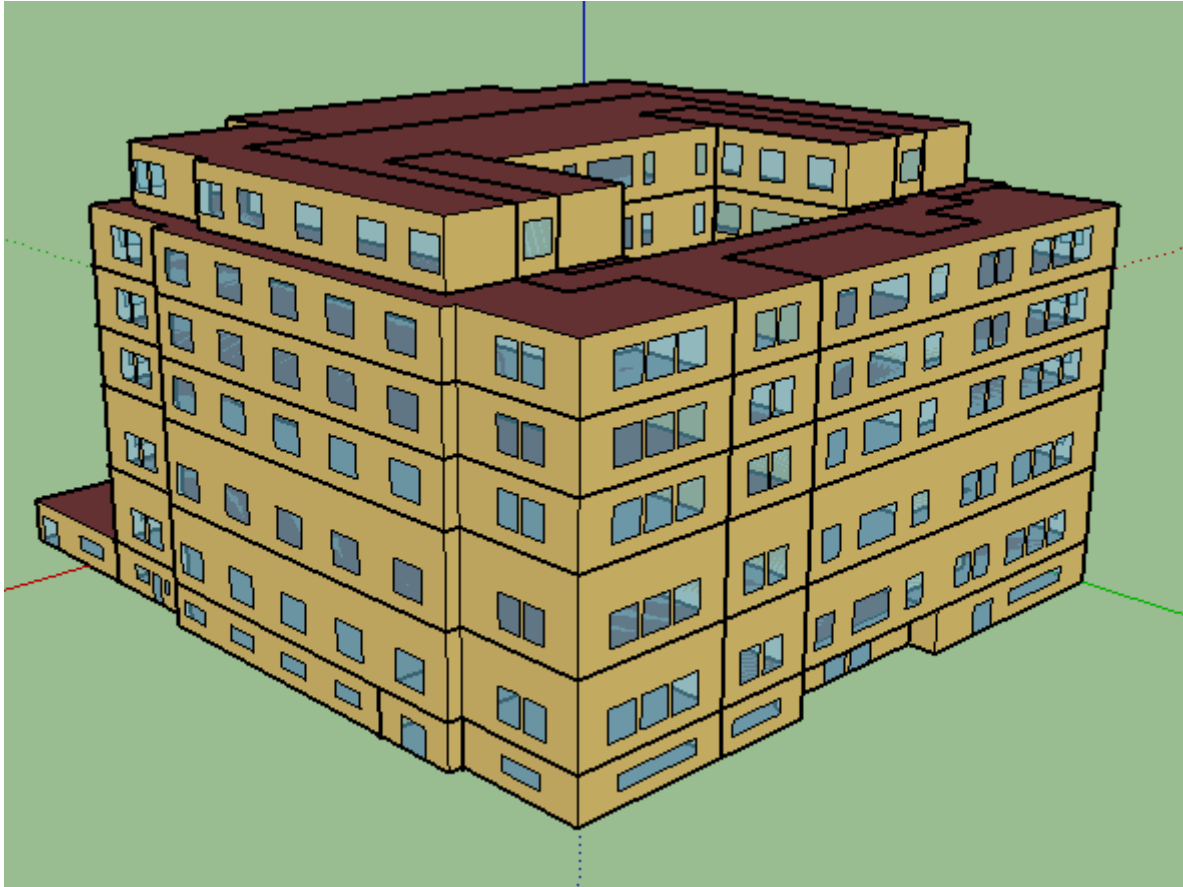
Σχήμα 4.11: Θερμικές Ζώνες Ε' Ορόφου

Στη συνέχεια, σχεδιάστηκε το κτίριο στο SketchUp, σχεδιάζοντας την κάθε θερμική ζώνη σε διαφορετικό ενεργειακό χώρο, χρησιμοποιώντας το εργαλείο 'New Space'. [28] Με την εντολή 'Create Spaces from Diagram' η κάθε κάτοψη μετατρέπεται σε όροφο, εισάγοντας το ύψος του κάθε ορόφου.



Σχήμα 4.12: Νότια Άποψη Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

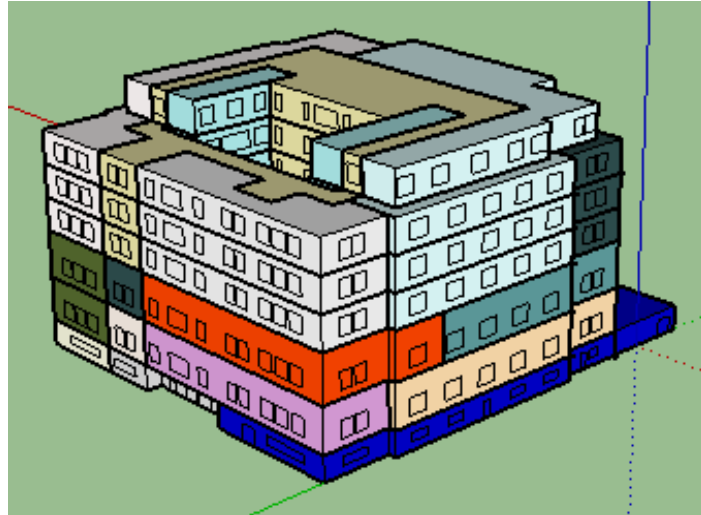
Στην εικόνα φαίνεται η νότια άποψη του Δικαστικού Μεγάρου, η οποία αποτελεί και την κύρια είσοδο. Τα ανοίγματα τοποθετήθηκαν εκ των υστέρων και είναι συνολικά 370, εκ των οποίων τα 13 είναι πόρτες.



Σχήμα 4.13: Βόρεια Άποψη Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

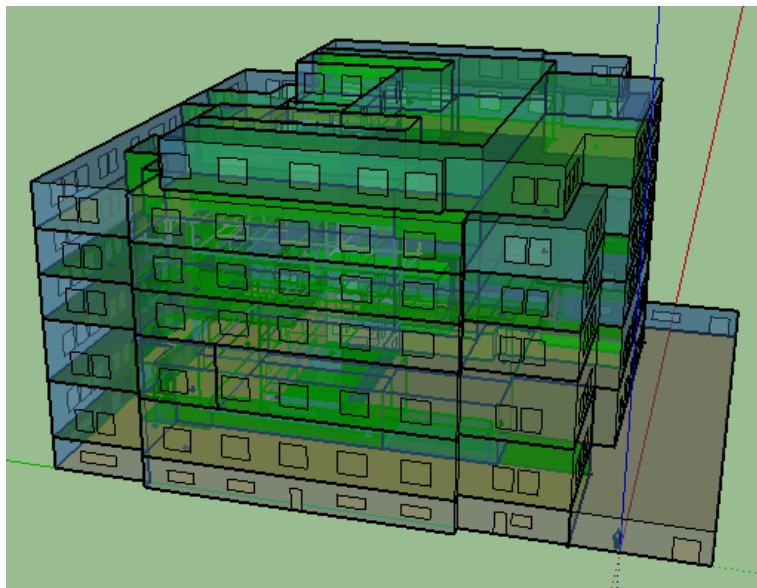
Αυτή είναι η βόρεια άποψη του Μεγάρου, στην οποία φαίνεται και ο τελευταίος όροφος, ο οποίος δεν εκτείνεται σε όλη την κάτοψη. Επίσης, διακρίνεται και ο φωταγωγός, διαστάσεων $20 \times 11 \text{ m}^2$, όπως προαναφέρθηκε, και τα ανοίγματα που υπάρχουν μέσα σε αυτόν, προκειμένου να διαχέεται το ηλιακό φως και στα εσωτερικά γραφεία.

Η κάθε θερμική ζώνη ορίζεται με την εντολή ‘Set Attributes for Selected Spaces’ και στην καρτέλα που εμφανίζεται, επιλέγεται ‘New Thermal Zone’, αφού πρώτα έχει επιλεγεί ο συγκεκριμένος χώρος. Για να εμφανιστούν οι ζώνες αυτές, υπάρχει η επιλογή ‘Render by Thermal Zone’, η οποία δείχνει όλες τις θερμικές ζώνες που έχουν δημιουργηθεί.



Σχήμα 4.14: Θερμικές Ζώνες Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

Τέλος, μία ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη σωστή δημιουργία του μοντέλου, είναι η δημιουργία επιπλέον γεωμετρίας ανάμεσα στους τοίχους, έτσι ώστε να καθοριστεί ποιοι είναι εσωτερικοί και ποιοι εξωτερικοί. Το πρόγραμμα καταλαβαίνει από μόνο του ποιοι είναι εσωτερικοί και ποιοι εξωτερικοί, εκτός αν υπάρχουν προεξοχές σε τοίχους, δηλαδή το ένα κομμάτι είναι εσωτερικός τοίχος, και το άλλο εξωτερικός. Για να καλυφθεί και αυτή η περίπτωση, υπάρχει ένα εργαλείο, το ‘Surface Matching’. Πρώτα γίνεται ‘Intersect in Entire Model’, και στη συνέχεια ‘Match in Entire Model’. Για να φανεί η διαφορά, χρησιμοποιείται το εργαλείο ‘View Model in X-Ray Mode’ και επιλέγεται η κατάσταση ‘Render by Boundary Condition’. Με πράσινο φαίνονται οι εσωτερικοί τοίχοι και με μπλε οι εξωτερικοί. [29]



Σχήμα 4.15: Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά με Ακτίνες-X

Πλέον, στο μοντέλο έχουν δημιουργηθεί όλες οι επιφάνειες που χρειάζονται, οι εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, οι οροφές, εσωτερικές και εξωτερικές, τα πατώματα και τα ανοίγματα.

Αυτές είναι οι βασικές ενέργειες, έτσι ώστε να εισαχθούν οι σωστές πληροφορίες στο EnergyPlus, δηλαδή το IDF-Editor.

4.3 Προσομοίωση στο EnergyPlus

Αφού ολοκληρωθεί το κτίριο στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, γίνεται εξαγωγή του αρχείου σε μορφή IDF, όπως προαναφέρθηκε. Το αρχείο αυτό εισάγεται στο EP-Launch και στη συνέχεια επεξεργάζεται μέσω του IDF-Editor. Παρακάτω αναλύονται οι κατηγορίες οι οποίες εισήχθησαν στο πρόγραμμα. [30]

4.3.1 Simulation Parameters

Σε αυτήν την κατηγορία εισάγονται κάποιες βασικές πληροφορίες για το πρόγραμμα και το κτίριο. Στην υποκατηγορία ‘Version’ αναφέρεται η έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε και στο ‘Simulation Control’ υπάρχουν επιλογές σχετικά με το τι θέλει ο χρήστης να υπολογίσει το πρόγραμμα.

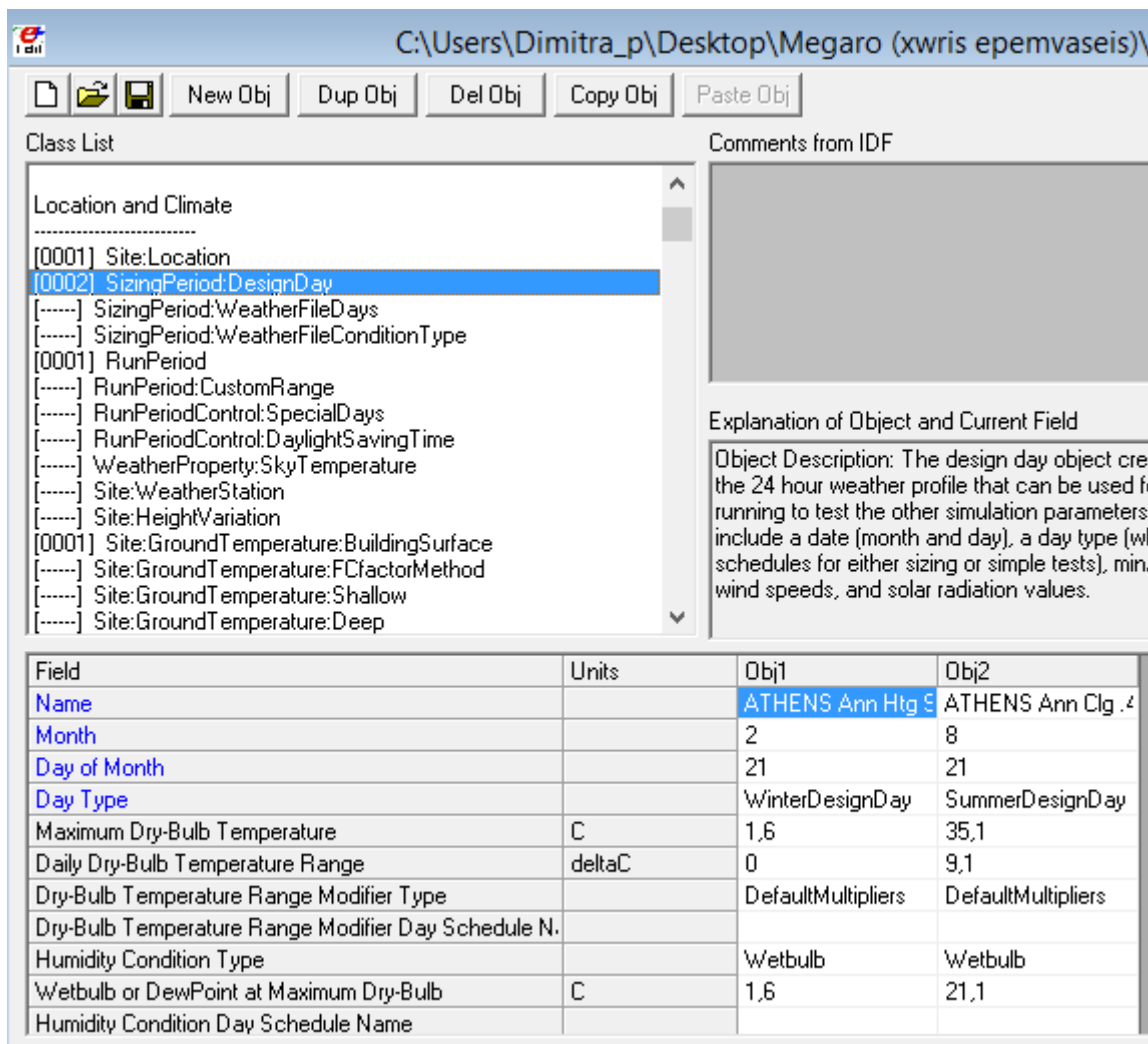
Στη συνέχεια, στην υποκατηγορία ‘Building’, εισάγεται το όνομα του κτιρίου, ή του έργου και η απόκλιση του άξονά του από τον άξονα του Βορρά σε μοίρες. Στο πεδίο ‘Terrain’ επιλέγεται ‘City’, αφού το κτίριο που εξετάζεται βρίσκεται στο κέντρο του Πειραιά. Τέλος, στο πεδίο ‘Solar Distribution’ επιλέγεται ο μηχανισμός με τον οποίο γίνεται η διανομή της ακτινοβολίας στο κτίριο, αν υπάρχουν σκίαστρα, ή σκιάσεις από άλλα κτίρια, ή προεξοχές του κτιρίου που δημιουργούν σκίαση στους εξωτερικούς τοίχους.

Στην υποκατηγορία ‘Timestep’ προσδιορίζεται το χρονικό βήμα, βάσει του οποίου θα γίνουν οι υπολογισμοί μεταφοράς θερμότητας. Μπορεί να πάρει τιμές 1,2,3,4,5,6,10,12,15,20,30 και 60.

4.3.2 Location and Climate

Στην κατηγορία αυτή προσδιορίζεται η θέση του κτιρίου και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή, μέσω του αρχείου που υπάρχει στο φάκελο ‘Weather Data’, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Υπάρχει η δυνατότητα να γίνει αντιγραφή και επικόλληση ενός αντικειμένου από ένα αρχείο IDF σε ένα άλλο. Με αυτόν τον τρόπο αντιγράφεται το αντικείμενο από το αρχείο καιρού στην υποκατηγορία ‘Site:Location’ με τις αντίστοιχες συντεταγμένες, τη χρονική ζώνη και τη διαφορά ύψους από τη στάθμη της

θάλασσας. Ομοίως, από το φάκελο των αρχείων καιρού, επιλέγονται οι μέρες σχεδιασμού για χειμώνα και καλοκαίρι και εισάγονται στην υποκατηγορία ‘Sizing Period: Design Day’.



Σχήμα 4.16: Παράμετροι Κατηγορίας ‘Location and Climate’

Στην υποκατηγορία ‘Run Period’ δηλώθηκε η περίοδος κατά την οποία λειτουργεί το κτίριο. Επειδή πρόκειται για Δικαστικό Μέγαρο, θεωρείται ότι λειτουργεί ολόκληρο το χρόνο, συνεπώς από 1/1 μέχρι 31/12.

Τέλος, σε αυτήν την κατηγορία πρέπει να συμπληρωθούν και οι θερμοκρασίες εδάφους. Στο πεδίο ‘Site: Ground Temperature: Building Surface’, πρέπει να συμπληρωθεί για κάθε μήνα η μέση θερμοκρασία εδάφους, ή κατ’ εκτίμηση, ή από την τεχνική οδηγία (T.O.T.E.E.). [31], [32]

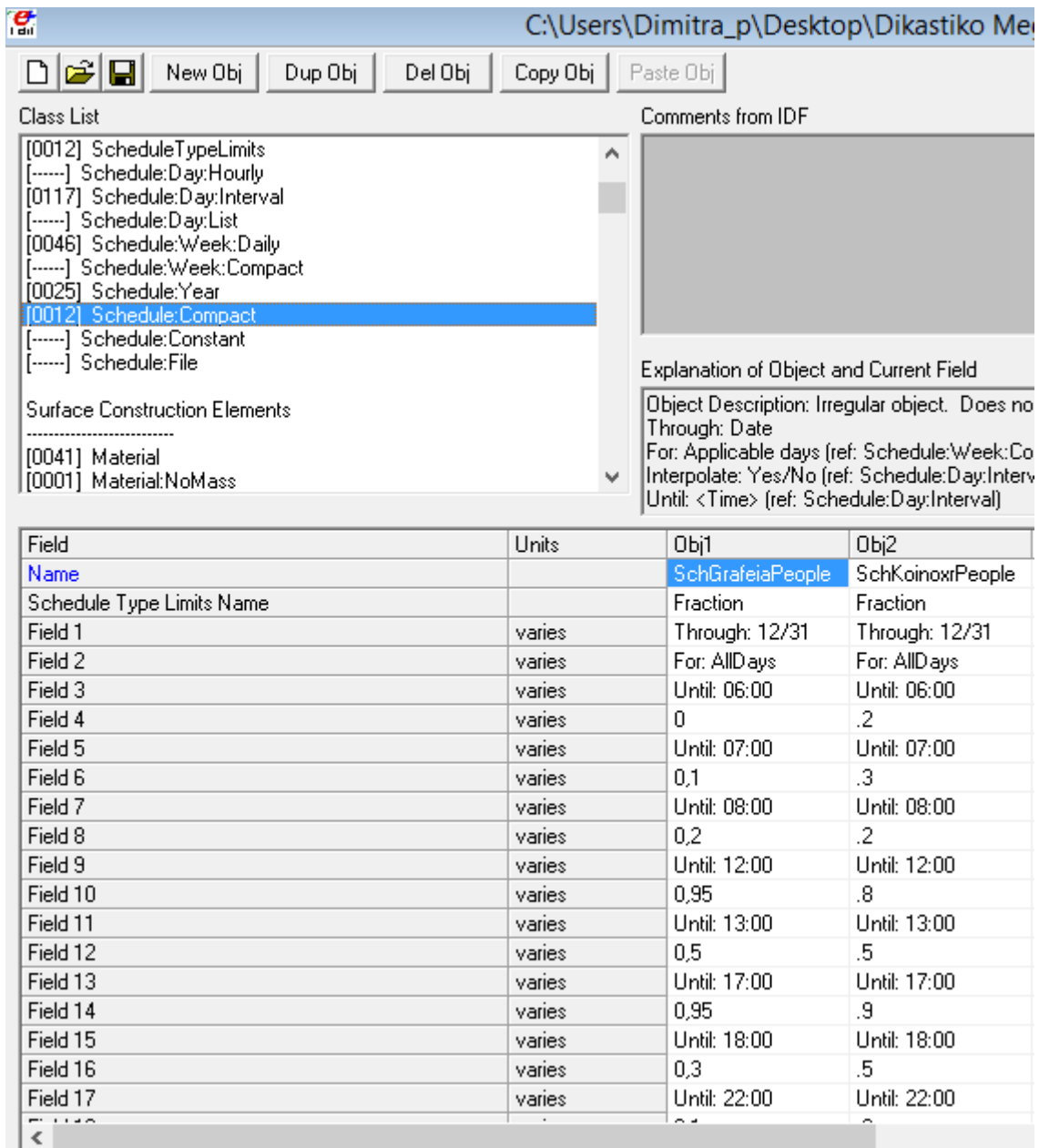
4.3.3 Schedules

Αυτή η κατηγορία επιτρέπει στο χρήστη να ρυθμίζει τον προγραμματισμό πολλών παραμέτρων, όπως η πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, η ανθρώπινη δραστηριότητα, ο

φωτισμός και η λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Η υποκατηγορία που χρησιμοποιείται είναι 'Schedule:Compact', στην οποία δημιουργούνται χρονοδιαγράμματα για όλο το εικοσιτετράωρο για κάθε δραστηριότητα και οι συντελεστές λαμβάνουν κλασματικές τιμές. Τα χρονοδιαγράμματα αυτά θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια στις επόμενες κατηγορίες του προγράμματος.

- Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης

Για να δημιουργηθούν αυτά τα χρονοδιαγράμματα, χρησιμοποιήθηκαν ως πρότυπα κάποια από αυτά που υπάρχουν έτοιμα στη βιβλιοθήκη του προγράμματος (File – Open Data Set - Schedules), για μεγάλα γραφεία, τα οποία προσαρμόστηκαν στις ανάγκες του κτιρίου που μελετάται. Σημειώνεται ότι μέχρι τις 06:00 ο συντελεστής είναι μηδέν για τα γραφεία και 0.2 για τους κοινόχρηστους χώρους, διότι τις βραδινές ώρες το κτίριο παραμένει κλειστό. Κατά τη διάρκεια της μέρας ο συντελεστής παίρνει κλασματικές τιμές, οι οποίες είναι διάφορες του μηδενός, διότι υπάρχει κίνηση σε όλους τους χώρους του κτιρίου. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται κυρίως τις μεσημεριανές ώρες (12:00-18:00) και στα γραφεία και στους κοινόχρηστους χώρους.



Σχήμα 4.17: Χρονοδιαγράμματα Πυκνότητας Ανθρώπινης Ύπαρξης

- Χρονοδιαγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας

Τα συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα συμπληρώνονται με τη βοήθεια της σελίδας του οργανισμού ASHRAE. Πιο συγκεκριμένα, τις βραδινές ώρες, που δεν υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα στο κτίριο, τίθενται οι ελάχιστες τιμές (70 W/person), ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας για τα γραφεία τίθεται η τιμή 140 και για τους κοινόχρηστους χώρους η τιμή 300. Οι τιμές αυτές προέκυψαν ως μέσος όρος από τις τιμές των διαφόρων δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στους χώρους αυτούς. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται τα συγκεκριμένα διαγράμματα.

| Obj3 | Obj4 |
|--------------------|--------------------|
| SchGrafeiaActivity | SchKoinoxrActivity |
| ActivityLevel | ActivityLevel |
| Through: 12/31 | Through: 12/31 |
| For: AllDays | For: AllDays |
| Until: 08:00 | Until: 08:00 |
| 70 | 70 |
| Until: 18:00 | Until: 18:00 |
| 140 | 300 |
| Until: 24:00 | Until: 24:00 |
| 70 | 70 |

Σχήμα 4.18: Χρονοδιαγράμματα Ανθρώπινης Δραστηριότητας

- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού

Τα χρονοδιαγράμματα αυτά, επίσης έχουν χωριστεί σε δύο κατηγορίες, για τους χώρους των γραφείων και ξεχωριστά για τους κοινόχρηστους χώρους.

Όσον αφορά τα γραφεία, μέχρι τις 08:00 όλα τα φώτα είναι κλειστά, αφού τυπικά το ωράριο των εργαζομένων δεν έχει ξεκινήσει. Μέχρι τις 16:00, λόγω του επαρκούς φυσικού φωτισμού στα περισσότερα γραφεία, εξωτερικά, και εσωτερικά, αφού υπάρχει στη μέση του κτιρίου ο φωταγωγός, θεωρείται ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό του τεχνητού φωτισμού λειτουργεί, έτσι τέθηκε η τιμή 0.4. Τέλος, μέχρι τις 24:00 μόνο το 0.1 του φωτισμού λειτουργεί, για ένα μικρό ποσοστό που μένει στα γραφεία κ μετά το τέλος του ωραρίου.

Για τους κοινόχρηστους χώρους το χρονοδιάγραμμα είναι λίγο διαφορετικό. Για την ακρίβεια, μέχρι τις 06:00 το πρωί όλα τα φώτα είναι κλειστά και μέχρι τις 08:00 τίθεται η τιμή 0.2, η οποία οφείλεται στα συνεργεία καθαρισμού και πιθανώς σε μία μικρή ομάδα εργαζομένων. Στη συνέχεια, μέχρι τις 18:00, η τιμή αυξάνεται στο 0.3 και οφείλεται στο ότι το φυσικό φως δε διαχέεται σε όλους τους χώρους. Ομοίως με τους χώρους των γραφείων, η τιμή μέχρι τις 24:00 είναι 0.1.

| Obj5 | Obj6 |
|------------------|------------------|
| SchGrafeiaLights | SchKoinoxrLights |
| Fraction | Fraction |
| Through: 12/31 | Through: 12/31 |
| For: AllDays | For: AllDays |
| Until: 08:00 | Until: 06:00 |
| 0 | 0 |
| Until: 16:00 | Until: 08:00 |
| .4 | .2 |
| Until: 24:00 | Until: 18:00 |
| .1 | .3 |
| | Until: 24:00 |
| | .1 |

Σχήμα 4.19: Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Τεχνητού Φωτισμού

- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών

Όταν γίνεται αναφορά στις ηλεκτρικές συσκευές ενός δικαστικού μεγάρου, εννοείται όλος εκείνος ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των γραφείων και των κοινόχρηστων χώρων και συμπεριλαμβάνει ηλεκτρονικούς υπολογιστές, φωτοτυπικά, προτζέκτορες, καφετιέρες, κ.ά.

Συγκεκριμένα, για τους χώρους των γραφείων, μέχρι τις 08:00 το πρωί θεωρείται ότι δεν έχει τεθεί σε λειτουργία καμία συσκευή, στη συνέχεια μέχρι τις 16:00 το 60% του εξοπλισμού είναι σε συνεχή λειτουργία, αφού κάποιες αίθουσες (ακροατήρια, αρχεία) ίσως να μη χρησιμοποιούν όλες τις συσκευές τους, και τέλος, μέχρι τις 18:00 μόνο ένα 0.2 του συνολικού εξοπλισμού λειτουργεί. Τις υπόλοιπες ώρες η τιμή είναι μηδενική.

Για τους κοινόχρηστους χώρους γίνεται η παραδοχή ότι μέχρι τις 08:00 μόνο το 0.1 των συσκευών είναι σε λειτουργία, μέχρι τις 16:00 το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 0.4, αφού τότε είναι και οι ώρες αιχμής, και στη συνέχεια μέχρι τις 18:00 το ποσοστό μειώνεται πάλι στο 0.1. Όμοια με τα γραφεία, τις υπόλοιπες ώρες θεωρείται ότι δε λειτουργεί καμία συσκευή.

| Obj7 | Obj8 |
|-----------------|-----------------|
| SchGrafeiaEleEq | SchKoinoxrEleEq |
| Fraction | Fraction |
| Through: 12/31 | Through: 12/31 |
| For: AllDays | For: AllDays |
| Until: 08:00 | Until: 08:00 |
| 0 | .1 |
| Until: 16:00 | Until: 16:00 |
| .6 | .4 |
| Until: 18:00 | Until: 18:00 |
| .2 | .1 |
| Until: 24:00 | Until: 24:00 |
| 0 | 0 |

Σχήμα 4.20: Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Ηλεκτρικών Συσκευών

- Χρονοδιαγράμματα αερισμού θερμικών ζωνών

Λόγω των εξωτερικών ανοιγμάτων, αλλά και των ανοιγμάτων του φωταγωγού στο εσωτερικό του κτιρίου, θεωρείται ότι όλες οι ζώνες έχουν πρόσβαση σε ανοίγματα, και αερίζονται τις ίδιες ώρες. Συνεπώς, δημιουργήθηκε ένα μόνο συνολικό χρονοδιάγραμμα αερισμού για όλες τις θερμικές ζώνες. Το χρονοδιάγραμμα αυτό, επιλέχθηκε να χωριστεί ανάλογα με την εποχή.

Για την ακρίβεια, μέχρι τις 30 Απριλίου τα παράθυρα θεωρείται ότι ανοίγουν για πολύ λίγες ώρες, το μεσημέρι, που η θερμοκρασία δεν είναι πολύ χαμηλή, και σε ποσοστό 40%. Τις

πρωινές ώρες είναι ανοιχτό ένα πολύ μικρό ποσοστό, ενώ το βράδυ ο συντελεστής έχει μηδενική τιμή.

Τους καλοκαιρινούς μήνες, μέχρι και τέλη Οκτώβρη, επιλέγεται τα παράθυρα να ανοίγουν τις πρωινές ώρες (08:00-12:00) σε ποσοστό επίσης 40%, που δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα υψηλές θερμοκρασίες. Μέχρι τις 24:00, επίσης μένει ανοιχτό ένα 20% των παραθύρων για αερισμό και απομάκρυνση της θερμικής μάζας από το κτίριο. Τις πολύ πρωινές ώρες, που το δικαστικό μέγαρο μένει κλειστό, από τις 24:00 μέχρι τις 06:00, τα παράθυρα θεωρείται ότι μένουν όλα κλειστά, συνεπώς δίνεται μηδενική τιμή στο συντελεστή.

Τέλος, μέχρι 31/12, το τέλος του χρόνου, τους υπόλοιπους χειμερινούς μήνες, ακολουθείται το ίδιο πρόγραμμα με τους άλλους χειμερινούς μήνες, από 01/01 μέχρι 30/04.

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ενδεικτικά ένα μέρος του χρονοδιαγράμματος αερισμού θερμικών ζωνών.

| |
|----------------|
| Obj9 |
| SchVentilation |
| Fraction |
| Through: 04/30 |
| For: AllDays |
| Until: 06:00 |
| 0 |
| Until: 08:00 |
| .1 |
| Until: 12:00 |
| .2 |
| Until: 16:00 |
| .4 |
| Until: 24:00 |
| 0 |
| Through: 10/31 |
| For: AllDays |
| Until: 06:00 |
| 0 |
| Until: 08:00 |

Σχήμα 4.21: Χρονοδιαγράμματα Αερισμού Θερμικών Ζωνών

- Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα

Το συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα δηλώνει τη σταθερή διαφυγή αέρα κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους από τα ανοίγματα και επιλέχθηκε ένα ήδη έτοιμο χρονοδιάγραμμα από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος, με τον ίδιο τρόπο που αναφέρθηκε και προηγουμένως. Σημειώνεται ότι ο αερισμός αυτός είναι αθέλητος.

| |
|----------------|
| Obj10 |
| On |
| Fraction |
| Through: 12/31 |
| For: AllDays |
| Until: 24:00 |
| 1 |

Σχήμα 4.22: Χρονοδιάγραμμα Διήθησης Αέρα

- Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας συστήματος θέρμανσης-ψύξης

Στο συγκεκριμένο κτίριο, λόγω των διαστάσεών του, αλλά και λόγω της χρήσης για την οποία προορίζεται, χρειάζεται να τοποθετηθεί ένα σύστημα θέρμανσης-ψύξης, προκειμένου να διατηρούνται κατάλληλες συνθήκες εργασίας για τους υπαλλήλους και γενικότερα τους χρήστες. Το σύστημα αυτό είναι ενιαίο για όλους τους χώρους, γραφεία και κοινόχρηστους.

Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους τρεις πρώτους μήνες του χρόνου τις ώρες αιχμής, δηλαδή από τις 10:00 μέχρι τις 16:00 με τη θερμοκρασία να είναι σταθερή στους 24 °C. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας, καθώς και τις βραδινές ώρες, τίθεται ένα όριο θερμοκρασίας (10 °C), κάτω από το οποίο ενεργοποιείται ο κλιματισμός. Πρακτικά, ο κλιματισμός τις ώρες αυτές είναι ανενεργός, διότι η θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από το όριο αυτό σε εσωτερικούς χώρους. Μέχρι τα τέλη Οκτώβρη ο κλιματισμός είναι επίσης ανενεργός, θέτοντας όριο τους 10 °C, αφού είναι αδύνατον τους καλοκαιρινούς μήνες να πέσει κάτω από το όριο η θερμοκρασία. Για τους τελευταίους 2 μήνες του χρόνου ο κλιματισμός τίθεται σε λειτουργία μόνο 4 ώρες τη μέρα, από τις 10:00 μέχρι τις 14:00, με σταθερή θερμοκρασία επίσης τους 24 °C. Για τις υπόλοιπες ώρες ισχύει το ίδιο όριο των 10 °C, συνεπώς η θέρμανση δεν τίθεται σε λειτουργία.

Όσον αφορά το σύστημα ψύξης, αυτό λειτουργεί τους καλοκαιρινές μήνες, από Μάιο μέχρι και Σεπτέμβρη. Συγκεκριμένα, τον Μάιο και τον Ιούνιο, το σύστημα τίθεται σε λειτουργία από τις 12:00 μέχρι τις 16:00, που συναντώνται και οι υψηλότερες θερμοκρασίες, με σταθερή θερμοκρασία τους 26 °C. Τις υπόλοιπες ώρες του 24ωρου το σύστημα είναι ανενεργό, θέτοντας ένα όριο, πάνω από το οποίο τίθεται σε λειτουργία ο κλιματισμός, το οποίο είναι 40 °C, δηλαδή πρακτικά αδύνατο. Τους άλλους τρεις μήνες ο κλιματισμός λειτουργεί πιο πρωινές ώρες, αφενός επειδή τον Ιούλιο και τον Αύγουστο είναι μειωμένη η κίνηση στο δικαστικό μέγαρο, λόγω διακοπών και αδειών, αφετέρου επειδή αυτούς τους μήνες συναντώνται πιο υψηλές θερμοκρασίες πιο νωρίς κατά τη διάρκεια της μέρας, σε σχέση με τους άλλους καλοκαιρινούς μήνες. Συγκεκριμένα, το σύστημα είναι ενεργό από τις 10:00

μέχρι τις 14:00, επίσης με σταθερή θερμοκρασία τους 26 °C. Τις υπόλοιπες ώρες, το σύστημα ψύξης μένει κλειστό, με όριο τους 40 °C, το οποίο είναι αδύνατο να ξεπεραστεί.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται ενδεικτικά τα χρονοδιαγράμματα συστήματος θέρμανσης-ψύξης.

| Obj11 | Obj12 |
|--------------------|-------------------|
| SchCoolingSetPoint | SchHeatingSetPoin |
| Temperature 11 | Temperature 36 |
| Through: 04/30 | Through: 03/31 |
| For: AllDays | For: AllDays |
| Until: 24:00 | Until: 10:00 |
| 40 | 10 |
| Through: 06/30 | Until: 16:00 |
| For: AllDays | 24 |
| Until: 12:00 | Until: 24:00 |
| 40 | 10 |
| Until: 16:00 | Through: 10/31 |
| 26 | For: AllDays |
| Until: 24:00 | Until: 24:00 |
| 40 | 10 |
| Through: 09/30 | Through: 12/31 |
| For: AllDays | For: AllDays |
| Until: 10:00 | Until: 10:00 |
| 40 | 10 |
| Until: 14:00 | Until: 14:00 |

Σχήμα 4.23: Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Συστήματος Θέρμανσης-Ψύξης

4.3.4 Surface Construction Elements

Στην κατηγορία αυτή ορίζονται τα υλικά, από τα οποία θα κατασκευαστεί το κτίριο, αναλυτικά το καθένα και ορίζονται οι φυσικές τους ιδιότητες. Στη συνέχεια, ορίζεται η δομή της κατασκευής, δηλαδή οι στρώσεις των στοιχείων. [33]

- Υποκατηγορία ‘Material’

Σε αυτό το σημείο πρέπει να εισαχθούν τα δομικά υλικά, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, για την κάθε επιφάνεια της κατασκευής, τους εσωτερικούς και εξωτερικούς τοίχους, τις εσωτερικές και εξωτερικές οροφές, τα πατώματα και τις πόρτες. Για κάθε υλικό είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί το όνομά του (πεδίο ‘Name’), η τραχύτητά του (πεδίο ‘Roughness’), το πάχος του (πεδίο ‘Thickness’), η αγωγιμότητά του (πεδίο ‘Conductivity’), η πυκνότητά του (πεδίο ‘Density’) και η ειδική θερμότητά του (πεδίο ‘Specific Heat’).

Συγκεκριμένα, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι: τούβλο πάχους 9cm και 19cm, οπλισμένο σκυρόδεμα, γκρο-μπετόν, ασβεστοκονίαμα, τσιμεντοκονίαμα, ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, τσιμεντόπλακες, κισσηρομπετόν, αμμοχάλικο, πλακάκια κεραμικά,

πετροβάμβακας και ατσάλι. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται αναλυτικά τα δομικά υλικά και οι ιδιότητές τους. [34]

The screenshot shows the Revit interface with the 'Material' category selected in the Class List. The table below displays the properties for objects Obj27 through Obj32.

| Field | Units | Obj27 | Obj28 | Obj29 | Obj30 | Obj31 | Obj32 |
|---------------------|--------|-------------|-------------|--------------|-------------|----------------|-----------------|
| Name | | Brick 9cm | Brick 19cm | Opiskyrodema | GrossBeton | Asvestokoniama | Tsimentokoniama |
| Roughness | | MediumRough | MediumRough | MediumRough | MediumRough | MediumRough | MediumSmooth |
| Thickness | m | 0,09 | 0,19 | 0,18 | 0,15 | 0,02 | 0,02 |
| Conductivity | W/m-K | 0,49 | 0,49 | 2,5 | 1,15 | 0,87 | 1,4 |
| Density | kg/m3 | 1200 | 1200 | 2400 | 1800 | 1800 | 2000 |
| Specific Heat | J/kg-K | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1100 |
| Thermal Absorptance | | | | | | | |
| Solar Absorptance | | | | | | | |
| Visible Absorptance | | | | | | | |

Σχήμα 4.24: Υποκατηγορία ‘Material’ – Δομικά Υλικά

The screenshot shows the Revit interface with the 'Material' category selected in the Class List. The table below displays the properties for objects Obj33 through Obj38.

| Field | Units | Obj33 | Obj34 | Obj35 | Obj36 | Obj37 | Obj38 |
|---------------------|--------|--------------------|----------------|--------------|------------|-----------------|------------------|
| Name | | Asvestotsimentokor | Tsimentoplakes | Kisshrobeton | Ammohaliko | PlakakiaMosaiko | PlakakiaKeramika |
| Roughness | | MediumRough | MediumRough | MediumRough | Rough | MediumSmooth | MediumSmooth |
| Thickness | m | 0,04 | 0,025 | 0,03 | 0,3 | 0,02 | 0,015 |
| Conductivity | W/m-K | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 2 | 1,2 | 1,84 |
| Density | kg/m3 | 1250 | 1250 | 500 | 2200 | 1900 | 2000 |
| Specific Heat | J/kg-K | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 800 | 840 |
| Thermal Absorptance | | | | | | | |
| Solar Absorptance | | | | | | | |
| Visible Absorptance | | | | | | | |

Σχήμα 4.25: Υποκατηγορία ‘Material’ – Δομικά Υλικά

The screenshot shows the IES software interface with the 'Material' category selected in the Class List. The table below displays the properties for objects Obj36 through Obj41.

| Field | Units | Obj36 | Obj37 | Obj38 | Obj39 | Obj40 | Obj41 |
|---------------------|--------|-----------|-----------------|------------------|--------------|---------------|--------|
| Name | | Ammohalko | PlakakiaMosaiko | PlakakiaKeramika | Wood | Petrovavvakas | Steel |
| Roughness | | Rough | MediumSmooth | MediumSmooth | MediumSmooth | MediumSmooth | Smooth |
| Thickness | m | 0,3 | 0,02 | 0,015 | 0,045 | 0,03 | 0,002 |
| Conductivity | W/m-K | 2 | 1,2 | 1,84 | 0,13 | 0,04 | 50 |
| Density | kg/m3 | 2200 | 1900 | 2000 | 500 | 100 | 7800 |
| Specific Heat | J/kg-K | 1000 | 800 | 840 | 1600 | 840 | 450 |
| Thermal Absorptance | | | | | | | |
| Solar Absorptance | | | | | | | |
| Visible Absorptance | | | | | | | |

Σχήμα 4.26: Υποκατηγορία ‘Material’ – Δομικά Υλικά

- Υποκατηγορία ‘Window Material: Glazing’

Στην υποκατηγορία αυτή επιλέχθηκε το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα παράθυρα. Υπήρχαν ήδη κάποια έτοιμα υλικά μέσα στη βιβλιοθήκη του προγράμματος, από τα οποία και επιλέχθηκε το τζάμι ‘Clear 3mm’. Οι ιδιότητές του είναι αυτόματα συμπληρωμένες. Στην περίπτωση που δε χρησιμοποιηθεί κάποιο έτοιμο υλικό, απαραίτητα πεδία (με μπλε) που πρέπει να συμπληρωθούν είναι το όνομα, ο τύπος του γυαλιού και το πάχος του, καλό θα ήταν όμως να συμπληρωθούν και οι συντελεστές διαπερατότητας, διάχυσης, εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας της μπροστινής και της πίσω πλευράς.

Class List

- [0041] Material
- [0001] Material:NoMass
- [.....] Material:InfraredTransparent
- [0002] Material:AirGap
- [.....] Material:RoofVegetation
- [.....] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem
- [0007] WindowMaterial:Glazing
- [.....] WindowMaterial:GlazingGroup:Thermochromic
- [.....] WindowMaterial:Glazing:RefractionExtinctionMethod
- [0001] WindowMaterial:Gas
- [.....] WindowGap:SupportPillar
- [.....] WindowGap:DeflectionState
- [.....] WindowMaterial:GasMixture
- [.....] WindowMaterial:Gap

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Glass material properties for Windows or Glass Doors Transmittance/Reflectance input method.

Field Description: Used only when Optical Data Type = SpectralAverage Back Side is ID: N4

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 |
|--|-------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Name | | Clear 3mm | Theoretical Glass [1 | Theoretical Glass [1 | Theoretical Glass [1 |
| Optical Data Type | | SpectralAverage | SpectralAverage | SpectralAverage | SpectralAverage |
| Window Glass Spectral Data Set Name | | | | | |
| Thickness | m | 3,00000000E-03 | 3,00000000E-03 | 3,00000000E-03 | 3,00000000E-03 |
| Solar Transmittance at Normal Incidence | | 0,837 | 0,2374 | 0,2349 | 0,2325 |
| Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence | | 0,075 | 0,7126 | 0,7151 | 0,7175 |
| Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Visible Transmittance at Normal Incidence | | 0,898 | 0,2512 | 0,2512 | 0,3192 |
| Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence | | 0,081 | 0,6988 | 0,6988 | 0,6308 |
| Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Infrared Transmittance at Normal Incidence | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Front Side Infrared Hemispherical Emissivity | | 0,84 | 0,985 | 0,9 | 0,9 |
| Back Side Infrared Hemispherical Emissivity | | 0,84 | 0,985 | 0,9 | 0,9 |
| Conductivity | W/m-K | 0,9 | 2,1073 | 0,0415 | 0,0192 |

Σχήμα 4.27: Υποκατηγορία ‘Window Material: Glazing’ -Υλικά

- Υποκατηγορία ‘Window Material: Gas’

Όπως αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια. Συνεπώς, πρέπει να οριστεί το αέριο το οποίο θα παρεμβάλλεται ανάμεσα στα διπλά τζάμια. Επιλέγεται αέρας πάχους 13mm από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος (‘Window Gas Materials’).

Class List

- [.....] Material:InfraredTransparent
- [0002] Material:AirGap
- [.....] Material:RoofVegetation
- [.....] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem
- [0007] WindowMaterial:Glazing
- [.....] WindowMaterial:GlazingGroup:Thermochromic
- [.....] WindowMaterial:Glazing:RefractionExtinctionMethod
- [0001] WindowMaterial:Gas
- [.....] WindowGap:SupportPillar
- [.....] WindowGap:DeflectionState
- [.....] WindowMaterial:GasMixture
- [.....] WindowMaterial:Gap
- [.....] WindowMaterial:Shade
- [.....] WindowMaterial:ComplexShade
- [.....] WindowMaterial:Blind

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Gas

Field Description: ID: A1 Enter a alphanumeric v

| Field | Units | Obj1 |
|----------------------------|-------|----------|
| Name | | AIR 13MM |
| Gas Type | | Air |
| Thickness | m | 0,0127 |
| Conductivity Coefficient A | W/m-K | |

Σχήμα 4.28: Υποκατηγορία ‘Window Material: Gas’ - Υλικά

- Υποκατηγορία ‘Construction’

Αυτό το κομμάτι είναι επίσης από τα πιο σημαντικά του προγράμματος, διότι πρέπει να ορισθεί η δομή του κάθε στοιχείου της κατασκευής. Κάθε τοίχος, εσωτερικός, ή εξωτερικός, κάθε οροφή, εσωτερική, ή εξωτερική, τα πατώματα, τα παράθυρα και οι πόρτες, πρέπει να εισαχθούν στο πρόγραμμα με το όνομά τους και τις στρώσεις από τις οποίες αποτελούνται, ξεκινώντας από την εξωτερική στρώση και καταλήγοντας στην εσωτερική. Οι στρώσεις αυτές που χρησιμοποιούνται, τα δομικά υλικά, δηλαδή, αντλούνται από την υποκατηγορία ‘Material’, για όλα τα στοιχεία, εκτός από τα παράθυρα, τα οποία αντλούν τα υλικά τους από τις υποκατηγορίες ‘Window Material: Glazing’ και ‘Window Material: Gas’. Στις επόμενες εικόνες φαίνονται αναλυτικά τα δομικά στοιχεία με την ονομασία τους και τις στρώσεις από τις οποίες αποτελούνται. [35]

| Obj27 | Obj28 | Obj29 | Obj30 |
|------------------|----------------|----------------|--------------------|
| InteriorFloor | ExteriorWall | InteriorWall | ExteriorRoof |
| Asvestokoniama | Asvestokoniama | Asvestokoniama | Tsimentoplakes |
| OpISkyrodema | Brick 19cm | Brick 9cm | Asvestotsimentokor |
| PlakakiaKeramika | Asvestokoniama | Asvestokoniama | Kisshrobeton |
| | | | OpISkyrodema |
| | | | Asvestokoniama |
| | | | |
| | | | |

Σχήμα 4.29: Υποκατηγορία ‘Construction’ – Κατασκευαστικές Δομές

| Obj31 | Obj32 | Obj33 | Obj34 |
|------------------|----------------|---------------|------------------|
| InteriorCeiling | ExteriorWindow | ExteriorDoor | Dapedolsogeiou |
| PlakakiaKeramika | Clear 3mm | Steel | Ammohaliko |
| OpISkyrodema | AIR 13MM | Petrovamvakas | GrossBeton |
| Asvestokoniama | Clear 3mm | Steel | OpISkyrodema |
| | | | PlakakiaKeramika |
| | | | |
| | | | |

Σχήμα 4.30: Υποκατηγορία ‘Construction’ – Κατασκευαστικές Δομές

4.3.5 Thermal Zones and Surfaces

Στην κατηγορία αυτή περιγράφονται όλες οι θερμικές ζώνες με τις συντεταγμένες τους, τα χαρακτηριστικά τους και όλες τις επιφάνειες τις οποίες περιέχουν, καθώς και τις λεπτομέρειες αυτών. Συγκεκριμένα:

- Υποκατηγορία ‘Zone’

Στην υποκατηγορία αυτή εισάγονται αυτόματα από το σχεδιαστικό πρόγραμμα όλες οι θερμικές ζώνες του κτιρίου που έχουν δημιουργηθεί, με την ονομασία τους και τις συντεταγμένες τους.

- Υποκατηγορία ‘Zone List’

Σε αυτό το σημείο του προγράμματος δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει ομάδες θερμικών ζωνών, για την καλύτερη προσομοίωση του κτιρίου, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενες κατηγορίες, όπως π.χ. στα εσωτερικά θερμικά κέρδη. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέγεται να δημιουργηθούν δύο ομάδες θερμικών ζωνών, μία για όλα τα γραφεία, αίθουσες και ακροατήρια και μία για όλους τους κοινόχρηστους χώρους και το χώρο στάθμευσης.

| Obj2 | Obj3 |
|---------------------|---------------------|
| Grafeia | Koinoxrhstoi Xwroi |
| AAithousesNorth | AKoinoxrhstoi |
| AAithousesSouth | Garage |
| AAithousesWest | IslroonKoinoxrhstoi |
| GrafeiaEast | IsKolKoinoxrhstoi |
| GrafeiaEswt | Koinoxrhstoi |
| GrafeiaNorth | |
| GrafeiaSouth | |
| GrafeiaWest | |
| IslroonGrafeiaEswt | |
| IslroonGrafeiaNorth | |

Σχήμα 4.31: Υποκατηγορία ‘Zone List’ - Ομάδες Θερμικών Ζωνών

- Υποκατηγορία ‘Building Surface: Detailed’

Η υποκατηγορία αυτή είναι από τις πιο σημαντικές του προγράμματος, καθώς κάθε επιφάνεια που έχει δημιουργηθεί στο SketchUp, εισάγεται αυτόματα στο EnergyPlus με όλα τα χαρακτηριστικά της. Στο πεδίο ‘Name’ εισάγεται το όνομα της κάθε επιφάνειας, το οποίο είναι ένας αριθμός. Στο πεδίο ‘Surface Type’ δηλώνεται ο τύπος της επιφάνειας, δηλαδή αν είναι τοίχος, οροφή, ή δάπεδο και στο ‘Construction Name’ επιλέγεται ο τύπος της κατασκευής, δηλαδή αν είναι εσωτερικός, ή εξωτερικός τοίχος, εσωτερική, ή εξωτερική οροφή, δάπεδο εσωτερικό, ή δάπεδο του πρώτου ισογείου. Οι επιλογές αυτές αντλούνται από την καρτέλα ‘Construction’ της κατηγορίας που περιγράφηκε προηγουμένως. Στο πεδίο ‘Zone Name’ έχει εισαχθεί αυτόματα από το πρόγραμμα το όνομα της θερμικής ζώνης στην οποία ανήκει η επιφάνεια και στο πεδίο ‘Outside Boundary Condition’ περιγράφονται οι συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό της επιφάνειας αυτής, δηλαδή αν αυτό έρχεται σε επαφή με το έδαφος, με κάποια άλλη επιφάνεια, ή με τον εξωτερικό αέρα. Αυτό το πεδίο συμπληρώνεται αυτόματα από το πρόγραμμα και συνήθως οι πληροφορίες αυτές είναι σωστές, μπορεί όμως να χρειαστεί να συμπληρωθεί, ή να αλλάχθει κάτι. Τέλος, τα πεδία ‘Sun Exposure’ και ‘Wind Exposure’ συμπληρώνονται καταλλήλως, ανάλογα με το αν η επιφάνεια είναι εξωτερική, ή εσωτερική.

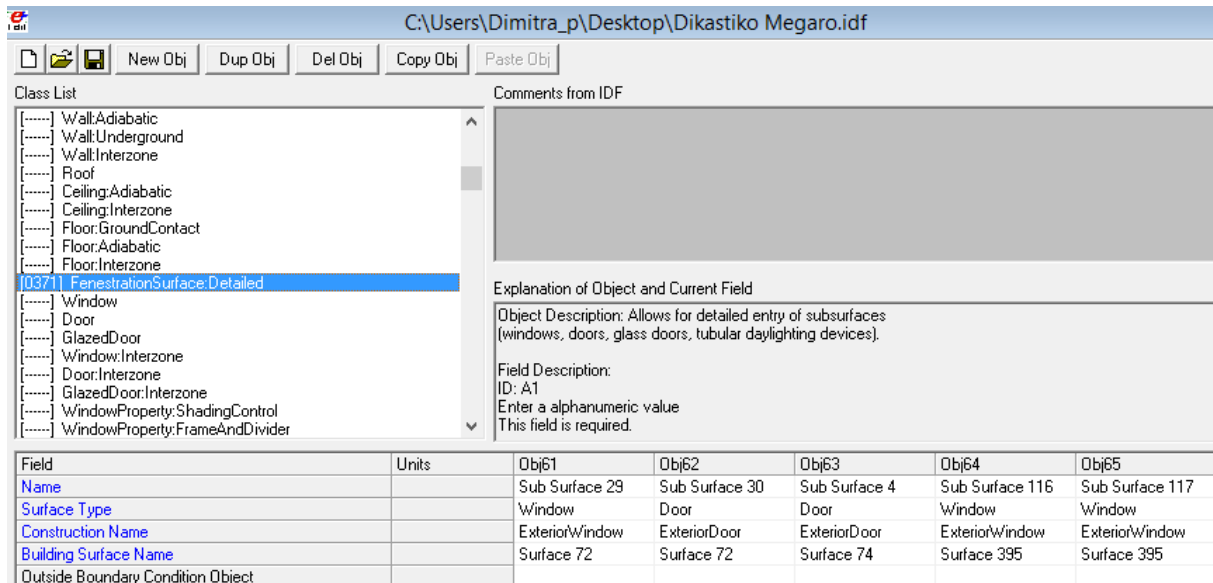
Στην επόμενη εικόνα φαίνονται ενδεικτικά κάποιες από τις επιφάνειες του κτιρίου με τα χαρακτηριστικά τους και τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό τους.

| Field | Units | Obj145 | Obj146 | Obj147 | Obj148 | Obj149 | Obj150 |
|-----------------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| Name | | Surface 688 | Surface 689 | Surface 755 | Surface 367 | Surface 368 | Surface 369 |
| Surface Type | | Wall | Wall | Roof | Floor | Wall | Wall |
| Construction Name | | InteriorWall | ExteriorWall | ExteriorRoof | InteriorFloor | InteriorWall | InteriorWall |
| Zone Name | | GrafeiaEast | GrafeiaEast | GrafeiaEast | GrafeiaEswt | GrafeiaEswt | GrafeiaEswt |
| Outside Boundary Condition | | Surface | Outdoors | Outdoors | Surface | Surface | Surface |
| Outside Boundary Condition Object | | Surface 594 | | | Surface 419 | Surface 382 | Surface 362 |
| Sun Exposure | | NoSun | SunExposed | SunExposed | NoSun | NoSun | NoSun |
| Wind Exposure | | NoWind | WindExposed | WindExposed | NoWind | NoWind | NoWind |
| View Factor to Ground | | | | | | | |
| Number of Vertices | | | | | | | |

Σχήμα 4.32: Υποκατηγορία ‘Building Surface: Detailed’ – Επιφάνειες Κτιρίου

- Υποκατηγορία ‘Fenestration Surface: Detailed’

Όπως στην προηγούμενη υποκατηγορία, αντίστοιχα και σε αυτήν εισάγονται αυτόματα όλες οι υπό-επιφάνειες του κτιρίου, οι οποίες αναφέρονται στα ανοίγματα (παράθυρα και πόρτες). Στο πεδίο ‘Name’ εισάγεται αυτόματα το όνομα της επιφάνειας με έναν αριθμό και στο πεδίο ‘Surface Type’ δηλώνεται αν η επιφάνεια αυτή είναι πόρτα, ή παράθυρο. Στη συνέχεια, στο πεδίο ‘Construction Name’ επιλέγεται από την καρτέλα η κατασκευαστική δομή του ανοίγματος, η οποία αντλείται όπως και προηγουμένως από την υποκατηγορία ‘Construction’ και τέλος, στο πεδίο ‘Building Surface Name’ δηλώνεται η επιφάνεια στην οποία ανήκει το άνοιγμα και συμπληρώνεται αυτόματα από το πρόγραμμα.



Σχήμα 4.33: Υποκατηγορία ‘Fenestration Surface: Detailed’ – Επιφάνειες Κτιρίου

Σημειώνεται ότι αν έχουν σχεδιαστεί επιφάνειες σκίασης, αυτές εισάγονται στην καρτέλα ‘Shading: Building: Detailed’.

4.3.6 Internal Gains

Για τη σωστή προσομοίωση του κτιρίου είναι απαραίτητο να συμπληρωθεί αυτή η κατηγορία, η οποία εξετάζει τα εσωτερικά θερμικά κέρδη που προκύπτουν από τους χρήστες, τον τεχνητό φωτισμό και τη λειτουργία του ηλεκτρικού εξοπλισμού.

- Υποκατηγορία ‘People’

Τα εσωτερικά κέρδη που προκύπτουν από τους χρήστες, είναι στην ουσία η θερμική ενέργεια που εκλύεται λόγω του μεταβολισμού τους και εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται μέσα στο κτίριο, το ωράριό τους και το είδος της δραστηριότητάς τους.

Στο πεδίο ‘Name’ συμπληρώνεται το όνομα του αντικειμένου, στην περίπτωση αυτή δημιουργήθηκαν δύο αντικείμενα, ένα για το χώρο των γραφείων και ένα για τους κοινόχρηστους χώρους. Στο πεδίο ‘Zone or Zone List Name’ επιλέγεται από τη λίστα η ζώνη στην οποία αναφέρεται το αντικείμενο, ή η ομάδα θερμικών ζωνών από αυτές που δημιουργήθηκαν στην προηγούμενη κατηγορία. Στη συνέχεια, στο ‘Number of People Schedule Name’ επιλέγεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα που έχει χρησιμοποιηθεί και αναφέρεται στην πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, για το χώρο των γραφείων και για τους κοινόχρηστους. Στο πεδίο ‘Number of People Calculation Method’ επιλέγεται στη συγκεκριμένη περίπτωση αριθμός ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο και στο ‘People per Zone Floor Area’, σύμφωνα με τον Κτιριοδομικό Κανονισμό του Τ.Ε.Ε., χρησιμοποιείται η τιμή

0.1. [36] Το ‘Fraction Radiant’ αναφέρεται στο ποσοστό της θερμότητας που εκπέμπεται από το χρήστη και λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Τελικώς, τέθηκε η τιμή 0.3. Τελευταίο πεδίο που πρέπει να συμπληρωθεί σε αυτήν την κατηγορία είναι το ‘Activity Level Schedule Name’, στο οποίο επιλέγεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα ανθρώπινης δραστηριότητας που δημιουργήθηκε στην κατηγορία ‘Schedules’. Όλες αυτές οι πληροφορίες φαίνονται στην επόμενη εικόνα. [19]

| Field | Units | Obj1 | Obj2 |
|--|-----------|----------------------|----------------------|
| Name | | PeopleGrafeia | PeopleKoinoxrhstoi |
| Zone or ZoneList Name | | Grafeia | KoinoxrhstoiXwroi |
| Number of People Schedule Name | | SchGrafeiaPeople | SchKoinoxrPeople |
| Number of People Calculation Method | | People/Area | People/Area |
| Number of People | | | |
| People per Zone Floor Area | person/m2 | 0,1 | 0,1 |
| Zone Floor Area per Person | m2/person | | |
| Fraction Radiant | | 0,3 | 0,3 |
| Sensible Heat Fraction | | autocalculate | autocalculate |
| Activity Level Schedule Name | | SchGrafeiaActivity | SchKoinoxrActivity |
| Carbon Dioxide Generation Rate | m3/s-W | 0,0000000382 | 0,0000000382 |
| Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings | | No | No |
| Mean Radiant Temperature Calculation Type | | ZoneAveraged | ZoneAveraged |
| Surface Name/Angle Factor List Name | | | |
| Work Efficiency Schedule Name | | | |
| Clothing Insulation Calculation Method | | ClothingInsulationSc | ClothingInsulationSc |
| Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name | | | |

Σχήμα 4.34: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘People’

- Υποκατηγορία ‘Lights’

Από τον τεχνητό φωτισμό προκύπτουν, επίσης, εσωτερικά θερμικά κέρδη, τα οποία εξαρτώνται από την ισχύ του φωτισμού αυτού, τα ωράρια λειτουργίας του, κ.ά. Συγκεκριμένα, στο πεδίο ‘Name’ πρέπει να συμπληρωθεί το όνομα του αντικειμένου, στο

‘Zone or Zone List Name’, όπως και προηγουμένως, επιλέγεται η ομάδα θερμικών ζωνών στην οποία αναφέρεται ο τεχνητός φωτισμός και στο ‘Schedule Name’ το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του. Στο ‘Design Level Calculation Method’ επιλέγεται η μέθοδος ‘Watts/Area’ και στο αντίστοιχο πεδίο συμπληρώνονται τα απαιτούμενα W/m^2 . Σύμφωνα με το T.E.E. για χώρους γραφείων, προτείνεται ισχύς $19 W/m^2$ και σύμφωνα με το ASHRAE 11,9 για συμβατικούς λαμπτήρες. Συνεπώς, επιλέχθηκε η τιμή 16 για τους χώρους των γραφείων και η τιμή 11,9 για τους κοινόχρηστους. Στα πεδία ‘Return Air Fraction’, ‘Fraction Radiant’, ‘Fraction Visible’ και ‘Fraction Replaceable’ τέθηκαν οι τυπικές τιμές 0, 0,42 , 0,18 και 1. [37], [38]

Object Description: Sets internal gains for lights in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field to all the zones in the ZoneList.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value

| Field | Units | Obj1 | Obj2 |
|--|------------------|------------------|---------------------|
| Name | | LightsGrafeia | LightsKoinoxrhstois |
| Zone or ZoneList Name | | Grafeia | KoinoxrhstoisXwroi |
| Schedule Name | | SchGrafeiaLights | SchKoinoxrhLights |
| Design Level Calculation Method | | Watts/Area | Watts/Area |
| Lighting Level | W | | |
| Watts per Zone Floor Area | W/m ² | 16 | 11,9 |
| Watts per Person | W/person | | |
| Return Air Fraction | | 0 | 0 |
| Fraction Radiant | | 0,42 | 0,42 |
| Fraction Visible | | 0,18 | 0,18 |
| Fraction Replaceable | | 1 | 1 |
| End-Use Subcategory | | General | General |
| Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature | | No | No |
| Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co | | | |
| Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co | 1/K | | |

Σχήμα 4.35: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Lights’

- Υποκατηγορία ‘Electric Equipment’

Με την ίδια λογική, όπως με τον τεχνητό φωτισμό, πρέπει να υπολογιστούν και τα εσωτερικά κέρδη από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό. Στον εξοπλισμό αυτό, σημειώνεται ότι δε συμπεριλαμβάνεται το σύστημα ψύξης-θέρμανσης. Όμοια με τις προηγούμενες υποκατηγορίες συμπληρώνονται τα πεδία ‘Name’, ‘Zone or Zone List Name’ και ‘Schedule Name’. Στη συνέχεια, στο πεδίο ‘Design Level Calculation Method’ επιλέγεται ‘Watts/Area’ με τυπικές τιμές 20 W/m² για τα γραφεία και 10 W/m² για τους κοινόχρηστους χώρους. Για τα τρία τελευταία πεδία που απαιτείται να συμπληρωθούν, ‘Fraction Latent’, ‘Fraction Radiant’ και ‘Fraction Lost’ τίθενται οι τυπικές τιμές 0, 0,35 και 0. Δηλαδή δεν έχουμε απώλειες ή λανθάνουσα θερμότητα. [6], [19]

| Field | Units | Obj1 | Obj2 |
|---------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Name | | ElectricEqGrafeia | ElectricEqKoinoxr |
| Zone or ZoneList Name | | Grafeia | Koinoxrhstoi Xwroi |
| Schedule Name | | SchGrafeiaEleEq | SchKoinoxrEleEq |
| Design Level Calculation Method | | Watts/Area | Watts/Area |
| Design Level | W | | |
| Watts per Zone Floor Area | W/m ² | 20 | 10 |
| Watts per Person | W/person | | |
| Fraction Latent | | 0 | 0 |
| Fraction Radiant | | 0,35 | 0,35 |
| Fraction Lost | | 0 | 0 |
| End-Use Subcategory | | General | General |

Σχήμα 4.36: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Electric Equipment’

4.3.7 Zone Airflow

Σε αυτήν την κατηγορία πρέπει να οριστεί άλλο ένα σημαντικό μέρος της κατανάλωσης ενέργειας, η ροή του αέρα. Αυτή γίνεται με δύο τρόπους: είτε με τον αθέλητο αερισμό, είτε με τον φυσικό αερισμό, βάση των χρονοδιαγραμμάτων που δημιουργήθηκαν.

- Υποκατηγορία ‘Zone Infiltration: Design Flow Rate’

Η υποκατηγορία αυτή αναφέρεται στον αθέλητο αερισμό, που όπως προαναφέρθηκε μπορεί να προέρχεται από τα κουφώματα, ή το κλείσιμο και άνοιγμα των ανοιγμάτων και είναι έμμεσος.

Συνεπώς, απαραίτητο είναι να συμπληρωθούν τα εξής πεδία: Στο ‘Name’ δηλώνεται το όνομα του αντικειμένου που δημιουργείται, στο ‘Zone or Zone List Name’ επιλέγεται η αντίστοιχη ομάδα θερμικών ζωνών στην οποία αναφέρεται ο αερισμός, στο ‘Schedule Name’ και για τα δύο αντικείμενα (γραφεία και κοινόχρηστους) επιλέγεται το χρονοδιάγραμμα ‘On’, διότι θεωρείται ότι η διήθηση του αέρα είναι συνεχής και σταθερή σε όλο το κέλυφος του κτιρίου. Στο πεδίο ‘Design Flow Rate Calculation Method’ πρέπει να επιλεγθεί η μέθοδος με την οποία γίνεται ο αερισμός. Επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος ‘Air Changes/Hour’, δηλαδή αριθμός εναλλαγών του αέρα ανά ώρα. Για τον αθέλητο αερισμό, τίθεται η τιμή 0,5 για όλους τους χώρους. [19]

The screenshot shows a software interface with a 'Class List' on the left and a 'Field' table at the bottom. The 'Class List' includes various HVAC-related classes, with 'Zone Infiltration: Design Flow Rate' selected. The 'Field' table provides detailed parameters for this category, including units and values for two objects (Obj1 and Obj2).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 |
|-------------------------------------|---------|---------------------|------------------------|
| Name | | InfiltrationGrafeia | InfiltrationKoinoxrhst |
| Zone or ZoneList Name | | Grafeia | Koinoxrhstois Xwroi |
| Schedule Name | | On | On |
| Design Flow Rate Calculation Method | | AirChanges/Hour | AirChanges/Hour |
| Design Flow Rate | m3/s | | |
| Flow per Zone Floor Area | m3/s-m2 | | |
| Flow per Exterior Surface Area | m3/s-m2 | | |
| Air Changes per Hour | 1/hr | 0,5 | 0,5 |
| Constant Term Coefficient | | 1 | 1 |
| Temperature Term Coefficient | | 0 | 0 |
| Velocity Term Coefficient | | 0 | 0 |
| Velocity Squared Term Coefficient | | 0 | 0 |

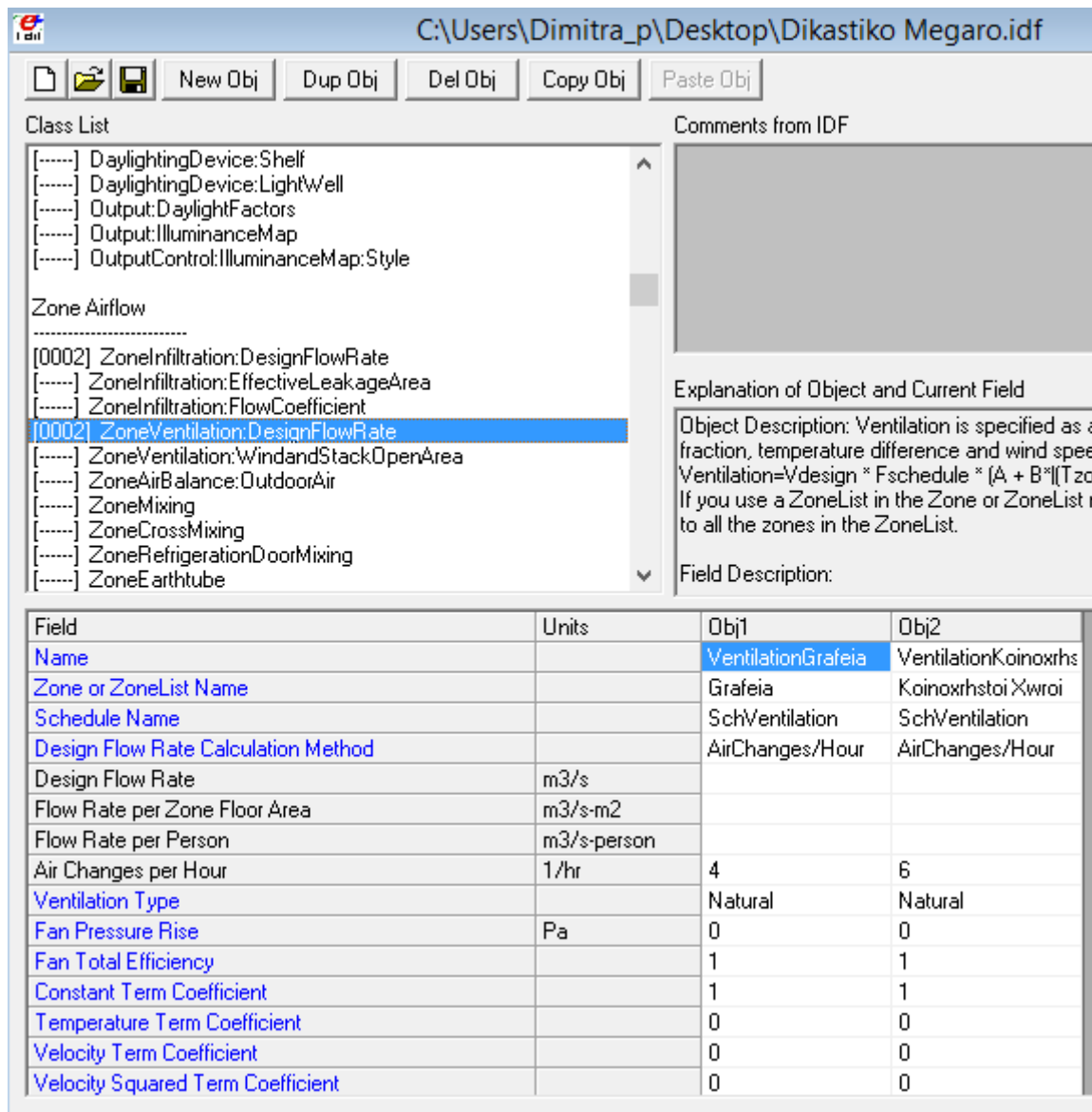
Σχήμα 4.37: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Zone Infiltration: Design Flow Rate’

- Υποκατηγορία ‘Zone Ventilation: Design Flow Rate’

Ο άμεσος αερισμός είναι πολύ σημαντικός, προκειμένου να ανανεώνεται με φρέσκο αέρα το κτίριο και να απομακρύνεται η θερμική μάζα από αυτό, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Υλοποιείται μέσω των ανοιγμάτων, κυρίως των παραθύρων και εξαρτάται από τα χρονοδιαγράμματα αερισμού του κτιρίου.

Όμοια με την προηγούμενη υποκατηγορία συμπληρώνονται τα πεδία ‘Name’ και ‘Zone or Zone List Name’. Όσον αφορά στο πεδίο ‘Schedule Name’, επιλέγεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα αερισμού για τα γραφεία και τους κοινόχρηστους χώρους, από αυτά της κατηγορίας ‘Schedule’. Η μέθοδος αερισμού που επιλέγεται και σε αυτήν την υποκατηγορία είναι οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα και η τιμή για τα γραφεία είναι ίση με 4 εναλλαγές, ενώ για τους κοινόχρηστους είναι 6. Στο πεδίο ‘Ventilation Type’ επιλέγεται ο φυσικός αερισμός.

Όλες αυτές οι πληροφορίες φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Σχήμα 4.38: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Zone Ventilation: Design Flow Rate’

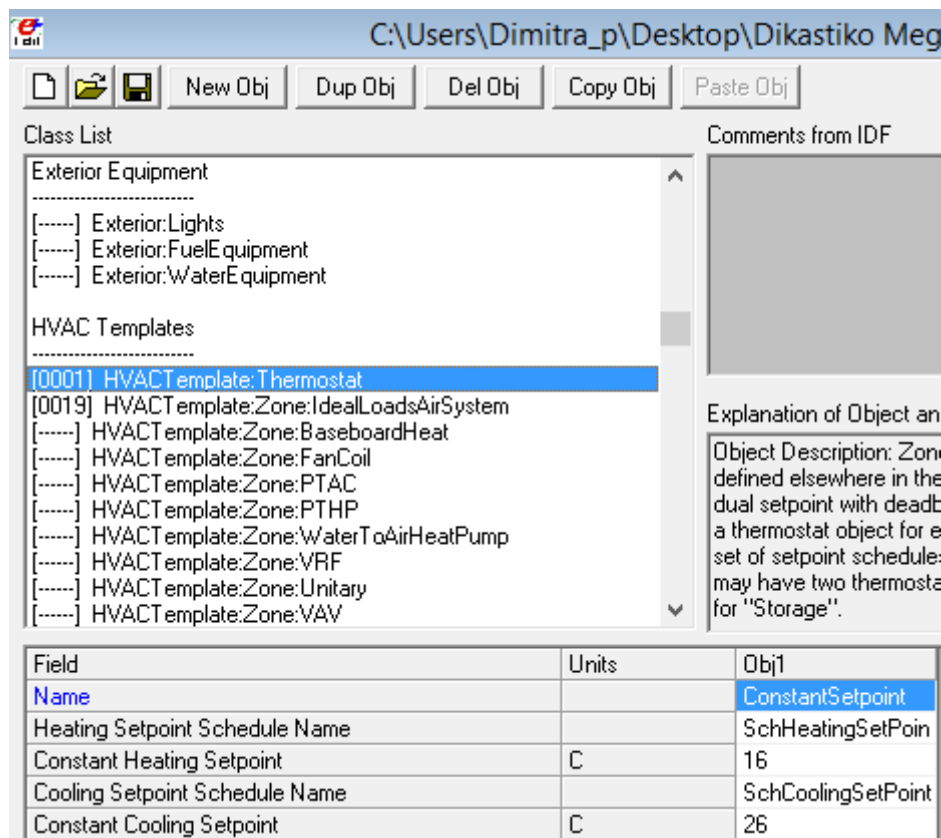
4.3.8 HVAC Templates

Αυτή η κατηγορία σχετίζεται με τα συστήματα κλιματισμού. Για ένα απλό σύστημα θέρμανσης-ψύξης χρησιμοποιούνται οι εξής υποκατηγορίες:

- Υποκατηγορία ‘HVAC Template: Thermostat’

Σε αυτό το σημείο δίνεται η δυνατότητα στο μελετητή να ορίσει το σύστημα θέρμανσης-ψύξης του κτιρίου μέσα στο πρόγραμμα. Δημιουργείται ένα μόνο αντικείμενο, το οποίο ονομάζεται ‘Constant Setpoint’ στο πεδίο ‘Name’ και χρησιμοποιεί τα χρονοδιαγράμματα που έχουν δημιουργηθεί ειδικά για τον κλιματισμό, για θέρμανση και ψύξη, στα αντίστοιχα πεδία.

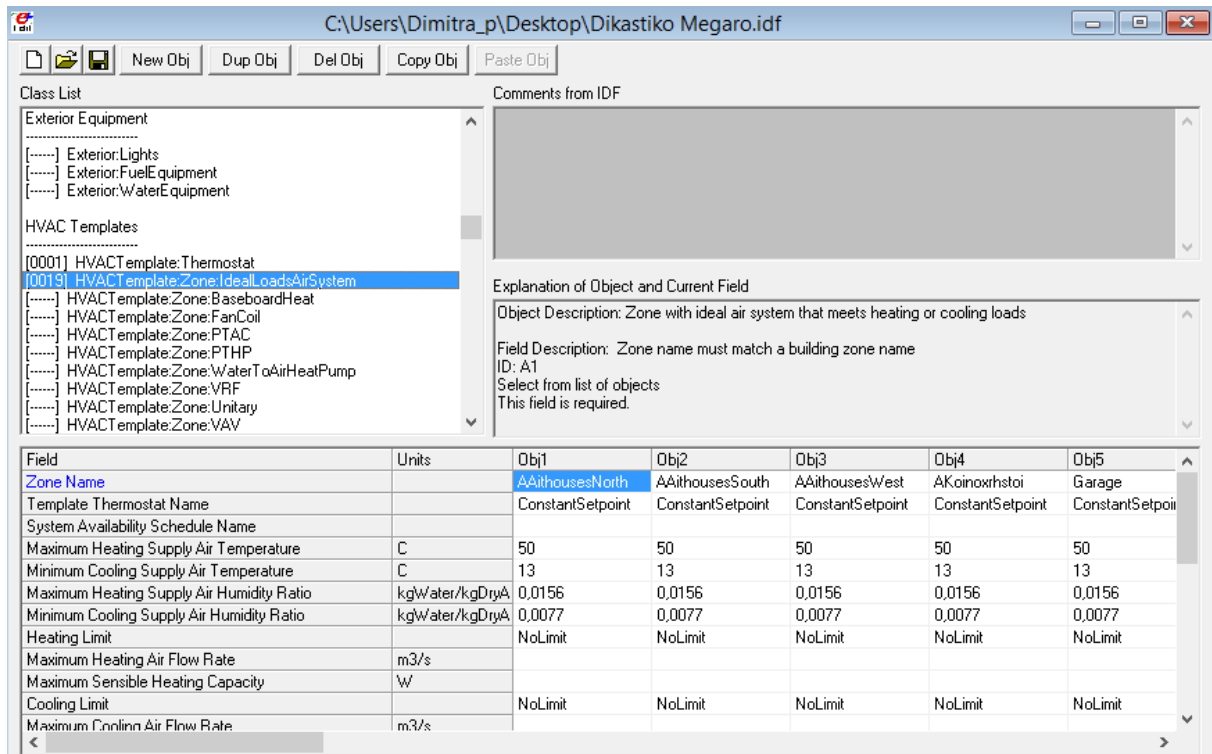
Στην υποκατηγορία αυτή μπορεί να οριστεί και ένας θερμοστάτης, ο οποίος στην ουσία ορίζει πότε θα τεθεί σε λειτουργία το σύστημα κλιματισμού. Ο θερμοστάτης αυτός χρειάζεται, διότι τους μήνες Απρίλη και Οκτώβρη, ο κλιματισμός δε χρειάζεται να λειτουργεί. Συνεπώς, στο πεδίο ‘Constant Heating Setpoint’ συμπληρώνεται ο αριθμός 16 (σε °C), το οποίο υποδηλώνει ότι αν η θερμοκρασία πέσει κάτω από αυτό το όριο, ενεργοποιείται ο κλιματισμός. Αντίστοιχα, στο πεδίο ‘Constant Cooling Setpoint’ εκτιμήθηκε ότι οι 26 °C είναι ένα καλό όριο, το οποίο όταν ξεπεραστεί, θα σημάνει την ενεργοποίηση του συστήματος ψύξης.



Σχήμα 4.39: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘HVAC Template: Thermostat’

- Υποκατηγορία ‘HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System’

Αυτή η υποκατηγορία ορίζει σε ποιες θερμικές ζώνες είναι διαθέσιμο το σύστημα κλιματισμού. Συνεπώς, χρειάζεται να δημιουργηθεί ένα αντικείμενο για κάθε ζώνη, στην οποία λειτουργεί αυτό το σύστημα. Στο πεδίο ‘Zone Name’ επιλέγεται κάθε φορά το όνομα της αντίστοιχης ζώνης και στο ‘Template Thermostat Name’ επιλέγεται το σύστημα κλιματισμού.



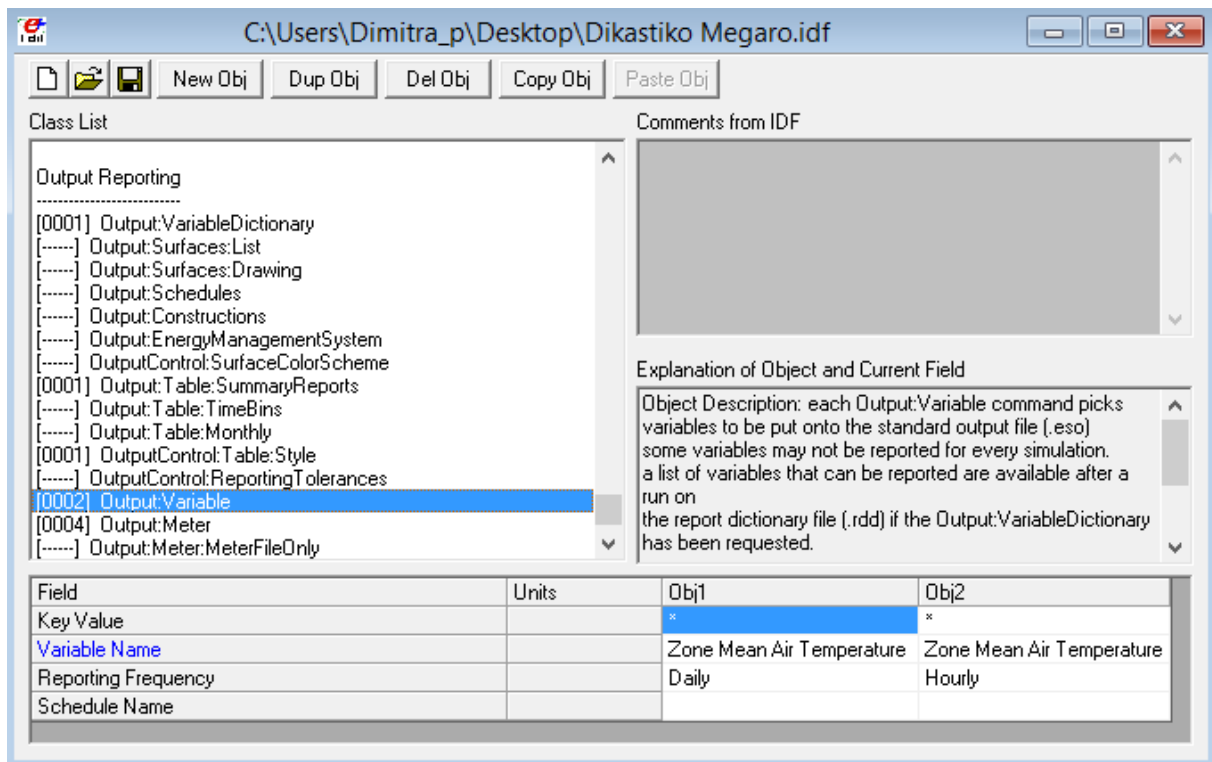
Σχήμα 4.40: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System’

4.3.9 Output Reporting

Στην κατηγορία αυτή καλείται ο χρήστης του προγράμματος να επιλέξει τα αποτελέσματα που θέλει να εμφανίσει το πρόγραμμα. Οι συνηθέστερες μεταβλητές που ζητούνται είναι οι θερμοκρασίες της κάθε ζώνης και η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου.

- Υποκατηγορία ‘Output: Variable’

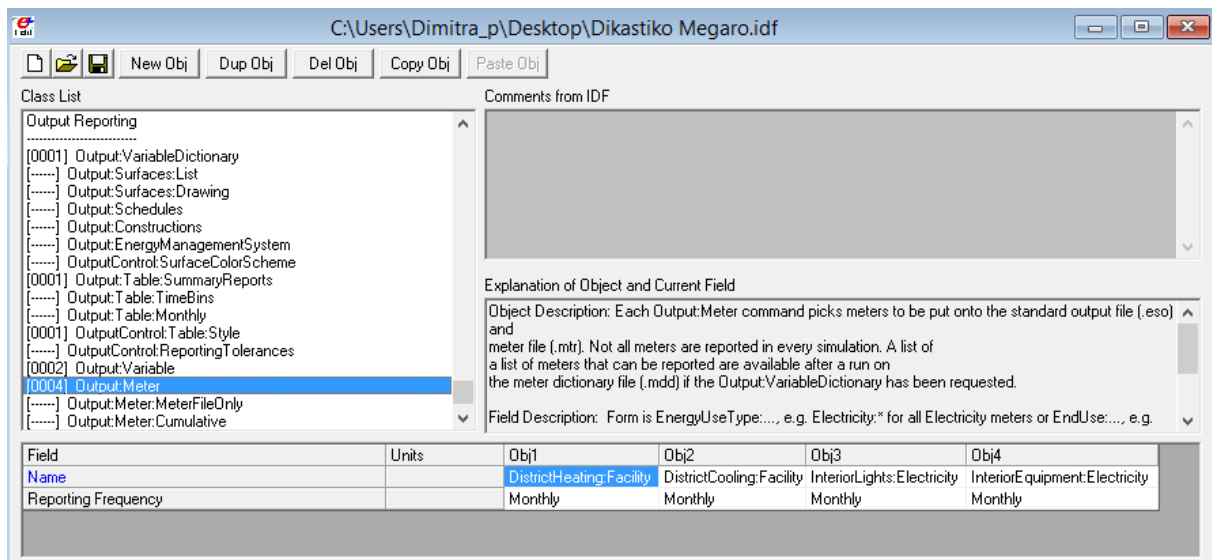
Επιλέχθηκε να δημιουργηθούν δύο αντικείμενα στην υποκατηγορία αυτή. Αφορούν και τα δύο τη μέση θερμοκρασία του αέρα κάθε θερμικής ζώνης, αλλά στο ένα επιλέγεται ως χρονικό βήμα ‘Daily’, δηλαδή ημερήσια και στο άλλο αντικείμενο επιλέγεται ‘Hourly’, δηλαδή ωριαία. Έτσι, στο πεδίο ‘Variable Name’ από τη λίστα με όλες τις μεταβλητές, για τις οποίες μπορεί να εξάγει αποτελέσματα το πρόγραμμα, επιλέχθηκε το ‘Zone Mean Air Temperature’. Σημειώνεται ότι θα μπορούσε να δημιουργηθεί μόνο ένα αντικείμενο και απλά ο χρήστης να τρέξει το πρόγραμμα δύο φορές, αλλάζοντας το χρονικό βήμα.



Σχήμα 4.41: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Output: Variable’

- Υποκατηγορία ‘Output: Meter’

Τα αποτελέσματα σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις θα εξαχθούν συμπληρώνοντας αυτήν την καρτέλα. Δημιουργήθηκαν 4 αντικείμενα συνολικά για τις επιμέρους καταναλώσεις. Συγκεκριμένα, στο πεδίο ‘Name’, επιλέχθηκαν τα ‘District Heating: Facility’, ‘District Cooling: Facility’, ‘Interior Lights: Electricity’ και ‘Interior Equipment: Electricity’ στο αντίστοιχο πεδίο του κάθε αντικειμένου. Στο πεδίο ‘Reporting Frequency’ επιλέχθηκε ‘Monthly’, έτσι ώστε να εξαχθούν οι μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις για θέρμανση, ψύξη, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό ξεχωριστά.

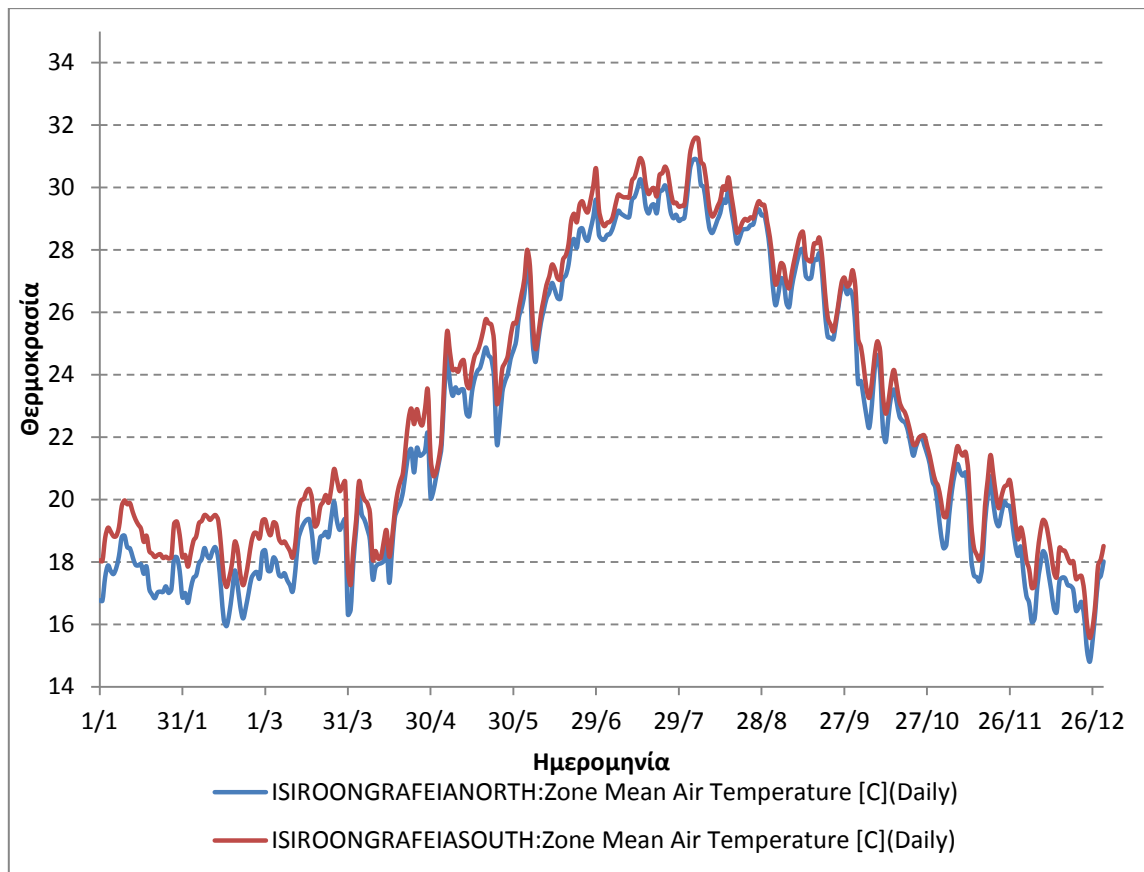


Σχήμα 4.42: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Output: Meter’

Οι ενεργειακές καταναλώσεις που εξάγονται από το πρόγραμμα έχουν μονάδα μέτρησης τα Joules (J). Για να γίνει η μετατροπή σε kWh, έτσι ώστε να γίνει κοστολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας του κτιρίου, σημειώνεται ότι $1 \text{ J} = 2.777778 \times 10^{-7} \text{ kWh}$.

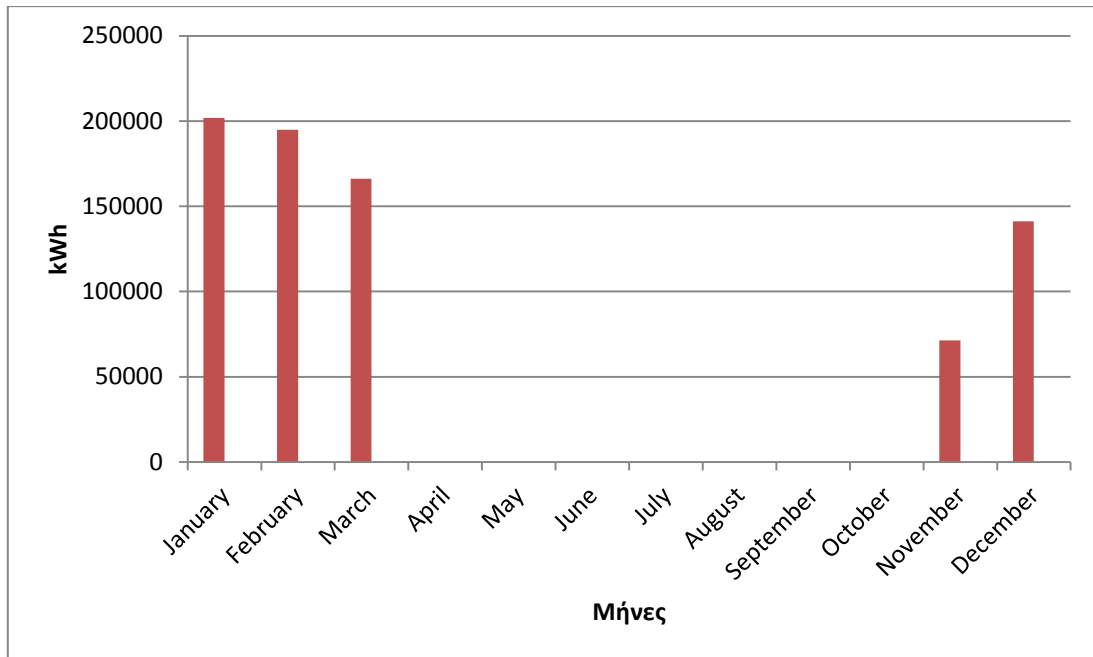
4.4 Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Αρχικά, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα, ενδεικτικά, το οποίο αφορά τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες δύο διαφορετικών θερμικών ζωνών. Επιλέχθηκαν δύο ζώνες ενός ορόφου, οι ‘IsIroonGrafeiaNorth’ και ‘IsIroonGrafeiaSouth’, όπως ονομάστηκαν στο πρόγραμμα. Το ενδιαφέρον είναι ότι στο γράφημα που ακολουθεί, φαίνεται ότι η νότια ζώνη του ορόφου έχει αισθητά μεγαλύτερες θερμοκρασίες καθ’ όλη τη διάρκεια του χρόνου σε σχέση με την βόρεια ζώνη, το οποίο είναι απολύτως λογικό, διότι η νότια πλευρά του κτιρίου δε σκιάζεται, με συνέπεια να δέχεται μεγαλύτερα ποσά ηλιακής και θερμικής ακτινοβολίας από ότι η βόρεια πλευρά. Η διαφορά αυτή στις θερμοκρασίες των δύο θερμικών ζωνών μπορεί να φτάσει και τους 1,5 °C.

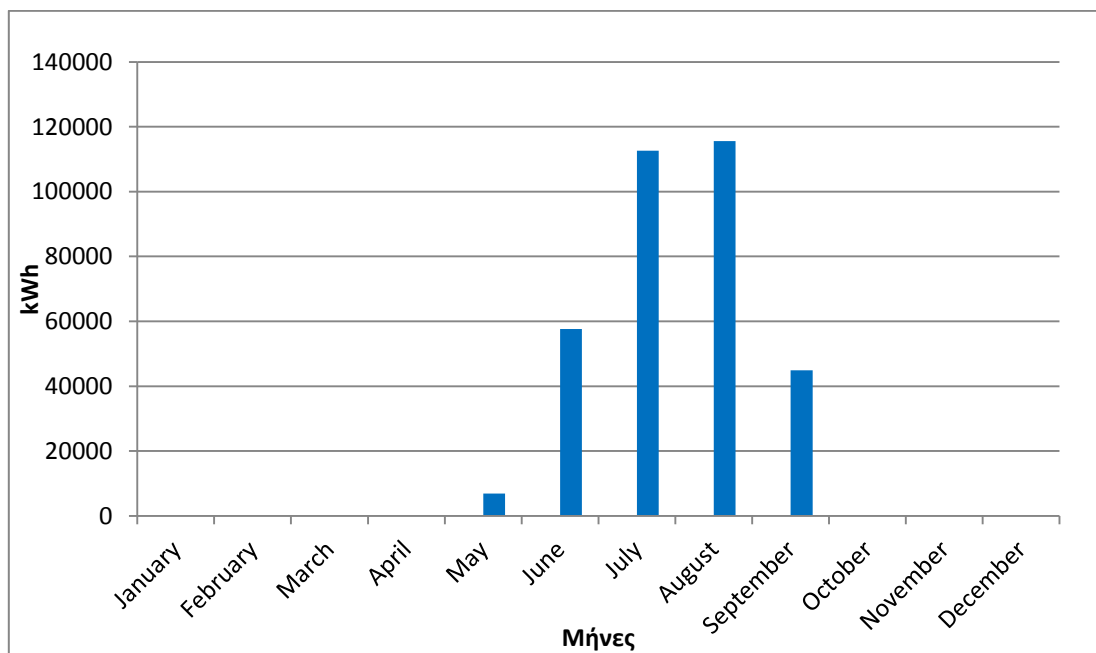


Σχήμα 4.43: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Ζωνών IsIroonGrafeiaNorth και IsIroonGrafeiaSouth

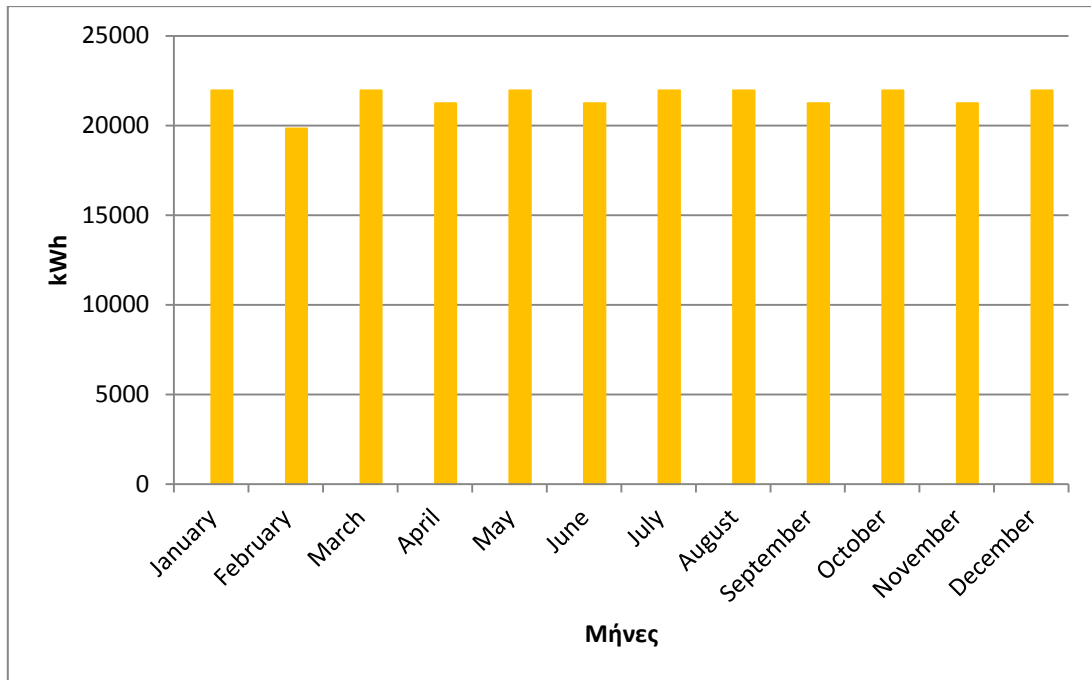
Στα επόμενα διαγράμματα φαίνονται οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου που χρειάζονται αναλυτικά κάθε μήνα για θέρμανση, ψύξη, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό, αντίστοιχα.



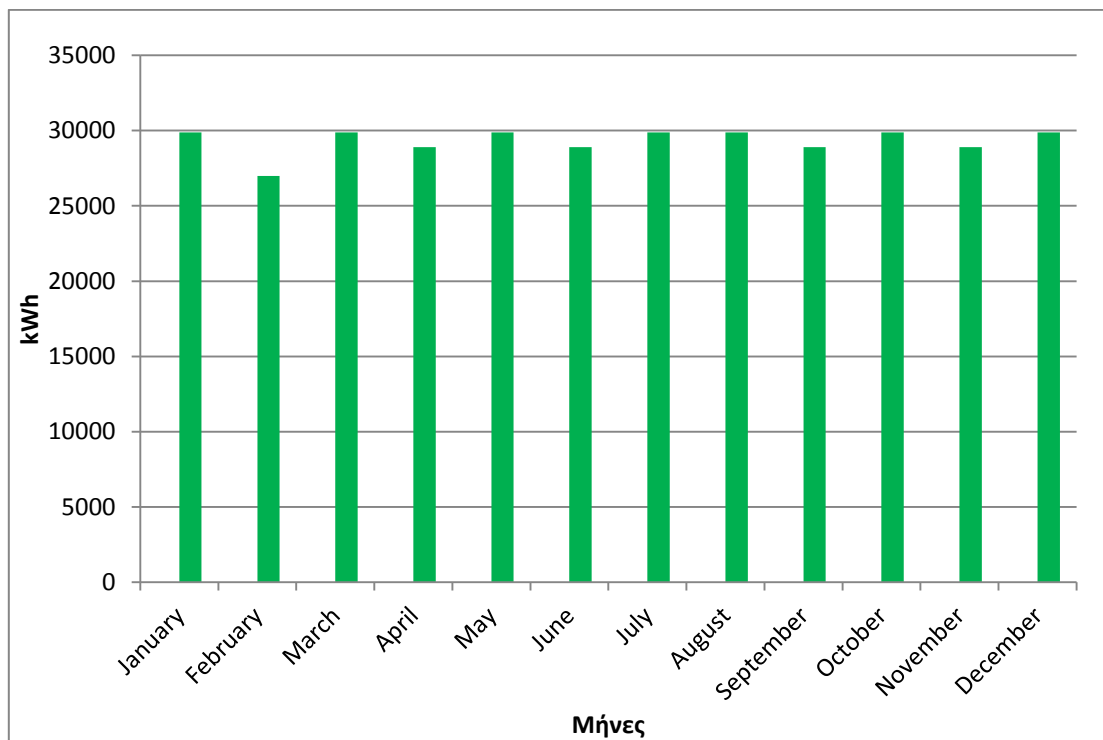
Σχήμα 4.44: Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας Θέρμανσης Κτιρίου



Σχήμα 4.45: Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας Ψύξης Κτιρίου

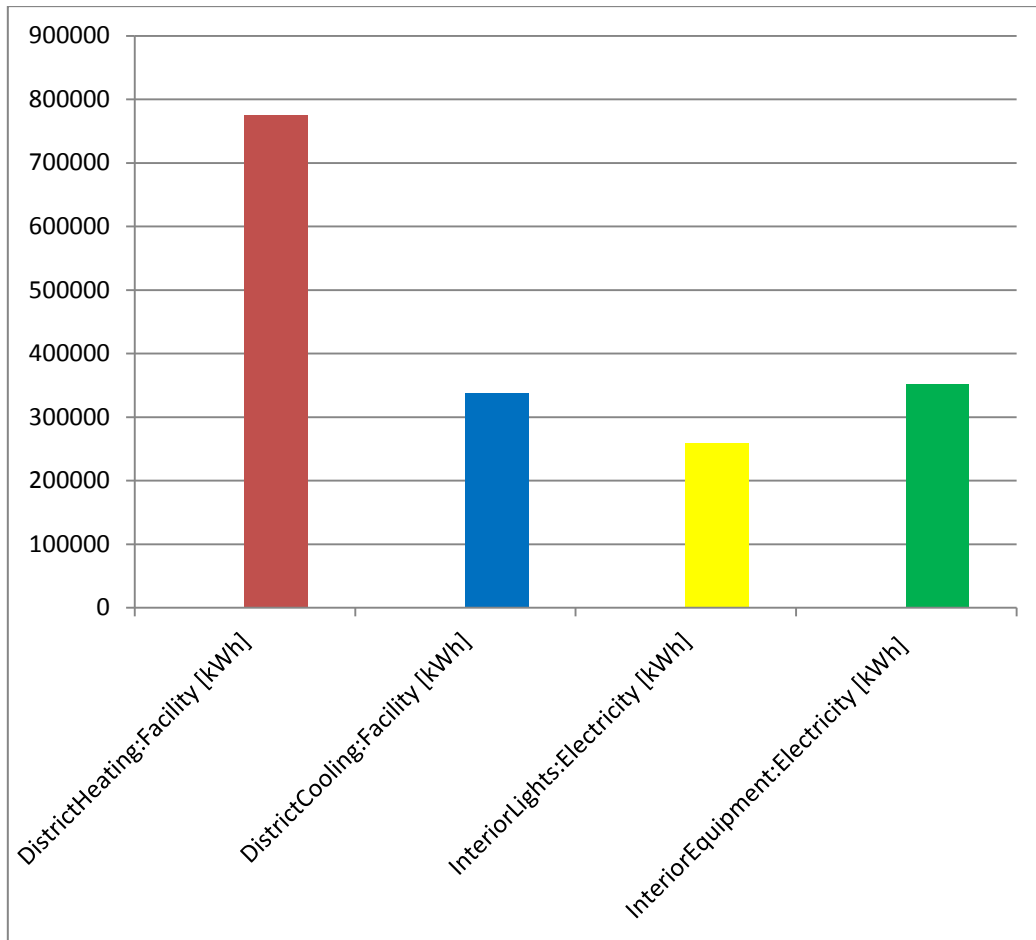


Σχήμα 4.46: Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας Τεχνητού Φωτισμού Κτιρίου



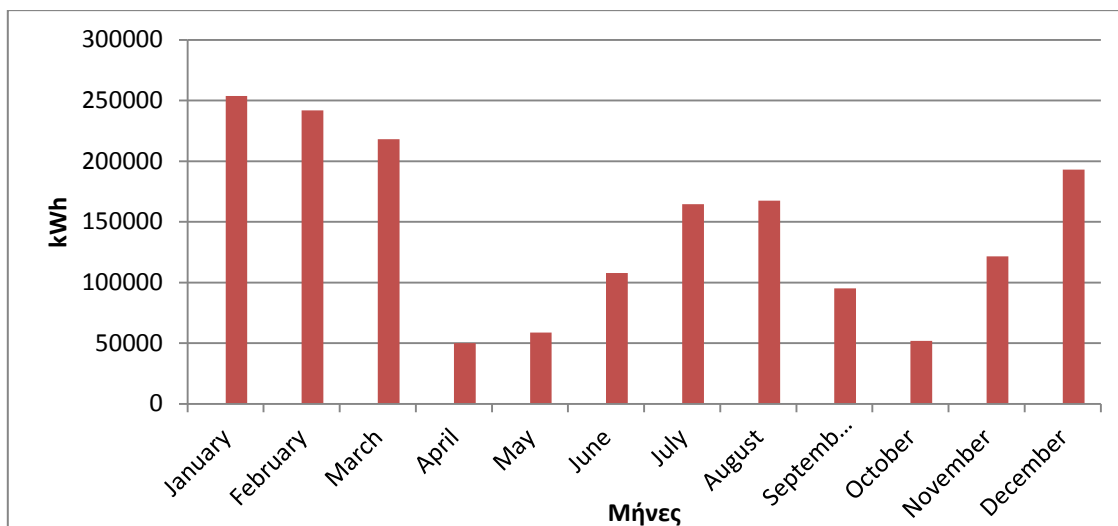
Σχήμα 4.47: Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας Ηλεκτρικού Εξοπλισμού Κτιρίου

Επίσης, δημιουργήθηκε ένα γράφημα, στο οποίο φαίνονται οι επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας, αντίστοιχα για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό.



Σχήμα 4.48: Επιμέρους Ετήσιες Καταναλώσεις Ενέργειας για Θέρμανση, Ψύξη, Τεχνητό Φωτισμό και Ηλεκτρικό Εξοπλισμό

Τέλος, στο παρακάτω γράφημα φαίνονται οι συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για κλιματισμό, φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό για ολόκληρο το χρόνο. Φαίνεται ότι τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβρη, κατά τους οποίους δε λειτουργεί ο κλιματισμός, συναντώνται οι μικρότερες καταναλώσεις ενέργειας του χρόνου και οφείλονται στον τεχνητό φωτισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό. Αντίθετα, οι μεγαλύτερες καταναλώσεις παρατηρούνται τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο και οφείλονται κυρίως στα μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνονται για τη θέρμανση του κτιρίου.



Σχήμα 4.49: Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κτιρίου

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας του κτιρίου και το κόστος αυτών. Σύμφωνα με τον πίνακα τιμολογίων χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η. για μεγάλα γραφεία ορίζεται η τιμή της kWh στα 0,08259€.

Πίνακας 4.1: Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κτιρίου και Αντίστοιχο Κόστος

| Μήνες | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε € |
|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Ιανουάριος | 253713.6186 | 20954.20776 |
| Φεβρουάριος | 241754.8813 | 19966.53565 |
| Μάρτιος | 217965.8038 | 18001.79573 |
| Απρίλιος | 50149.68401 | 4141.862403 |
| Μάιος | 58690.08654 | 4847.214248 |
| Ιούνιος | 107748.8642 | 8898.978691 |
| Ιούλιος | 164424.9001 | 13579.8525 |
| Αύγουστος | 167462.1962 | 13830.70279 |
| Σεπτέμβριος | 95080.27025 | 7852.67952 |
| Οκτώβριος | 51821.34015 | 4279.924483 |
| Νοέμβριος | 121486.8786 | 10033.60131 |
| Δεκέμβριος | 192991.9465 | 15939.20486 |
| | | |
| Σύνολο | 1723290.47 | 142326.5599 |

Είναι προφανές, λοιπόν, ότι πρέπει να γίνουν κάποιες επεμβάσεις στο κτίριο, προκειμένου να μειωθούν οι τεράστιες αυτές καταναλώσεις ενέργειας, αλλά και το κόστος λειτουργίας του.

5. Σενάρια Ενεργειακής Βελτίωσης Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά

5.1 Ανάγκη Ενεργειακής Βελτίωσης

Αναλύοντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι φανερό ότι θα πρέπει να γίνουν κάποιες επεμβάσεις, έτσι ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και να μειωθούν οι ενεργειακές του καταναλώσεις και κατ' επέκταση το κόστος λειτουργίας του. Για κάθε μία επέμβαση υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρει, το κόστος επένδυσής της και ο χρόνος απόσβεσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα εξεταστούν επεμβάσεις που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου, δηλαδή εξωτερική θερμομόνωση και εφαρμογή υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής, το εσωτερικό του, χρησιμοποιώντας λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας και συγκεκριμένα λαμπτήρες 'LED' και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στην οροφή του τελευταίου ορόφου του κτιρίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε να μειωθεί το συνολικό κόστος λειτουργίας.

5.2 Τοποθέτηση Υαλοπινάκων Χαμηλής Εκπομπής

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2, τα τζάμια χαμηλής εκπομπής (Low-Emissivity) αποτελούνται από γυαλί, το οποίο έχει υποστεί ειδική επεξεργασία και φέρει πολλές επιστρώσεις, οι οποίες αντανακλούν τη θερμότητα. [39] Στο σημείο αυτό εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις: στην πρώτη τοποθετήθηκαν παράθυρα 'Low-E' μόνο στην πρόσοψη (νοτιοανατολική πλευρά) και στην βορειοανατολική πλευρά του κτιρίου και στη δεύτερη περίπτωση τοποθετήθηκαν τα τζάμια αυτά σε όλα τα παράθυρα του κτιρίου.

5.2.1 Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus

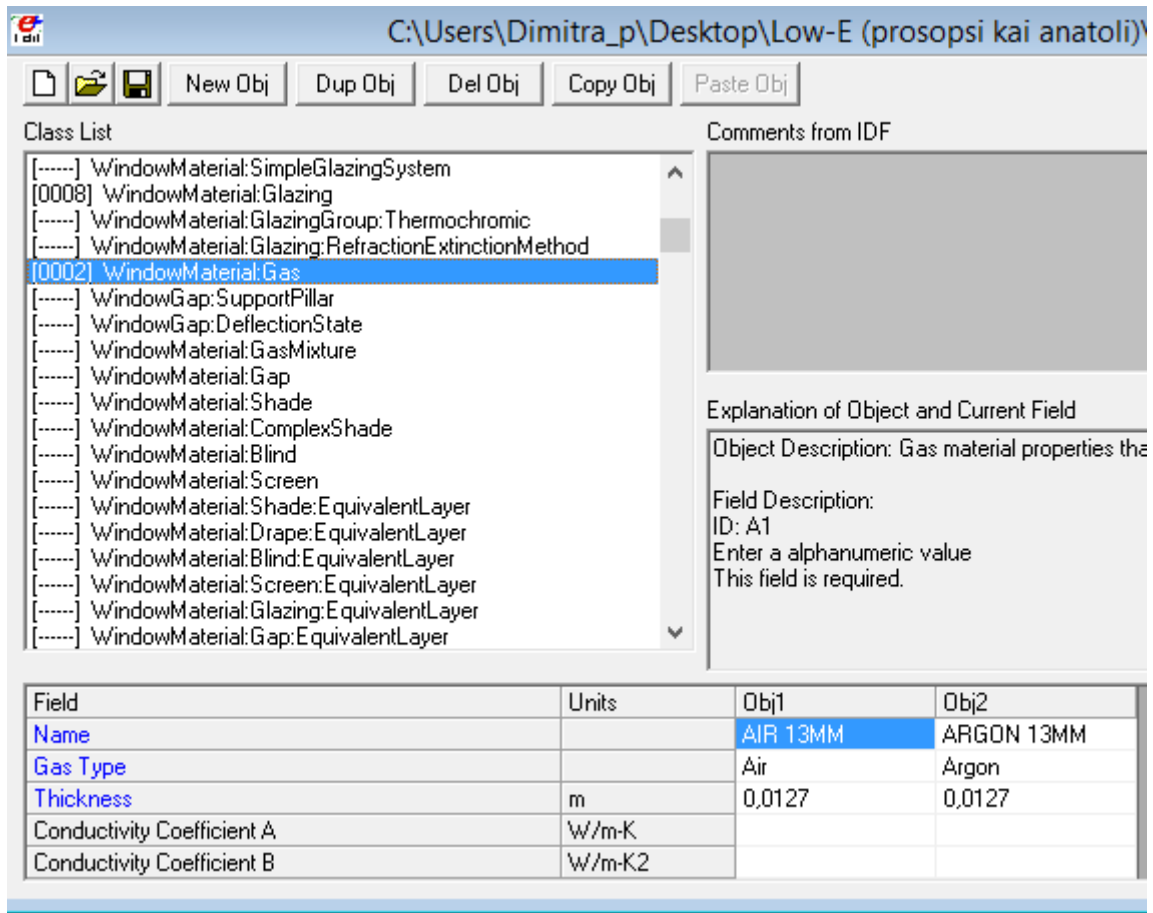
- Τοποθέτηση σε νοτιοανατολική και βορειοανατολική πλευρά

Προκειμένου να τοποθετηθούν τα παράθυρα αυτά, στην υποκατηγορία 'Window Material: Glazing' προστέθηκε ένα ακόμη υλικό, το οποίο αντιγράφηκε από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος, από την καρτέλα 'Window Glass Materials'. Χρησιμοποιήθηκε το αντικείμενο 'LoE Clear 3MM Rev' όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

| Field | Units | Obj4 | Obj5 | Obj6 | Obj7 | Obj8 |
|--|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| Name | | Theoretical Glass [2 | Theoretical Glass [2 | Theoretical Glass [2 | Theoretical Glass [2 | LoE CLEAR 3MM Rev |
| Optical Data Type | | SpectralAverage | SpectralAverage | SpectralAverage | SpectralAverage | SpectralAverage |
| Window Glass Spectral Data Set Name | | | | | | |
| Thickness | m | 3,00000000E-03 | 3,00000000E-03 | 3,00000000E-03 | 3,00000000E-03 | 0,003 |
| Solar Transmittance at Normal Incidence | | 0,2325 | 0,3311 | 0,3801 | 0,4296 | 0,63 |
| Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence | | 0,7175 | 0,6189 | 0,5699 | 0,5204 | 0,22 |
| Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,19 |
| Visible Transmittance at Normal Incidence | | 0,3192 | 0,44 | 0,5079 | 0,4503 | 0,85 |
| Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence | | 0,6308 | 0,51 | 0,4421 | 0,4997 | 0,079 |
| Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,056 |

Σχήμα 5.1: Χαρακτηριστικά Υαλοπινάκων Χαμηλής Εκπομπής

Επίσης, έπρεπε να οριστεί το αέριο, το οποίο θα περιέχεται ανάμεσα στα διπλά τζάμια. [40] Επιλέχθηκε το Αργό, επίσης από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος και συγκεκριμένα από την καρτέλα ‘Window Gas Materials’ και προστέθηκε στην υποκατηγορία ‘Window Material: Gas’.



Σχήμα 5.2: Χαρακτηριστικά Αερίου Πλήρωσης Υαλοπινάκων Χαμηλής Εκπομπής

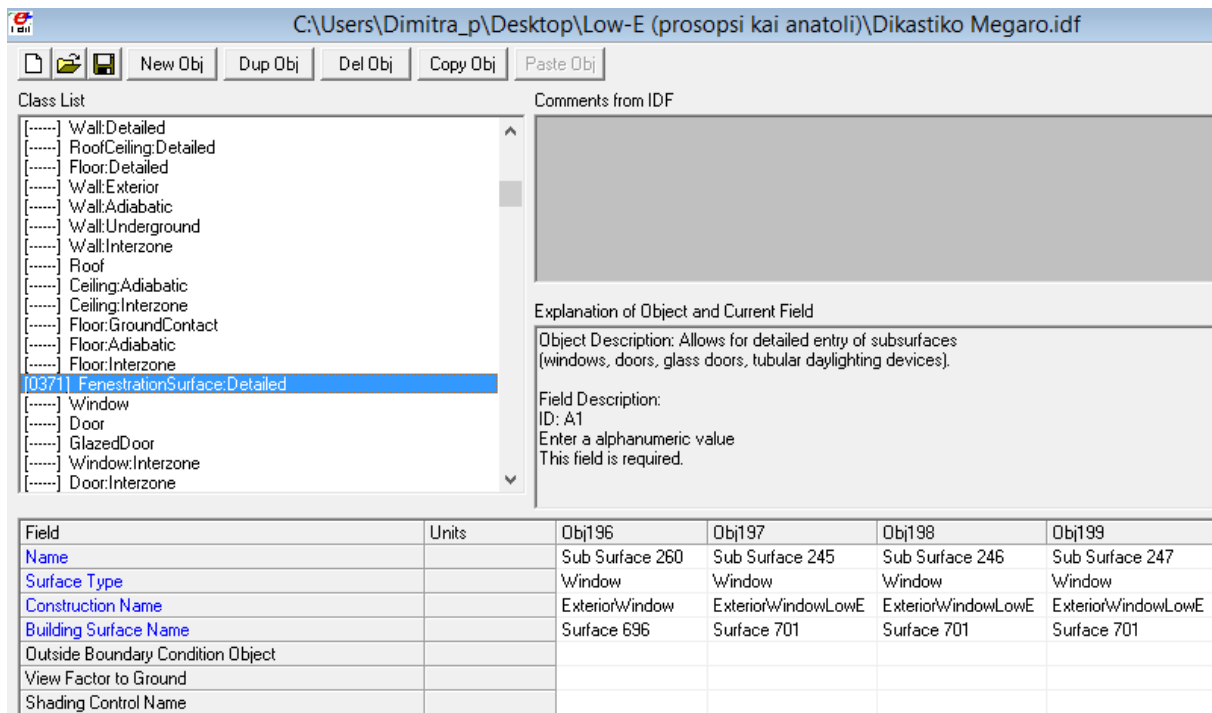
Επόμενο βήμα ήταν να δημιουργηθεί ένα καινούριο αντικείμενο στην υποκατηγορία ‘Construction’, το οποίο αποτελείται, από έξω προς τα μέσα, από το τζάμι χαμηλής εκπομπής που επιλέχθηκε, το αέριο Αργό που προστέθηκε προηγουμένως και απλό τζάμι 3mm. Αυτή είναι γενικώς η δομή των ενεργειακών υαλοπινάκων, αφού το εξωτερικό τζάμι προστατεύει το εσωτερικό του κτιρίου από την επιπλέον θερμότητα και την υπεριώδη και υπέρυθη ακτινοβολία, ενώ το εσωτερικό τζάμι επιτρέπει στην επιπλέον θερμότητα να διαφεύγει από το εσωτερικό περιβάλλον.

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η δομή του ενεργειακού υαλοπίνακα, όπως χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα.

| Obj32 | Obj33 | Obj34 | Obj35 |
|----------------|---------------|------------------|--------------------|
| ExteriorWindow | ExteriorDoor | Dapedolsogeiou | ExteriorWindowLowE |
| Clear 3mm | Steel | Ammohaliko | LoE CLEAR 3MM Rev |
| AIR 13MM | Petrovamvakas | GrossBeton | ARGON 13MM |
| Clear 3mm | Steel | OpISkyrodema | Clear 3mm |
| | | PlakakiaKeramika | |

Σχήμα 5.3: Κατασκευαστική Δομή Υαλοπινάκων Χαμηλής Εκπομπής

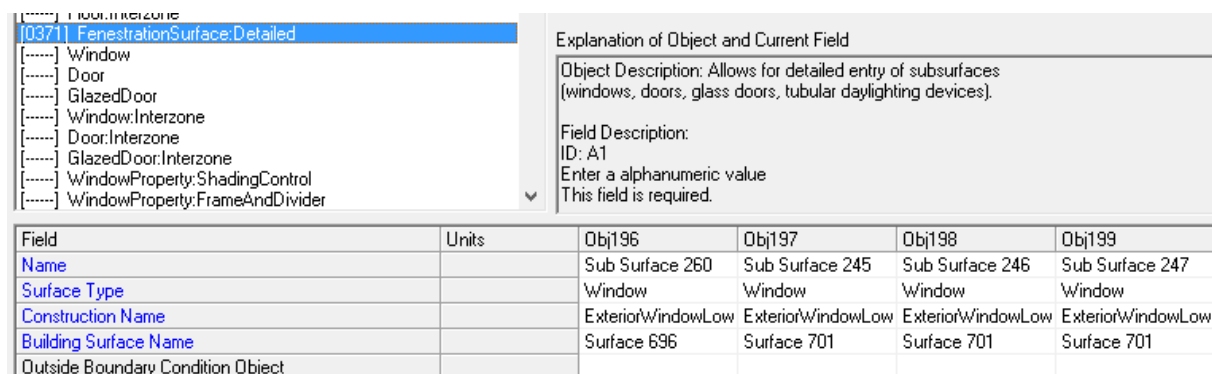
Στη συνέχεια, στην υποκατηγορία ‘Fenestration Surface: Detailed’, αλλάζουμε στο πεδίο ‘Construction Name’ μόνο στα παράθυρα τα οποία βλέπουν νοτιοανατολικά και βορειοανατολικά και επιλέγουμε το ‘ExteriorWindowLowE’.



Σχήμα 5.4: Αλλαγή Απλών Υαλοπινάκων με Χαμηλής Εκπομπής στο EnergyPlus

- Τοποθέτηση σε ολόκληρο το κτίριο

Προκειμένου να τοποθετηθούν οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής σε ολόκληρο το κτίριο, απαιτούνται οι ίδιες ακριβώς ενέργειες. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην υποκατηγορία ‘Fenestration Surface: Detailed’ πρέπει όλα τα αντικείμενα να αλλάξουν το πεδίο ‘Construction Name’ σε ‘ExteriorWindowLowE’.

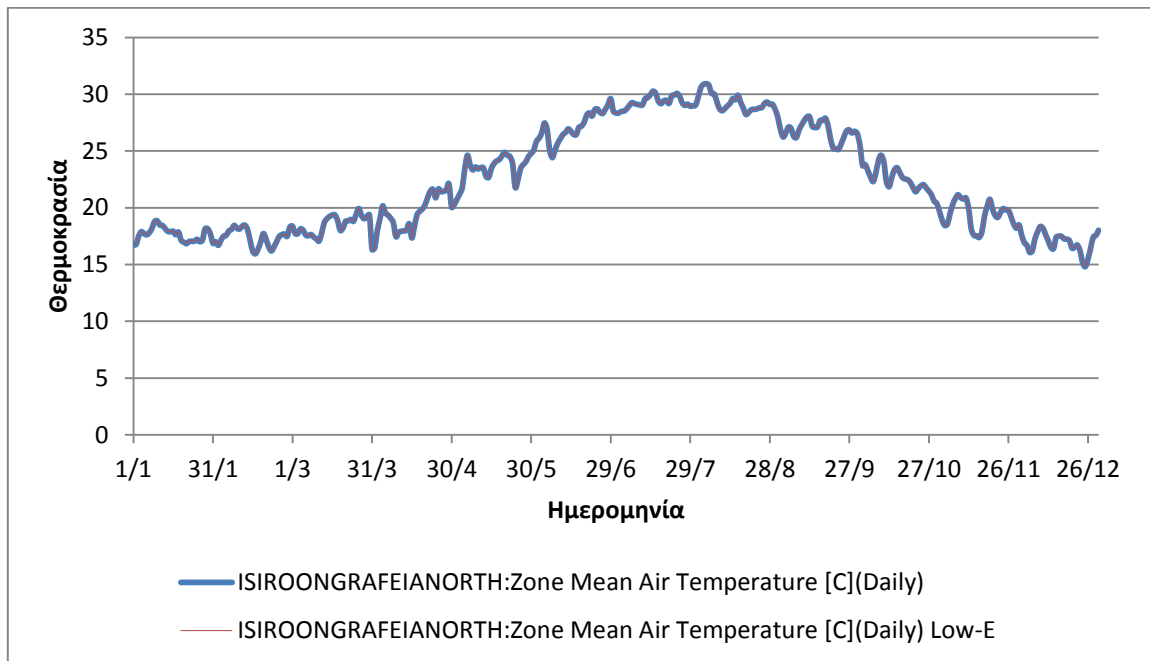


Σχήμα 5.5: Αλλαγή Όλων των Υαλοπινάκων με Χαμηλής Εκπομπής

5.2.2 Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

- Τοποθέτηση σε νοτιοανατολική και βορειοανατολική πλευρά

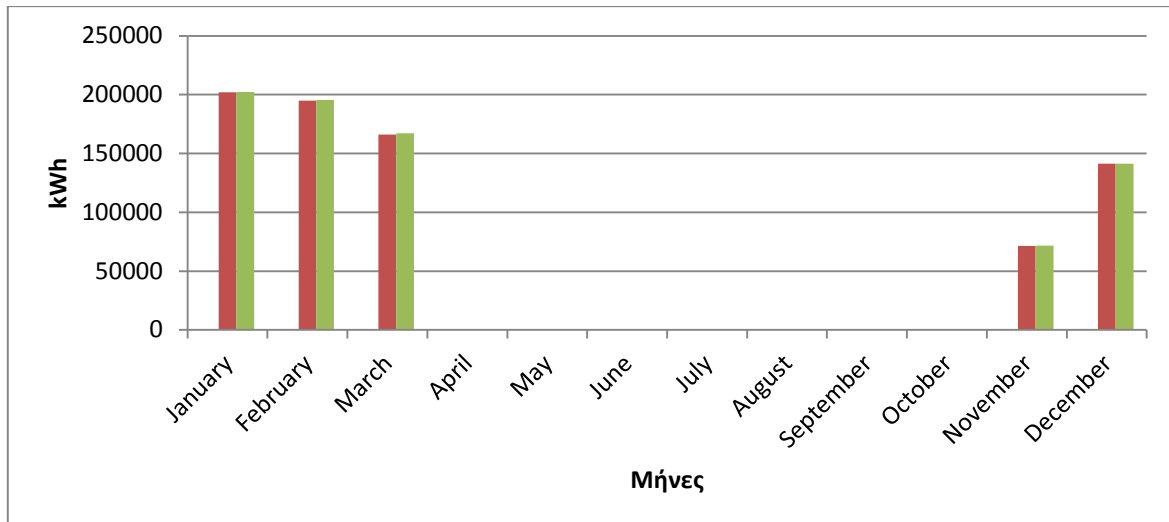
Τα αποτελέσματα για αυτήν την επέμβαση φαίνονται στα παρακάτω γραφήματα. Αρχικά εξετάστηκε η μείωση της θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών και στη συνέχεια εξήχθησαν αποτελέσματα σχετικά με τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και συγκεκριμένα της ενέργειας που χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό.



Σχήμα 5.6: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Ζώνης IsIronGrafeiaNorth πριν και μετά την Τοποθέτηση Ενεργειακών Υαλοπινάκων

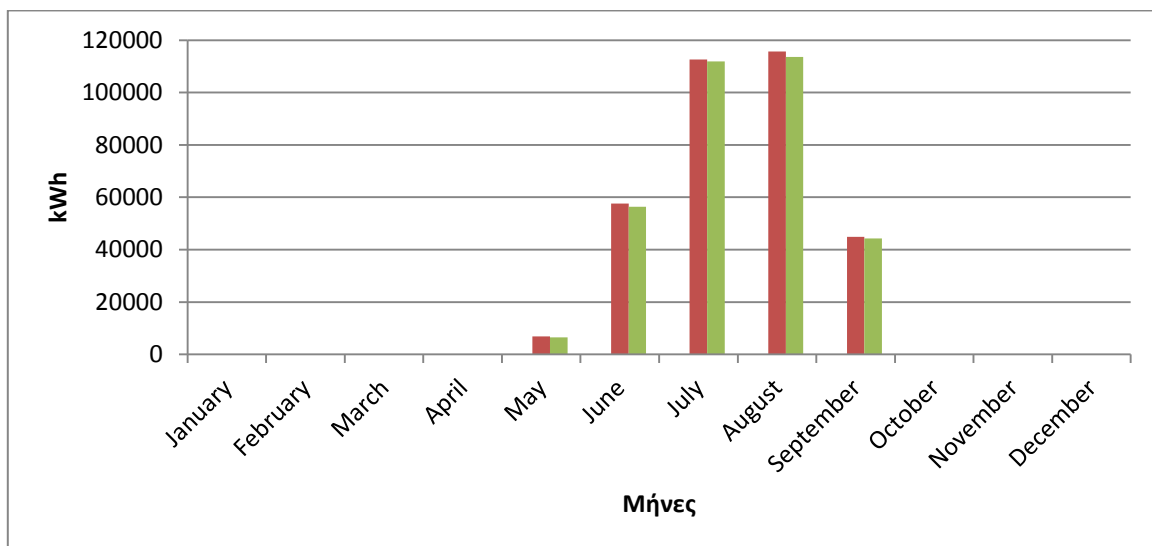
Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, οι δύο γραμμές σχεδόν συμπίπτουν, αυτό συμβαίνει διότι με την επέμβαση αυτή η θερμοκρασία στις θερμικές ζώνες σε σχέση με πριν διαφέρει το πολύ κατά 0,1 °C. Έστω και με αυτήν τη μείωση όμως, όπως θα φανεί στα επόμενα διαγράμματα, τίθεται θέμα εξοικονόμησης ενέργειας. Επίσης, πλέον είναι απαραίτητο να τοποθετούνται παράθυρα χαμηλής εκπομπής, καθώς συμβάλλουν στη συνολική θερμομόνωση του κτιρίου, κάτι που επιβάλλεται από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης. Σημειώνεται ότι τα οφέλη δεν είναι μόνο ενεργειακά, αλλά, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, προστατεύονται οι χρήστες από τις βλαβερές ακτινοβολίες του ηλίου.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σχετικά με τις καταναλώσεις ενέργειας πριν και μετά την επέμβαση φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 5.7: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Θέρμανσης πριν και μετά την Τοποθέτηση των Ενεργειακών Υαλοπινάκων

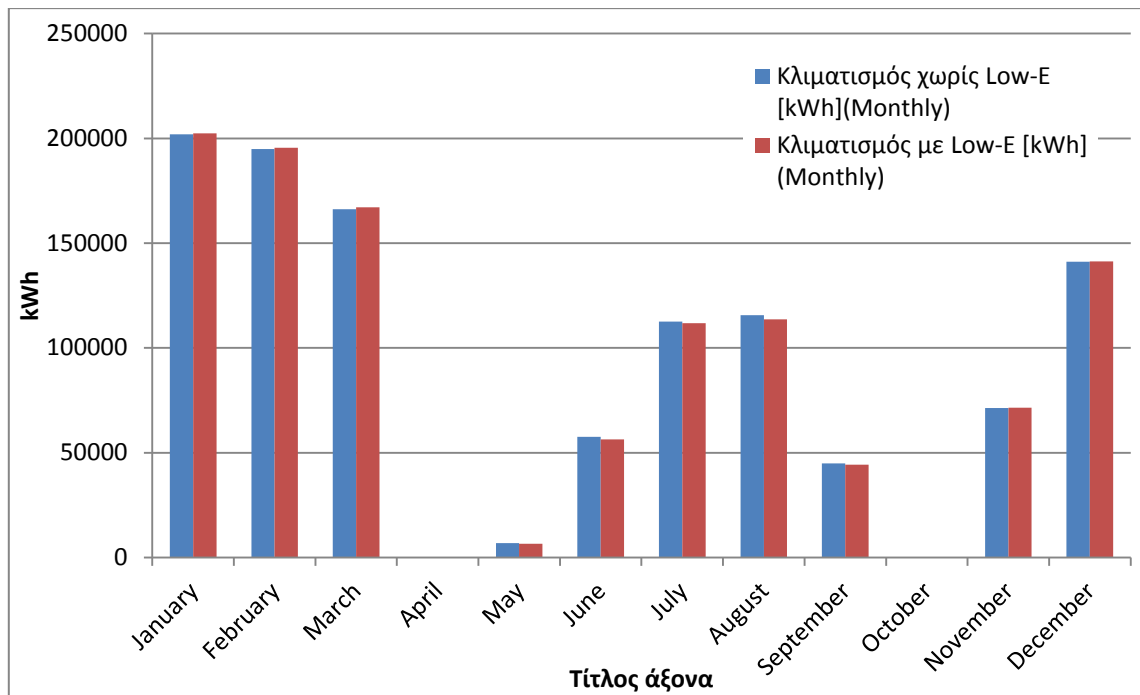
Παρατηρείται ότι κατά τους χειμερινούς μήνες δεν παρατηρείται κάποια σημαντική μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αυτό είναι λογικό, καθώς η θερμότητα του ηλίου που είναι επιθυμητή το χειμώνα δεν εισέρχεται στο εσωτερικό το κτιρίου.



Σχήμα 5.8: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Ψύξης πριν και μετά την Τοποθέτηση των Ενεργειακών Υαλοπινάκων

Τους καλοκαιρινούς μήνες, όμως, παρατηρείται αισθητή μείωση στην ενέργεια που απαιτείται για κλιματισμό. Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται οι καταναλώσεις χωρίς τα παράθυρα Low-E και μετά την τοποθέτησή τους, τους καλοκαιρινούς μήνες.

Δημιουργήθηκε ένα γράφημα, στο οποίο φαίνονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας συνολικά για κλιματισμό πριν την επέμβαση και μετά από αυτήν, για όλο το χρόνο.



Σχήμα 5.9: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κλιματισμού πριν και μετά την Τοποθέτηση των Ενεργειακών Υαλοπινάκων

Όπως είναι λογικό, τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο, που ο κλιματισμός δε λειτουργεί, οι καταναλώσεις είναι μηδενικές. Κάποιους μήνες, όπως τον Μάρτιο και τον Νοέμβριο παρατηρείται μία μικρή αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για κλιματισμό, το οποίο όπως αναφέρθηκε και πριν, οφείλεται στο ότι τα παράθυρα χαμηλής εκπομπής δεν αφήνουν τη θερμότητα να εισέρθει στον εσωτερικό χώρο. Τους καλοκαιρινούς μήνες, όμως, παρατηρείται μείωση στην απαιτούμενη ενέργεια κλιματισμού και συνολικά τα οφέλη από την επέμβαση αυτή, μπορούμε να πούμε ότι είναι θετικά.

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις πριν και μετά την επέμβαση.

Πίνακας 5.1: Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά την Τοποθέτηση Ενεργειακών Υαλοπινάκων

| Μήνες | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh χωρίς Low-E | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh με Low-E |
|---------------------|--|---|
| Ιανουάριος | 253713.6186 | 254186.6814 |
| Φεβρουάριος | 241754.8813 | 242351.8761 |
| Μάρτιος | 217965.8038 | 218867.5539 |
| Απρίλιος | 50149.68401 | 50149.68401 |
| Μάιος | 58690.08654 | 58325.53378 |
| Ιούνιος | 107748.8642 | 106562.0825 |
| Ιούλιος | 164424.9001 | 163639.9963 |
| Αύγουστος | 167462.1962 | 165424.0681 |
| Σεπτέμβριος | 95080.27025 | 94427.93059 |
| Οκτώβριος | 51821.34015 | 51821.34015 |
| Νοέμβριος | 121486.8786 | 121697.1449 |
| Δεκέμβριος | 192991.9465 | 193134.9412 |
| | | |
| Σύνολο | 1723290.47 | 1720588.833 |
| | | |
| Εξοικονόμηση σε kWh | 2701.637486 | |
| Εξοικονόμηση σε € | 223.12824 | |

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, προκύπτει συνολικό ετήσιο όφελος 223,13 €.

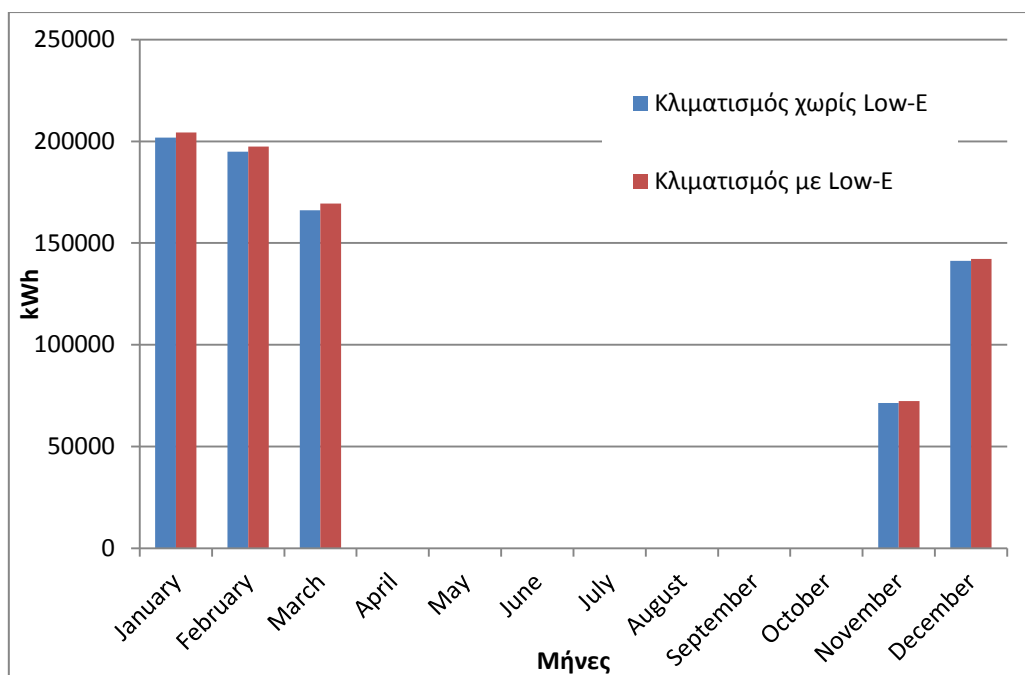
Επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε το κόστος επένδυσης της συγκεκριμένης επέμβασης. Τα παράθυρα στο οποία θα τοποθετηθεί εξωτερικά ο ενεργειακός υαλοπίνακας, αντί για απλό τζάμι, είναι συνολικά για τις δύο συγκεκριμένες πλευρές του κτιρίου 156 με συνολικό εμβαδόν 602 m². Η τιμή του υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής είναι διπλάσια από αυτήν του απλού υαλοπίνακα και κυμαίνεται στα 70-80 €/m². Επειδή δε θα γίνει αντικατάσταση, εφόσον το κτίριο δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη, αλλά αντί για απλούς υαλοπίνακες θα

τοποθετηθούν ενεργειακοί, η διαφορά θα είναι γύρω στα 40 €/m². Με βάση αυτή την τιμή, η επιπλέον επένδυση θα κοστίσει συνολικά 24080 €. Με ετήσιο όφελος 223,13 € η απόσβεση θα γίνει στα 108 χρόνια, κάτι το οποίο δεν φαίνεται να είναι συμφέρον, όμως οι ενεργειακοί υαλοπίνακες κρίνονται απαραίτητο να τοποθετηθούν για τους λόγους που αναφέρθηκαν νωρίτερα.

- Τοποθέτηση σε ολόκληρο το κτίριο

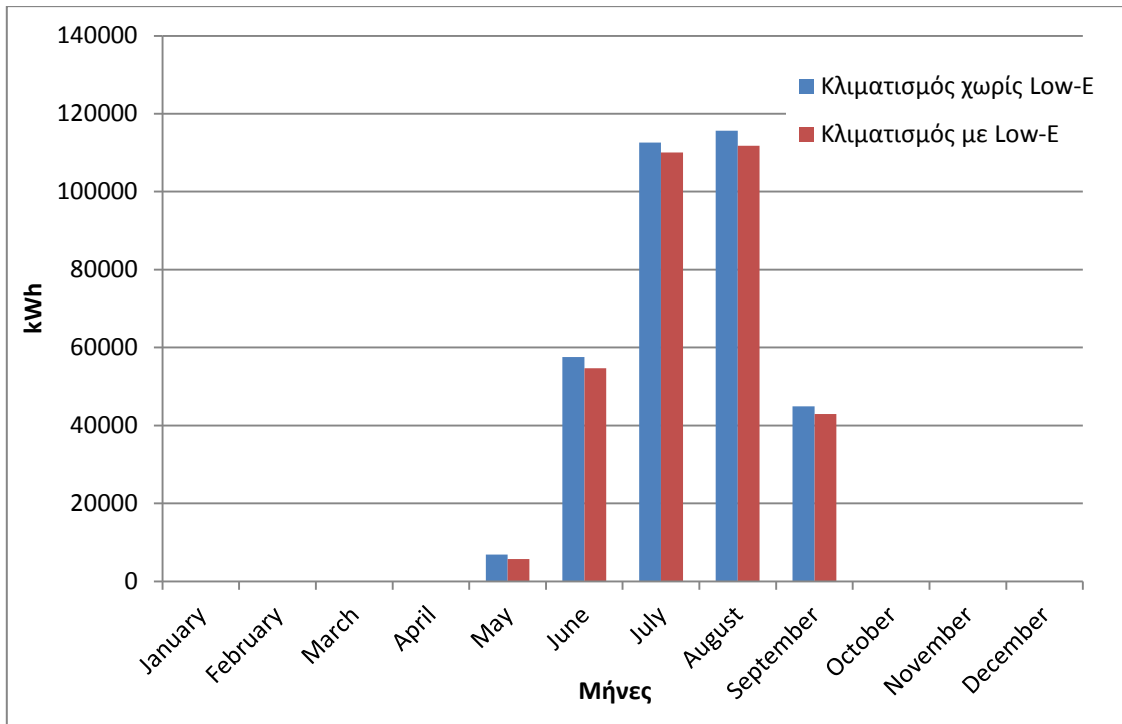
Στο σημείο αυτό εξετάζεται η περίπτωση τοποθέτησης ενεργειακών υαλοπινάκων σε όλο το κτίριο. Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων θα επιλεγθεί η βέλτιστη λύση, ανάμεσα στην τοποθέτηση Low-E στα παράθυρα των δύο πλευρών και στην τοποθέτηση σε όλα τα παράθυρα του κτιρίου. Αυτή θα προκύψει από την εξοικονόμηση ενέργειας και το αντίστοιχο κόστος για τις δύο επιλογές.

Παρακάτω φαίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα για την επέμβαση αυτή.



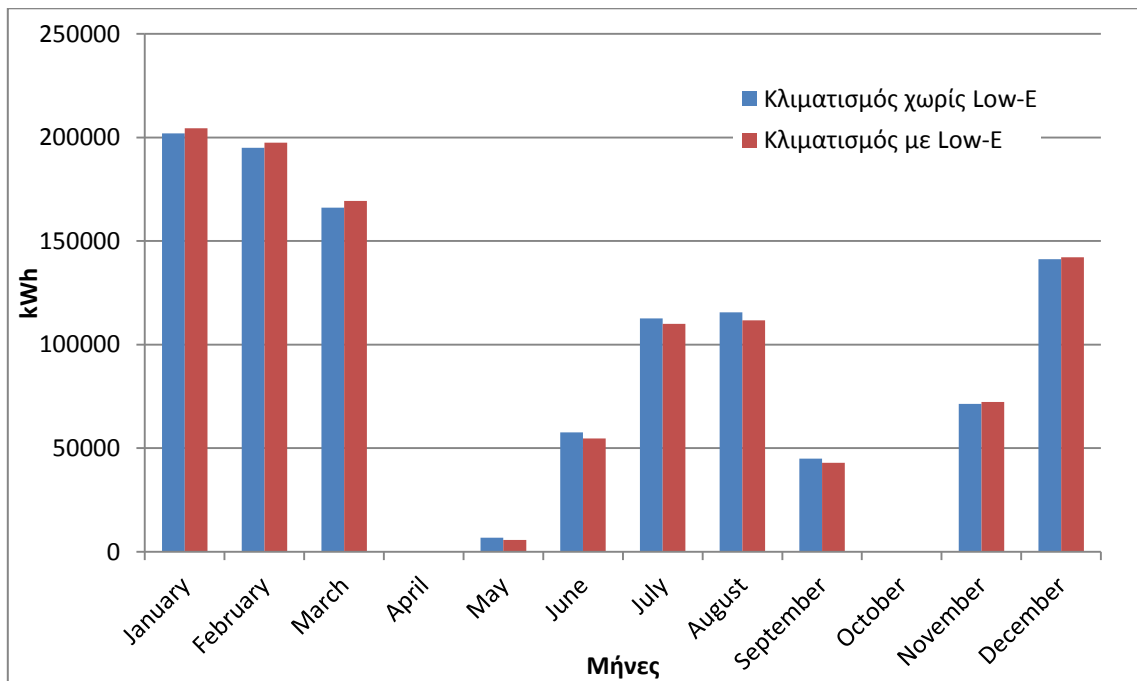
Σχήμα 5.10: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Θέρμανσης πριν και μετά την Τοποθέτηση των Ενεργειακών Υαλοπινάκων

Παρατηρείται σημαντική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο. Τους καλοκαιρινούς μήνες, από την άλλη πλευρά, παρατηρείται σημαντική μείωση της ενέργειας αυτής, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 5.11: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Ψύξης πριν και μετά την Τοποθέτηση των Ενεργειακών Υαλοπινάκων

Συνολικά οι μηνιαίες καταναλώσεις πριν την επέμβαση και μετά φαίνονται στο επόμενο γράφημα.



Σχήμα 5.12: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κλιματισμού πριν και μετά την Τοποθέτηση των Ενεργειακών Υαλοπινάκων

Στη συνέχεια εξετάζεται ποια από τις δύο λύσεις είναι η βέλτιστη. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι μηνιαίες συνολικές καταναλώσεις ενέργειας χωρίς την τοποθέτηση των ενεργειακών υαλοπινάκων και μετά την τοποθέτηση αυτών σε ολόκληρο το κτίριο.

Πίνακας 5.2: Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά την Τοποθέτηση Ενεργειακών Υαλοπινάκων

| Μήνες | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh χωρίς Low-E | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh με Low-E |
|---------------------|---|--|
| Ιανουάριος | 253713.6186 | 256238.7083 |
| Φεβρουάριος | 241754.8813 | 244280.6371 |
| Μάρτιος | 217965.8038 | 221241.1687 |
| Απρίλιος | 50149.68401 | 50149.68401 |
| Μάιος | 58690.08654 | 57543.79864 |
| Ιούνιος | 107748.8642 | 104853.2131 |
| Ιούλιος | 164424.9001 | 161879.9726 |
| Αύγουστος | 167462.1962 | 163572.8535 |
| Σεπτέμβριος | 95080.27025 | 93122.77335 |
| Οκτώβριος | 51821.34015 | 51821.34015 |
| Νοέμβριος | 121486.8786 | 122504.8465 |
| Δεκέμβριος | 192991.9465 | 194002.8539 |
| | | |
| Σύνολο | 1723290.47 | 1721211.85 |
| | | |
| Εξοικονόμηση σε kWh | 2078.620395 | |
| Εξοικονόμηση σε € | 171.6732584 | |

Όπως παρατηρείται, η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας είναι αισθητά μικρότερη από ότι στην προηγούμενη λύση, ενώ το κόστος είναι πολύ μεγαλύτερο, καθώς τα συνολικά παράθυρα, στα οποία θα τοποθετηθούν οι ενεργειακοί υαλοπίνακες στη δεύτερη περίπτωση (σε ολόκληρο το κτίριο) είναι υπερδιπλάσια σε σχέση με την πρώτη επέμβαση (357). Κρίνεται εύλογο, λοιπόν, να τοποθετηθούν παράθυρα Low-E μόνο στην πρόσοψη του κτιρίου και στην βορειοανατολική πλευρά.

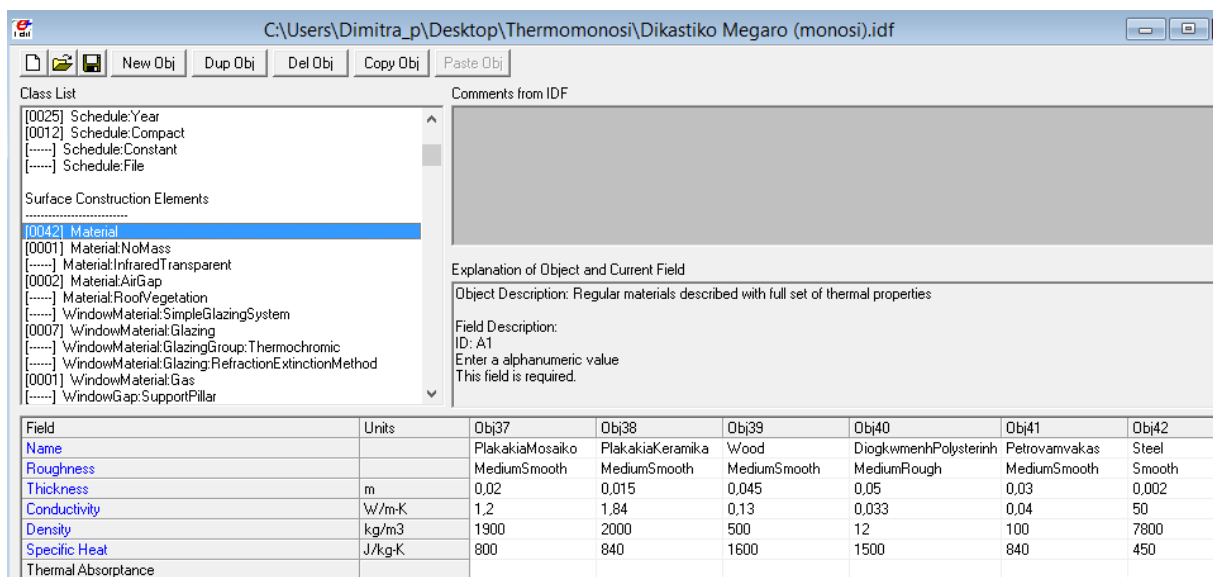
5.3 Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Σύμφωνα και με τα προηγούμενα κεφάλαια, πλέον κρίνεται απαραίτητο για ένα κτίριο να έχει καλή θερμομόνωση, εσωτερική και εξωτερική. Στο στάδιο αυτό εξετάζεται η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς το κτίριο που μελετάται είναι παλιάς κατασκευής, συνεπώς θα έχει μεγάλο ποσοστό απωλειών ενέργειας από το κέλυφος. Η μόνωση γίνεται σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες, τοίχους και οροφές. [41]

5.3.1 Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus

Η εξωτερική θερμομόνωση επιλέγεται να γίνει με τη χρήση διογκωμένης πολυστερίνης, καθώς το δικαστικό μέγαρο βρίσκεται στον Πειραιά και χρειάζεται προστασία και από την υγρασία.

Στην υποκατηγορία, λοιπόν, 'Material', όπου έχουν οριστεί και τα υπόλοιπα υλικά της κατασκευής, προστίθεται και η διογκωμένη πολυστερίνη με τις ιδιότητές της, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

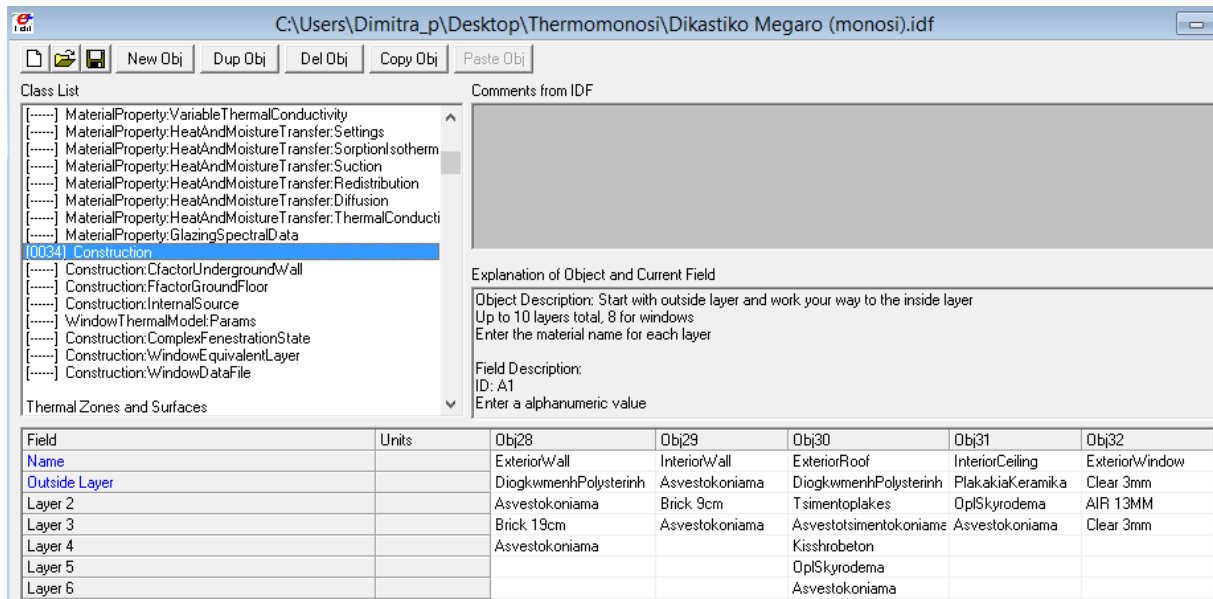


The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left has 'Material' selected. The 'Comments from IDF' pane on the right shows the 'Explanation of Object and Current Field' for a material object, stating it is a regular material with full thermal properties and that the 'ID' field is required. Below this, a table lists the properties for objects Obj37 through Obj42.

| Field | Units | Obj37 | Obj38 | Obj39 | Obj40 | Obj41 | Obj42 |
|---------------------|--------|-----------------|------------------|--------------|-----------------------|---------------|--------|
| Name | | PlakakiaMosaiko | PlakakiaKeramika | Wood | DiogkwmenhPolysterinh | Petrovamvakas | Steel |
| Roughness | | MediumSmooth | MediumSmooth | MediumSmooth | MediumRough | MediumSmooth | Smooth |
| Thickness | m | 0,02 | 0,015 | 0,045 | 0,05 | 0,03 | 0,002 |
| Conductivity | W/m-K | 1,2 | 1,84 | 0,13 | 0,033 | 0,04 | 50 |
| Density | kg/m3 | 1900 | 2000 | 500 | 12 | 100 | 7800 |
| Specific Heat | J/kg-K | 800 | 840 | 1600 | 1500 | 840 | 450 |
| Thermal Absorptance | | | | | | | |

Σχήμα 5.13: Χαρακτηριστικά Διογκωμένης Πολυστερίνης

Στη συνέχεια, στην υποκατηγορία 'Construction' τροποποιήθηκε η κατασκευή των εξωτερικών τοίχων και οροφών, δηλαδή των αντικειμένων 'Exterior Roof' και 'Exterior Wall' έτσι ώστε η νέα κατασκευαστική δομή να περιέχει το θερμομονωτικό υλικό.

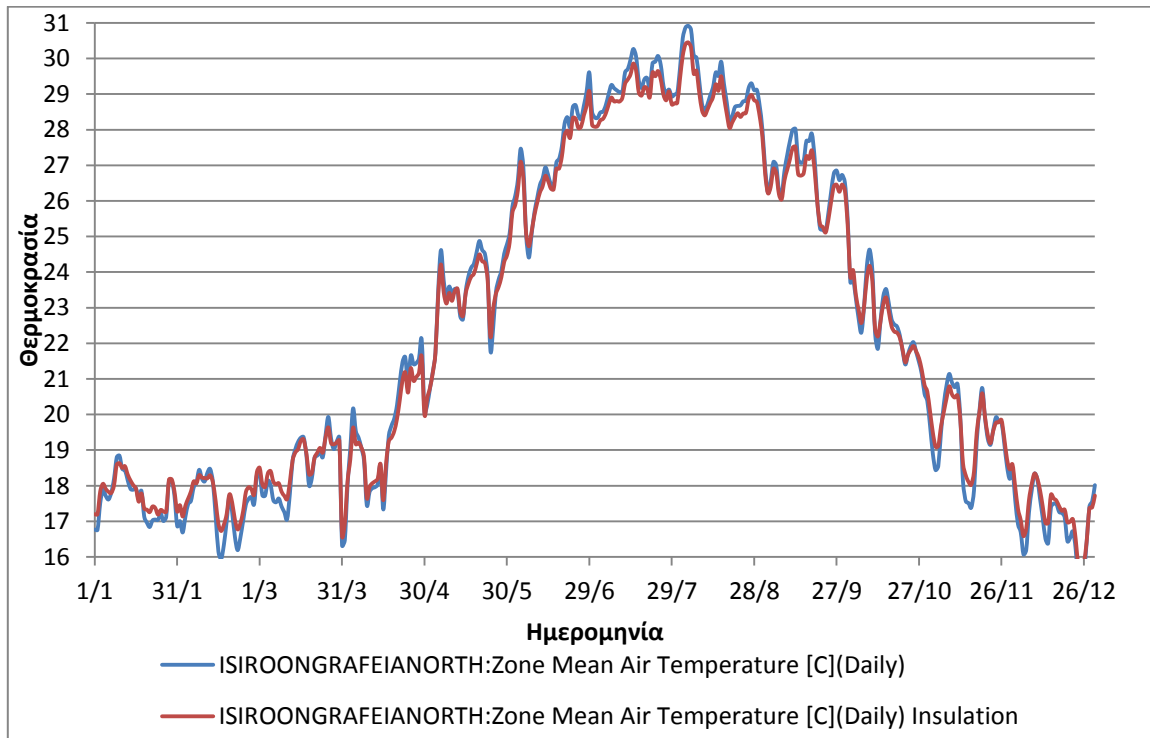


Σχήμα 5.14: Κατασκευαστική Δομή Εξωτερικών Επιφανειών με Θερμομόνωση

Αυτομάτως, στην υποκατηγορία 'Building Surface: Detailed' αναγνωρίζεται η νέα δομή των αντίστοιχων επιφανειών.

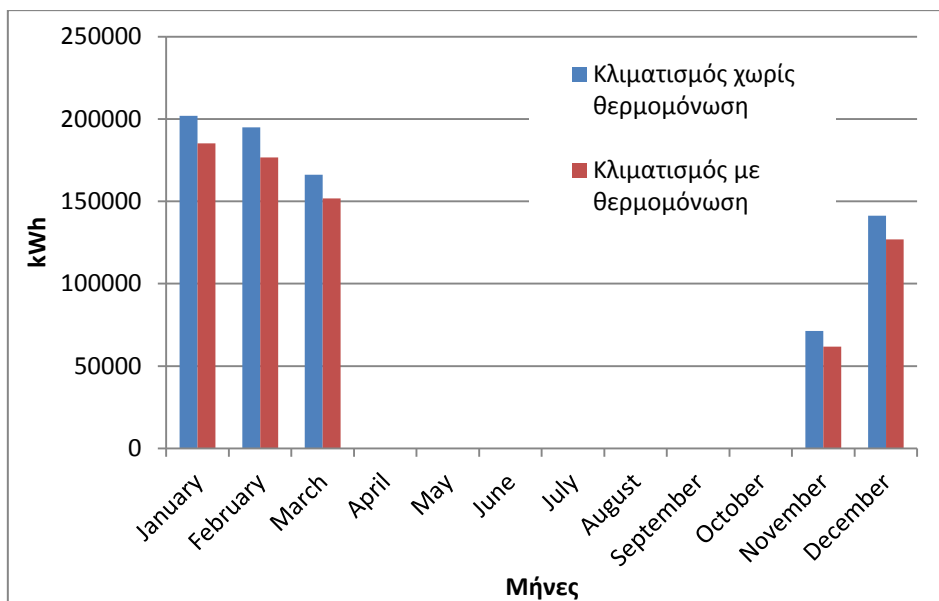
5.3.2 Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Μετά την εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου παρατηρείται αισθητή μείωση της θερμοκρασίας στις περισσότερες θερμικές ζώνες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αντίστοιχη αύξηση τους χειμερινούς μήνες. Ακολουθεί ένα διάγραμμα, το οποίο δείχνει αυτή τη διαφορά θερμοκρασίας της ζώνης 'IsIroonGrafeiaNorth' πριν και μετά την επέμβαση. Η μείωση θερμοκρασίας στη συγκεκριμένη θερμική ζώνη μπορεί να φτάσει κάποιες μέρες σχεδόν τον 1 °C.

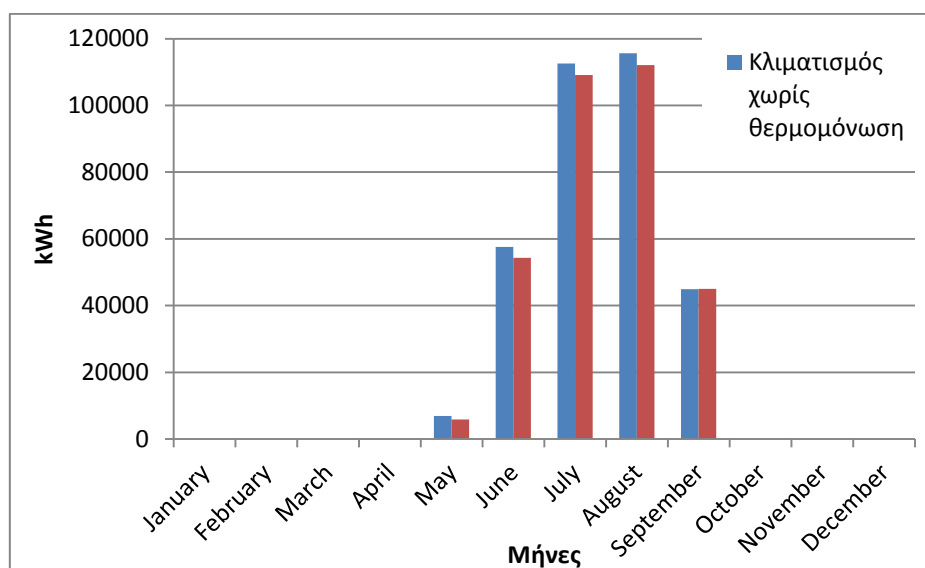


Σχήμα 5.15: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Ζώνης IsIroonGrafeiaNorth πριν και μετά την Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Η μείωση/αύξηση αυτή της θερμοκρασίας συνεπάγεται μείωση στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου. Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται η διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό χωρίς θερμομόνωση και με θερμομόνωση. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν ξεχωριστά διαγράμματα για τις καταναλώσεις για ψύξη και θέρμανση πριν και μετά την επέμβαση. Είναι φανερό ότι με την εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου εξοικονομούνται μεγάλα ποσά ενέργειας σε σχέση, όχι μόνο με την απαιτούμενη ενέργεια κλιματισμού, αλλά και με τη συνολική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου.

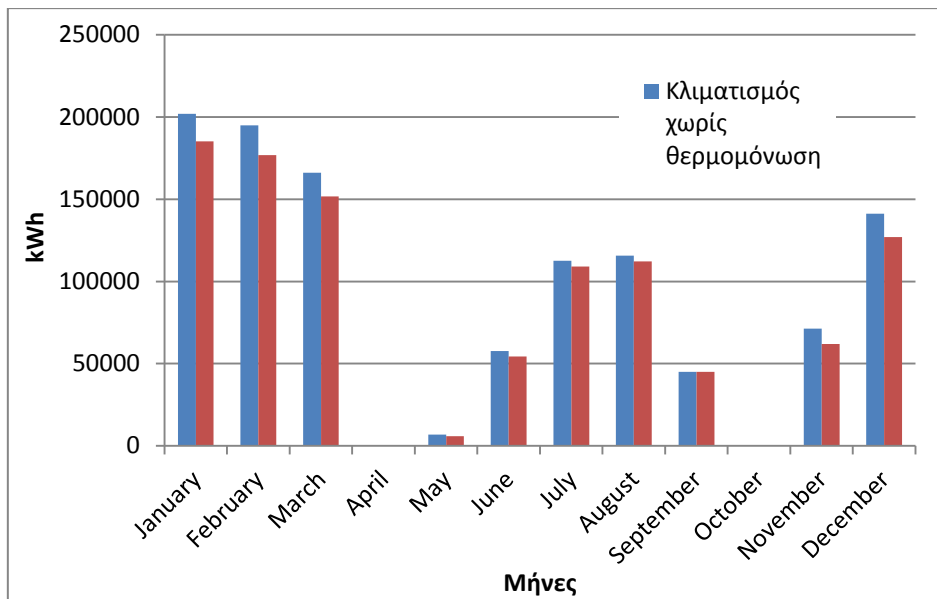


Σχήμα 5.16: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Θέρμανσης πριν και μετά την Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης



Σχήμα 5.17: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Ψύξης πριν και μετά την Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για κλιματισμό χωρίς την εξωτερική θερμομόνωση και με αυτήν, για όλους τους μήνες, φαίνονται στο παρακάτω γράφημα.



Σχήμα 5.18: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κλιματισμού πριν και μετά την Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Παρατηρείται σημαντική μείωση της ενέργειας που χρειάζεται το κτίριο για κλιματισμό και ειδικότερα τους χειμερινούς μήνες, δηλαδή για θέρμανση. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι μηνιαίες καταναλώσεις πριν και μετά τη θερμομόνωση. Επίσης, φαίνεται η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και γίνεται η αναγωγή σε €.

Προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση 86776.134 kWh, δηλαδή ένα ποσοστό της τάξης του 5% των συνολικών καταναλώσεων, το οποίο θεωρείται πολύ καλό ποσοστό για εξωτερική θερμομόνωση. Επίσης, το όφελος της επέμβασης αυτής ανέρχεται στα 7166,84 € ετησίως.

Στη συνέχεια, κοστολογείται η τοποθέτηση θερμομόνωσης σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες (τοιίχους και οροφές). Η συνολική επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων είναι 5464 m² και των εξωτερικών οροφών είναι 2416 m², δηλαδή σύνολο 7880 m². Τα υλικά τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη θερμομόνωση είναι, εκτός από τη διογκωμένη πολυστερίνη, υλικά επικόλλησης, υαλοπλέγματα ενίσχυσης, βύσματα στερέωσης, βασικό επίχρισμα, αστάρι και τελικό σιλικονούχο επίχρισμα. Το συνολικό κόστος για υλικά, αλλά και για εργασία, ανέρχεται γύρω στα 25 €/m². Έπειτα από επικοινωνία με συνεργείο και λόγω του ότι η επιφάνεια που τίθεται για μόνωση είναι πολύ μεγάλων διαστάσεων, η προσφορά μειώθηκε στα 20 €/m². Με τη συγκεκριμένη τιμή, το κόστος επένδυσης της επέμβασης αυτής ανέρχεται στα 157600 € και δεδομένου ότι η ετήσια εξοικονόμηση είναι 7166,84 €, γίνεται απόσβεση σε 22 χρόνια. [42]

Πίνακας 5.3: Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά την Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης

| Μήνες | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh χωρίς θερμομόνωση | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh με θερμομόνωση |
|---------------------|---|--|
| Ιανουάριος | 253713.6186 | 236744.492 |
| Φεβρουάριος | 241754.8813 | 223343.7997 |
| Μάρτιος | 217965.8038 | 203305.0351 |
| Απρίλιος | 50149.68401 | 49959.244 |
| Μάιος | 58690.08654 | 57528.94998 |
| Ιούνιος | 107748.8642 | 104258.0672 |
| Ιούλιος | 164424.9001 | 160755.4464 |
| Αύγουστος | 167462.1962 | 163741.331 |
| Σεπτέμβριος | 95080.27025 | 94929.90312 |
| Οκτώβριος | 51821.34015 | 51624.55213 |
| Νοέμβριος | 121486.8786 | 111815.4698 |
| Δεκέμβριος | 192991.9465 | 178508.0458 |
| | | |
| Σύνολο | 1723290.47 | 1636514.336 |
| | | |
| Εξοικονόμηση σε kWh | 86776.13411 | |
| Εξοικονόμηση σε € | 7166.840916 | |

5.4 Τοποθέτηση Λαμπτήρων Εξοικονόμησης Ενέργειας

Μία άλλη επέμβαση που προτείνεται είναι η τοποθέτηση λαμπτήρων οικονομίας, και συγκεκριμένα 'LED', αντί για λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Δίοδος Εκπομπής Φωτός, (LED, Light Emitting Diode), αποκαλείται ένας ημιαγωγός ο οποίος εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν του παρέχεται μία ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης (forward-biased). Μια δίοδος εκπομπής φωτός (light emitting diode, LED) είναι στην ουσία μια ένωση που έχει κατασκευαστεί από ένα ημιαγωγό άμεσου ενεργειακού χάσματος και στην οποία η επανασύνδεση των ζευγών ηλεκτρονίων – οπών (ZHO) έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτονίων.

Με την εξέλιξη των LED υψηλής απόδοσης και ισχύος έγινε δυνατή η χρήση τους για φωτισμό και φωταγώγηση. Τα LED χρησιμοποιούνται στα φώτα των δρόμων ή σε αρχιτεκτονικές κατασκευές που απαιτείται φωτισμός με εναλλαγή χρωμάτων. Επίσης χρησιμοποιούνται και ως κύρια φώτα στα αυτοκίνητα, στις μοτοσυκλέτες και στα ποδήλατα.

Επίσης τα LED χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στον φωτισμό ενυδρείων. Μπορούν να παρέχουν το απαιτούμενο φως με μικρότερη εκπομπή θερμότητας και έτσι βοηθούν στην συντήρηση της βέλτιστης θερμοκρασίας του ενυδρείου. Επειδή μπορούν να παράγουν φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος είναι ιδανικά για να παρέχουν ένα συγκεκριμένο χρώμα-φάσμα για τον χρωματισμό των κοραλλιών, των ψαριών, των ανεμώνων κ.α. Τα LED είναι ακόμα ιδανικά για χρήση στις τηλεοράσεις, στους φορητούς υπολογιστές και στους προβολείς (projectors) DLP. [43]

Η αντιστοιχία φωτιστικής απόδοσης μεταξύ λαμπτήρα πυρακτώσεως, λαμπτήρα φθορισμού & λαμπτήρα LED διαφέρει ανάλογα με τη μάρκα και την ποιότητα και έχει σχέση όχι μόνο με την ισχύ (Watt), αλλά και με την φωτεινή ισχύ, ή φωτεινή ροή (Lumen). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι:

- Λαμπτήρας πυρακτώσεως > 15 Lumen/Watt
- Λαμπτήρας φθορισμού > 50 Lumen/Watt
- Λαμπτήρας οικονομίας > 55 Lumen/Watt
- Λαμπτήρας LED > 90 Lumen/Watt

Παρατηρείται ότι με τους λαμπτήρες LED μπορεί να επιτευχθεί η ίδια ένταση φωτός που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία των χώρων του κτιρίου, αλλά με το 1/6 της ενέργειας, σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. [44] Είναι φανερό, λοιπόν, ότι με τη χρήση LED

μπορούν να μειωθούν κατά ένα μεγάλο ποσοστό οι καταναλώσεις ενέργειας που σχετίζονται με τον φωτισμό του δικαστικού μεγάρου.

5.4.1 Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus

Προκειμένου να εξαχθούν αποτελέσματα για την επέμβαση αυτή, γίνεται μία αναγωγή στα απαιτούμενα Watt, υποθέτοντας ότι η ισχύς που χρειάζεται μία λάμπα LED για να παράγει την ένταση φωτός που απαιτείται, ισοδυναμεί με την ισχύ έξι λαμπτήρων πυρακτώσεως. Συνεπώς, στην κατηγορία του προγράμματος 'Internal Gains' και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία 'Lights' στο πεδίο 'Watts per Zone Floor Area' για τους χώρους των γραφείων χρησιμοποιούνται λαμπτήρες LED με ισχύ 3 Watts, ενώ για τους κοινόχρηστους χώρους λαμπτήρες των 2 Watts.

The screenshot shows the EnergyPlus software interface with the 'Lights' object selected in the 'Class List'. The 'Explanation of Object and Current Field' pane provides details about the object's function and the current field settings. The 'Field' table at the bottom shows the configuration for two objects: 'LightsGrafia' and 'LightsKoinoxrhstoi'.

| Field | Units | Obj1 | Obj2 |
|--|----------|-----------------|--------------------|
| Name | | LightsGrafia | LightsKoinoxrhstoi |
| Zone or ZoneList Name | | Grafia | Koinoxrhstoi Xwroi |
| Schedule Name | | SchGrafiaLights | SchKoinoxrLights |
| Design Level Calculation Method | | Watts/Area | Watts/Area |
| Lighting Level | W | | |
| Watts per Zone Floor Area | W/m2 | 3 | 2 |
| Watts per Person | W/person | | |
| Return Air Fraction | | 0 | 0 |
| Fraction Radiant | | 0.42 | 0.42 |
| Fraction Visible | | 0.18 | 0.18 |
| Fraction Replaceable | | 1 | 1 |
| End-Use Subcategory | | General | General |
| Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature | | No | No |

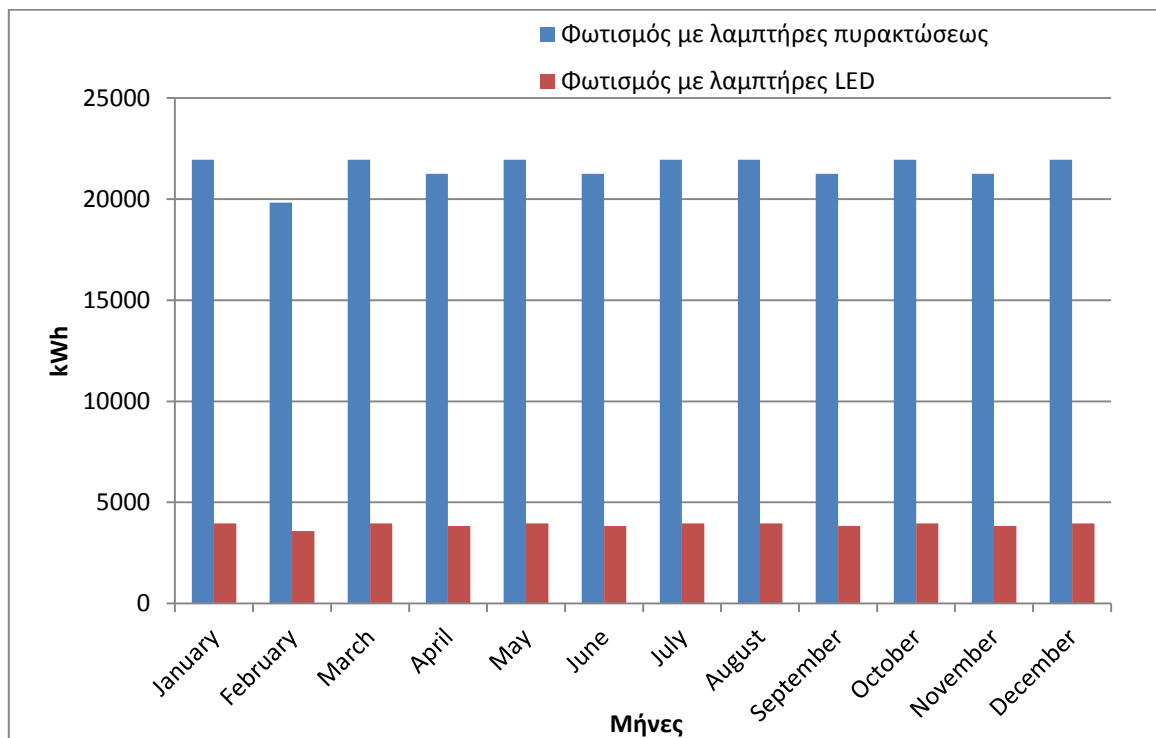
Σχήμα 5.19: Χαρακτηριστικά Λαμπτήρων LED

Σημειώνεται ότι, λόγω της κατασκευαστικής τους δομής, οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες θεωρούνται πρακτικά άφθαρτοι. Επίσης, σε όλες τις ποιότητες και τις μάρκες ο χρόνος εγγύησης είναι δύο χρόνια.

5.4.2 Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Τα αποτελέσματα που αναμένονται με την τοποθέτηση λαμπτήρων LED, αντί για λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι ιδιαίτερα αισιόδοξα, καθώς, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι λαμπτήρες τελευταίας τεχνολογίας προσφέρουν την ίδια ένταση φωτός με σχεδόν το 1/6 της ισχύς που απαιτείται, σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό με λαμπτήρες πυρακτώσεως και με LED.



Σχήμα 5.20: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Φωτισμού με Λαμπτήρες Πυρακτώσεως και Λαμπτήρες LED

Από το διάγραμμα είναι προφανές ότι εξοικονομούνται τεράστια ποσά ενέργειας με την επέμβαση αυτή. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας με λαμπτήρες πυρακτώσεως και με λαμπτήρες LED. Η σημαντική μείωση που παρατηρείται οφείλεται αποκλειστικά στην επέμβαση αυτή. Η εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει τις 196831.13 kWh ετησίως, το οποίο μεταφράζεται σε 16256.28 € ετήσιο όφελος. [45] Η επέμβαση αυτή οδηγεί σε μείωση της απαιτούμενης ενέργειας κατά ένα ποσοστό 11,42% επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου.

Πίνακας 5.4: Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας με Λαμπτήρες Πυρακτώσεως και Λαμπτήρες LED

| Μήνες | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh με λαμπτήρες πυρακτώσεως | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh με λαμπτήρες LED |
|---------------------|--|--|
| Ιανουάριος | 253713.6186 | 247681.4278 |
| Φεβρουάριος | 241754.8813 | 236162.2753 |
| Μάρτιος | 217965.8038 | 211380.663 |
| Απρίλιος | 50149.68401 | 32743.92262 |
| Μάιος | 58690.08654 | 37195.32213 |
| Ιούνιος | 107748.8642 | 83051.13841 |
| Ιούλιος | 164424.9001 | 138247.8714 |
| Αύγουστος | 167462.1962 | 140937.9354 |
| Σεπτέμβριος | 95080.27025 | 70384.56808 |
| Οκτώβριος | 51821.34015 | 33835.38671 |
| Νοέμβριος | 121486.8786 | 111505.9109 |
| Δεκέμβριος | 192991.9465 | 183332.9208 |
| | | |
| Σύνολο | 1723290.47 | 1526459.343 |
| | | |
| Εξοικονόμηση σε kWh | 196831.1278 | |
| Εξοικονόμηση σε € | 16256.28285 | |

Όσον αφορά στο κόστος επένδυσης της επέμβασης αυτής, αρχικά υπολογίστηκαν οι απαιτήσεις για φωτισμό του δικαστικού μεγάρου. Τα γραφεία καταλαμβάνουν περίπου 7000 m² και χρειάζονται 3 W/m² για φωτισμό και οι κοινόχρηστοι χώροι με επιφάνεια περίπου 5600 m² επενδύονται με λαμπτήρες ισχύος 2 W/m². Συνολικά, λοιπόν, οι απαιτήσεις του κτιρίου για φωτισμό ανέρχονται στα 32200 W (21000 W και 11200 W αντίστοιχα). Έπειτα από έρευνα αγοράς, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες LED ισχύος 3W με

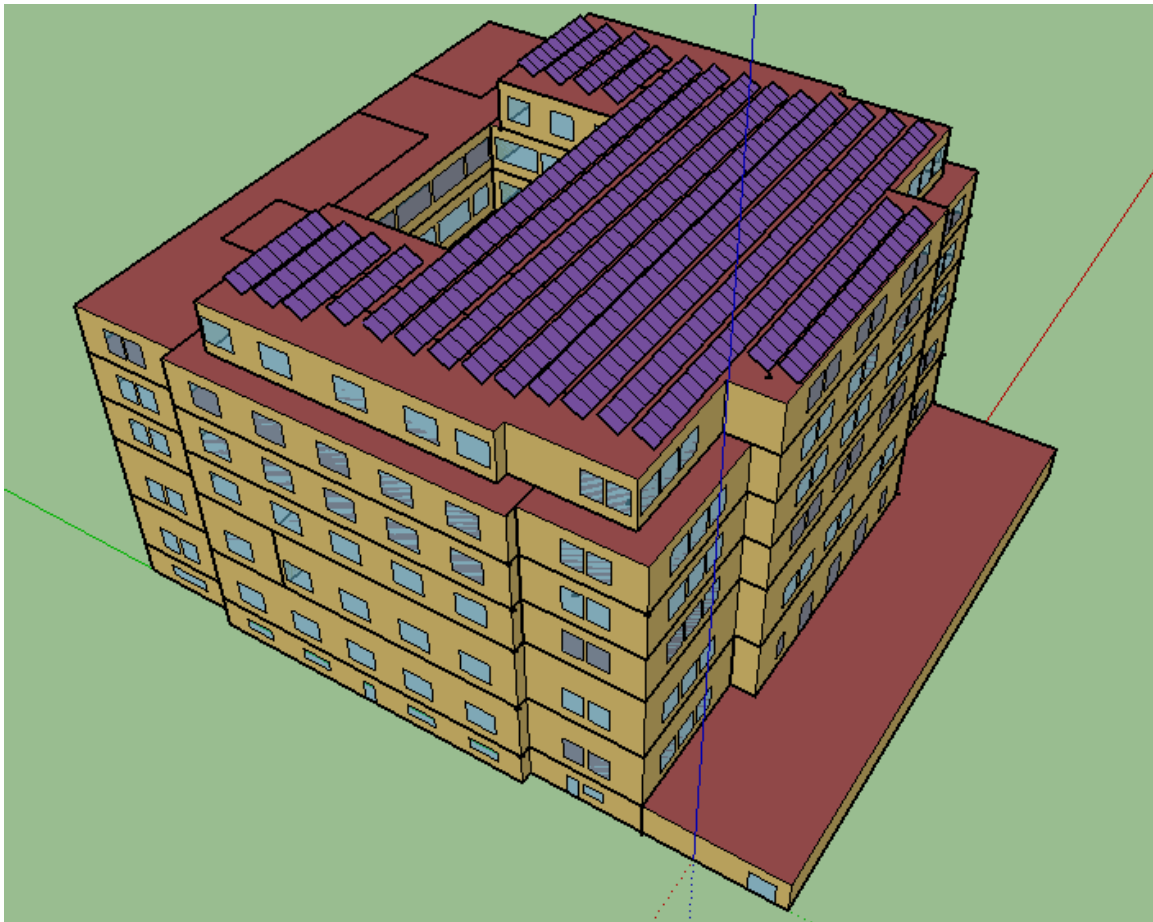
κόστος 1,40 €. Συνεπώς, το κόστος επένδυσης ανέρχεται στα 15026,67 €. Παρατηρείται ότι γίνεται απόσβεση σε διάστημα λιγότερο του ενός χρόνου. [46]

Όμως, οι λαμπτήρες αυτοί δεν έχουν διάρκεια ζωής 50 χρόνια, όπως οι υπόλοιπες επεμβάσεις. Με δεδομένο ότι η εγγύηση είναι δύο χρόνια, έστω ότι θα γίνεται αλλαγή όλων των λαμπτήρων κάθε φορά που θα περνάει το διάστημα αυτό. Συνεπώς, για να υπολογισθεί τελικά ο συνολικός χρόνος απόσβεσης αργότερα, θα υπολογισθεί το συνολικό κόστος των λαμπτήρων σε βάθος 50 χρόνων.

5.5 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων είναι μία εφαρμογή των Α.Π.Ε. και, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, μπορεί να παράγει σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς, μπορεί να μειώσει κατά πολύ το κόστος λειτουργίας του κτιρίου που μελετάται, στο οποίο, όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα της πρώτης προσομοίωσης, οι καταναλώσεις είναι τεράστιες, λόγω του όγκου του και της χρήσης για την οποία προορίζεται.

Αρχικά, σχεδιάστηκαν στην οροφή του κτιρίου τα πάνελα στο πρόγραμμα SketchUp. Επιλέχθηκαν πάνελ συγκεκριμένης εταιρείας με διαστάσεις 1660× 990× 50 mm, με κλίση 30 μοίρες και προσανατολισμό προς το Νότο, κατασκευασμένα από μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα πυριτίου με ονομαστική απόδοση 255 Wp το καθένα. Τοποθετήθηκαν στο μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της οροφής του τελευταίου ορόφου συνολικά 470 στοιχεία. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η διάταξή τους, έτσι ώστε να μην σκιάζονται. [47]



Σχήμα 5.21: Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Στοιχείων στην Οροφή του Κτιρίου

5.5.1 Εισαγωγή Παραμέτρων στο Πρόγραμμα PVGIS

Αρχικά, πρέπει να συμπληρωθούν οι συντεταγμένες του κτιρίου στα πεδία ‘Latitude’ (γεωγραφικό πλάτος) και ‘Longitude’ (γεωγραφικό μήκος). Οι ακριβείς συντεταγμένες είναι 37.942835 και 23.646357. Στη συνέχεια, στο πεδίο ‘PV Technology’ επιλέγεται ο τύπος του φωτοβολταϊκού στοιχείου που θα χρησιμοποιηθεί. Έχει επιλεγθεί να χρησιμοποιηθούν φωτοβολταϊκά πάνελ από μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα πυριτίου, επομένως επιλέχθηκε το ‘Crystalline Silicon’. Στο πεδίο ‘Installed peak PV power, συμπληρώνεται η μέγιστη ισχύς του κάθε φωτοβολταϊκού στοιχείου, δηλαδή 0.255 kWp. Θεωρείται ότι πάντα υπάρχουν απώλειες σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, συνεπώς στο πεδίο ‘Estimated system losses’ θεωρούμε απώλειες της τάξης του 14%. Επειδή το συγκεκριμένο σύστημα βρίσκεται πάνω σε κτίριο, στο πεδίο ‘Mounting position’ επιλέγεται το ‘Building integrated’. Τέλος, στο ‘Slope’ ορίζεται η κλίση των στοιχείων, δηλαδή 30°, και στο ‘Azimuth’ -38°, δηλαδή η απόκλιση του άξονα του κτιρίου από τον άξονα του Νότου. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται αναλυτικά τα πεδία που συμπληρώθηκαν.

Σχήμα 5.22: Εισαγωγή Παραμέτρων στο PVGIS

Για να εξαχθούν τα αποτελέσματα, πρέπει να επιλεχθεί ο τύπος του αρχείου που διευκολύνει το χρήστη. Τα αποτελέσματα είναι πιο εύκολα επεξεργάσιμα σε αρχείο 'Text file'. Συνολικά τα πανελ είναι 470, επομένως η ενέργεια που παράγεται, η οποία είναι για το ένα στοιχείο, πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό των πανελ, προκειμένου να έχουμε τα τελικά αποτελέσματα.

5.5.2 Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Το φωτοβολταϊκό πάρκο, που θα αποτελείται από 470 πάνελ και θα κατασκευαστεί στην οροφή του κτιρίου θα έχει συνολική ισχύ 119,85 kWp. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης εξάγονται σε ένα σημειωματάριο τύπου 'text file' και αφορούν τη μέση ημερήσια παραγωγή ενέργειας του συστήματος, τη μέση μηνιαία παραγωγή και κάποια άλλα στοιχεία σχετικά με τα ποσοστά της παγκόσμιας ακτινοβολίας που οποία δέχεται το σύστημα. Αυτές οι πληροφορίες φαίνονται στην επόμενη εικόνα.

PVdata375634N_233846E_0kW_30deg_-38deg_14 (5) - Σημειωματάριο

Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια

Latitude: 37°56'34" North,
Longitude: 23°38'46" East
Nominal power of the PV system: 0.255kWp
Inclination of modules: 30deg.
Orientation (azimuth) of modules: -38deg.

| Month | Ed | Em | Hd | Hm |
|-------|------|------|------|------|
| 1 | 0.61 | 18.9 | 3.14 | 97.3 |
| 2 | 0.75 | 21.1 | 3.94 | 110 |
| 3 | 1.04 | 32.1 | 5.52 | 171 |
| 4 | 1.15 | 34.5 | 6.26 | 188 |
| 5 | 1.24 | 38.4 | 6.84 | 212 |
| 6 | 1.33 | 40.0 | 7.53 | 226 |
| 7 | 1.29 | 40.1 | 7.40 | 229 |
| 8 | 1.24 | 38.3 | 7.09 | 220 |
| 9 | 1.12 | 33.7 | 6.31 | 189 |
| 10 | 0.91 | 28.3 | 4.97 | 154 |
| 11 | 0.70 | 20.9 | 3.68 | 110 |
| 12 | 0.54 | 16.8 | 2.80 | 86.8 |
| Year | 0.99 | 30.3 | 5.46 | 166 |

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)
Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Σχήμα 5.23: Αποτελέσματα Προσομοίωσης Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία που αφορούν τη μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το κάθε φωτοβολταϊκό στοιχείο και στη συνέχεια βρέθηκε η συνολική παραγωγή από το σύστημα. Στον επόμενο πίνακα φαίνεται, εκτός από τις παραπάνω πληροφορίες, και το όφελος της παραγωγής ενέργειας σε €.

Η συνολική παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σύστημα φτάνει τις 170657 kWh ετησίως, το οποίο μεταφράζεται σε όφελος 14094.56 €. [45] Η παραγωγή αυτή ενέργειας καλύπτει περίπου το 9,9% των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου χωρίς καμία επέμβαση. Παρατηρείται ότι η παραγωγή ενέργειας από το σύστημα είναι αυξημένη τους καλοκαιρινούς μήνες, όπως είναι και φυσιολογικό, λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας.

Πίνακας 5.5: Μηνιαία Παραγωγή Ενέργειας Φ/Β Στοιχείου και Φ/Β Συστήματος

| Μήνες | Μέση Μηνιαία Παραγωγή Ενέργειας Φ/Β σε kWh | Μέση Μηνιαία Παραγωγή Ενέργειας Φ/Β Συστήματος σε kWh |
|---------------|---|--|
| Ιανουάριος | 18.9 | 8883 |
| Φεβρουάριος | 21.1 | 9917 |
| Μάρτιος | 32.1 | 15087 |
| Απρίλιος | 34.5 | 16215 |
| Μάιος | 38.4 | 18048 |
| Ιούνιος | 40 | 18800 |
| Ιούλιος | 40.1 | 18847 |
| Αύγουστος | 38.3 | 18001 |
| Σεπτέμβριος | 33.7 | 15839 |
| Οκτώβριος | 28.3 | 13301 |
| Νοέμβριος | 20.9 | 9823 |
| Δεκέμβριος | 16.8 | 7896 |
| | | |
| Σύνολο σε kWh | | 170657 |
| | | |
| Όφελος σε € | | 14094.56163 |

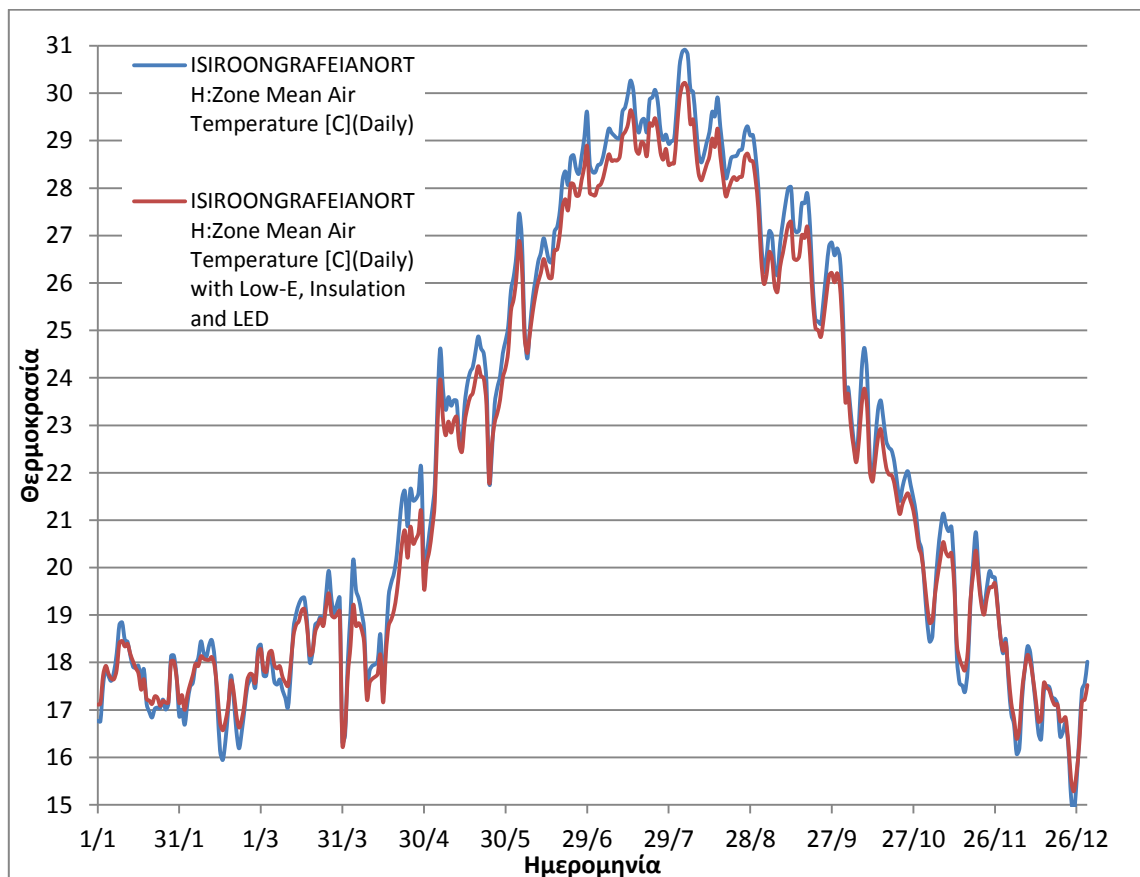
Πίνακας 5.5: Μηνιαία Παραγωγή Ενέργειας Φ/Β Στοιχείου και Φ/Β Συστήματος

Το κόστος ενός Φ/Β συστήματος τέτοιων διαστάσεων (120 kWp) ανέρχεται περίπου στα 325000 € και συμπεριλαμβάνει τον εξοπλισμό (πάνελ και πλαίσια στήριξης) και το κόστος εργασίας. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η απόσβεση του συστήματος γίνεται στα 23 χρόνια. Σημειώνεται ότι το σύστημα θα είναι διασυνδεδεμένο (on-grid) με την Δ.Ε.Η. και όχι αυτόνομο, καθώς το κόστος των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων είναι σημαντικά υψηλότερο. [48]

5.6 Συνολικά Αποτελέσματα Επεμβάσεων

Στο υποκεφάλαιο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιασθούν τα συνολικά αποτελέσματα μετά από την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων, δηλαδή την τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής, την εξωτερική θερμομόνωση και τη χρήση λαμπτήρων LED.

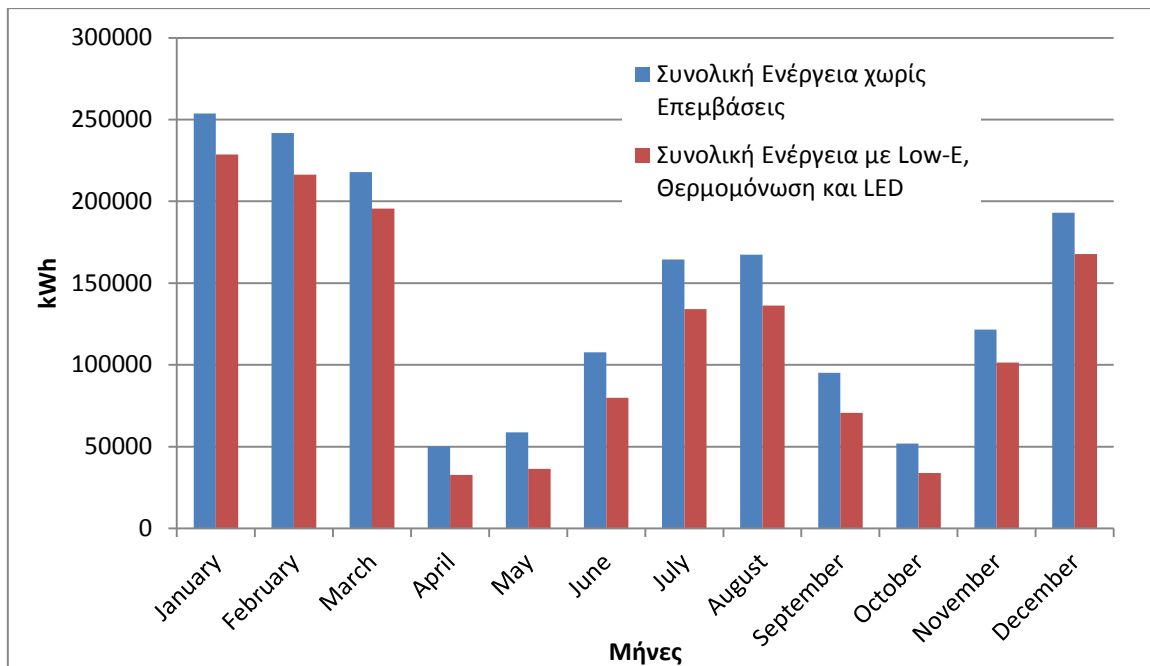
Αρχικά, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα στο οποίο φαίνεται η συνολική διαφορά στη θερμοκρασία σε κάποια θερμική ζώνη και επιλέχθηκε ενδεικτικά η 'IsIroonGrafeiaNorth', η οποία χρησιμοποιήθηκε και προηγουμένως, για τον καλύτερο σχολιασμό αποτελεσμάτων.



Σχήμα 5.24: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Ζώνης IsIroonGrafeiaNorth πριν και μετά τις Επεμβάσεις

Παρατηρείται ότι η διαφορά θερμοκρασίας λόγω της τοποθέτησης ενεργειακών υαλοπινάκων και της εξωτερικής θερμομόνωσης φτάνει και τον 1°C. Η διαφορά αυτή παρατηρείται κυρίως τις πιο θερμές ημέρες του καλοκαιριού και αντίστοιχα τις πιο κρύες ημέρες του χειμώνα.

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία του κτιρίου (κλιματισμό, φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό) χωρίς τις επεμβάσεις και συνολικά με όλες τις επεμβάσεις που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο επόμενο διάγραμμα.



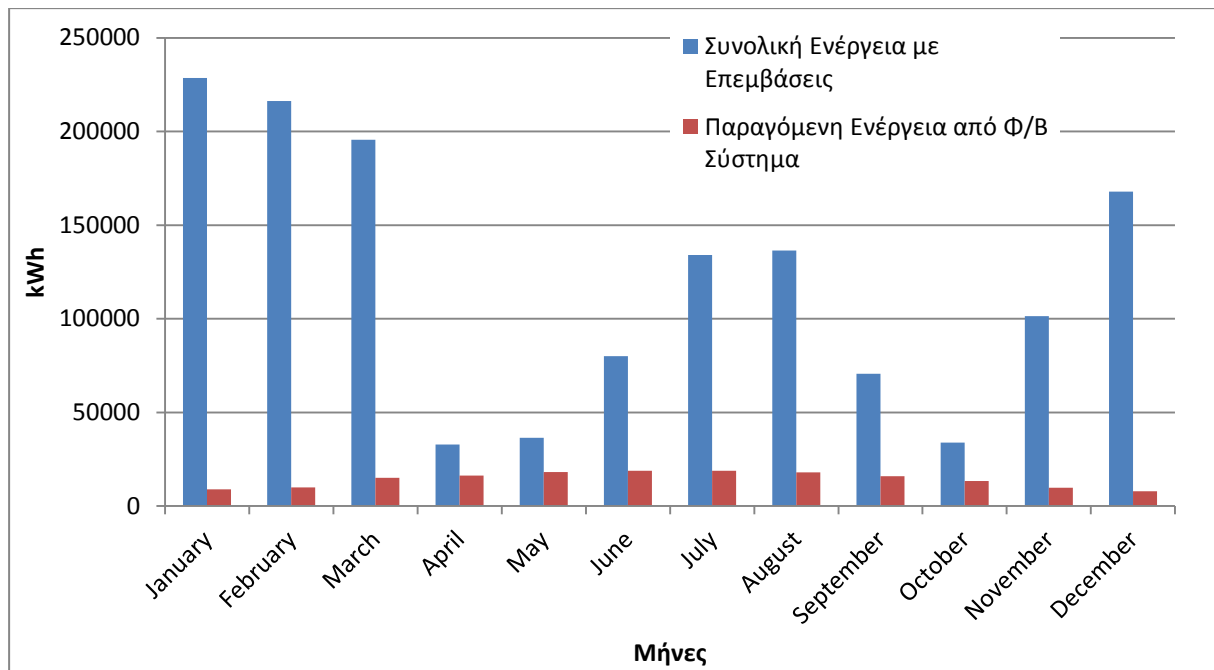
Σχήμα 5.25: Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά τις Επεμβάσεις

Είναι αισθητή η μείωση της απαιτούμενης μηνιαίας ενέργειας του κτιρίου λόγω της τοποθέτησης παραθύρων Low-E, εξωτερικής θερμομόνωσης και λαμπτήρων LED. Στον επόμενο πίνακα φαίνεται αναλυτικά η μείωση αυτή για κάθε μήνα, καθώς και η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh, η οποία φτάνει και τις 289662.29 kWh ετησίως, με όφελος 23923.21 €. Η ενέργεια αυτή αποτελεί το 16,81% της συνολικής ετήσιας ενέργειας που θα κατανάλωνε το κτίριο χωρίς καμία επέμβαση.

Πίνακας 5.6: Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά τις Επεμβάσεις

| Μήνες | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh χωρίς Επεμβάσεις | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh με Επεμβάσεις |
|---------------------|--|---|
| Ιανουάριος | 253713.6186 | 228608.3627 |
| Φεβρουάριος | 241754.8813 | 216308.574 |
| Μάρτιος | 217965.8038 | 195618.438 |
| Απρίλιος | 50149.68401 | 32743.92262 |
| Μάιος | 58690.08654 | 36372.71753 |
| Ιούνιος | 107748.8642 | 79940.06982 |
| Ιούλιος | 164424.9001 | 134015.4153 |
| Αύγουστος | 167462.1962 | 136343.9426 |
| Σεπτέμβριος | 95080.27025 | 70617.41892 |
| Οκτώβριος | 51821.34015 | 33835.38671 |
| Νοέμβριος | 121486.8786 | 101416.2797 |
| Δεκέμβριος | 192991.9465 | 167807.6543 |
| | | |
| Σύνολο | 1723290.47 | 1433628.182 |
| | | |
| Εξοικονόμηση σε kWh | 289662.2881 | |
| Εξοικονόμηση σε € | 23923.20838 | |

Προκειμένου να συγκριθεί η παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β σύστημα με τις καταναλώσεις του κτιρίου, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα, στο οποίο φαίνεται η συνολική μηνιαία κατανάλωση ενέργειας μετά τις προτεινόμενες επεμβάσεις, δηλαδή οι πραγματικές καταναλώσεις, και η ενέργεια που παράγεται κάθε μήνα από τα πάνελ.



Σχήμα 5.26: Συνολικές Καταναλώσεις Ενέργειας με Επεμβάσεις και Παραγόμενη Ενέργεια από Φ/Β

Η παραγωγή αυτή του Φ/Β συστήματος αποτελεί το 11,9% της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου μετά την κατασκευή του, δηλαδή με τις προτεινόμενες επεμβάσεις.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ένας πίνακας, στον οποίο απεικονίζεται η μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία του κτιρίου, η ενέργεια που εξοικονομείται λόγω των επεμβάσεων και η παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β σύστημα.

Πίνακας 5.7: Συνολικές Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά τις Επεμβάσεις και Παραγόμενη Ενέργεια από Φ/Β Σύστημα

| Μήνες | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh χωρίς Επεμβάσεις | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh με Επεμβάσεις | Παραγωγή Ενέργειας από Φ/Β Σύστημα σε kWh |
|---------------------|--|---|--|
| Ιανουάριος | 253713.6186 | 228608.3627 | 8883 |
| Φεβρουάριος | 241754.8813 | 216308.574 | 9917 |
| Μάρτιος | 217965.8038 | 195618.438 | 15087 |
| Απρίλιος | 50149.68401 | 32743.92262 | 16215 |
| Μάιος | 58690.08654 | 36372.71753 | 18048 |
| Ιούνιος | 107748.8642 | 79940.06982 | 18800 |
| Ιούλιος | 164424.9001 | 134015.4153 | 18847 |
| Αύγουστος | 167462.1962 | 136343.9426 | 18001 |
| Σεπτέμβριος | 95080.27025 | 70617.41892 | 15839 |
| Οκτώβριος | 51821.34015 | 33835.38671 | 13301 |
| Νοέμβριος | 121486.8786 | 101416.2797 | 9823 |
| Δεκέμβριος | 192991.9465 | 167807.6543 | 7896 |
| | | | |
| Σύνολο | 1723290.47 | 1433628.182 | 170657 |
| | | | |
| Εξοικονόμηση σε kWh | 289662.2881 | | 170657 |
| Εξοικονόμηση σε € | 23923.20838 | | 14094.56163 |

Τελικά, η ετήσια ενέργεια που θα καταναλώνει το κτίριο είναι 1433628.18 kWh, εκ των οποίων οι 170657 kWh παράγονται από το Φ/Β σύστημα. Συνεπώς, η ενέργεια που θα καλείται να εξοφλεί στη Δ.Ε.Η. ετησίως ανέρχεται στις 1262971,18 kWh. Συνολικά, δηλαδή, η μείωση φτάνει τις 460319,288 kWh, μείωση κατά 26,71%, το οποίο μεταφράζεται σε 38017,77 € ετήσιο όφελος. [45]

Το κόστος επένδυσης των επεμβάσεων είναι, όπως υπολογίσθηκε παραπάνω, 24080 € για τους ενεργειακούς υαλοπίνακες, 157600 € για την εξωτερική θερμομόνωση, $15026,67 \text{ €} \times 25$ (για αλλαγή κάθε δύο χρόνια) για τους λαμπτήρες LED και 325000 € για το Φ/Β σύστημα. Συνολικά για όλες τις επεμβάσεις, το κόστος ανέρχεται στα 882346,75 € , δεδομένου ότι η ετήσια εξοικονόμηση είναι 38017,77 €, η απόσβεση θα γίνει στα 23 χρόνια.

6. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων επεμβάσεων και γίνεται μία σύγκριση, έτσι ώστε να γίνουν οι τελικές προτάσεις για την ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου.

Αρχικά, εξετάζεται η αποτελεσματικότητα της τοποθέτησης υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής. Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, επιλέχθηκε να τοποθετηθούν οι ενεργειακοί υαλοπίνακες μόνο στην πρόσοψη του κτιρίου και στην ανατολική πλευρά του, καθώς η εξοικονόμηση σε kWh είναι μεγαλύτερη από την περίπτωση τοποθέτησης σε ολόκληρο το κτίριο και το κόστος της δεύτερης περίπτωσης είναι πολύ μεγαλύτερο. Σημειώνεται στο σημείο αυτό ότι, σε σχέση με τις συνολικές καταναλώσεις του κτιρίου, δεν προκύπτει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας από την επέμβαση αυτή, όμως κρίνεται απαραίτητη και επειδή συμβάλλει στη συνολική θερμομόνωση του κτιρίου και επειδή τα παράθυρα χαμηλής εκπομπής προστατεύουν τους χρήστες από τις βλαβερές ακτινοβολίες του ηλίου.

Όσον αφορά στην εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, και συγκεκριμένα στη χρήση διογκωμένης πολυστερίνης στους εξωτερικούς τοίχους και στις εξωτερικές οροφές, το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας φτάνει το 5% της συνολικής κατανάλωσης του κτιρίου. Η επέμβαση αυτή κρίνεται απαραίτητη και επιτυχημένη και επιβάλλεται από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979. Σημειώνεται ότι ο χρόνος απόσβεσης της επέμβασης αυτής είναι τα 22 χρόνια.

Στη συνέχεια, κρίθηκε εύλογο να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες LED στο κτίριο, αντί για λαμπτήρες πυρακτώσεως. Η ενέργεια που καταναλώνουν οι λαμπτήρες τελευταίας τεχνολογίας είναι περίπου το 1/6 της ενέργειας που απαιτείται για το φωτισμό του κτιρίου, σε σχέση με τους συμβατικούς λαμπτήρες. Με αυτήν την επέμβαση εξοικονομούνται πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας, τα οποία φτάνουν το 11,42% της συνολικής κατανάλωσης. Η απόσβεση των λαμπτήρων LED γίνεται σε λιγότερο από ένα χρόνο και κρίνεται ιδιαίτερα επιτυχημένη.

Τέλος, το Φ/Β σύστημα, το οποίο θα εγκατασταθεί στην οροφή του κτιρίου, καλύπτει ένα ποσοστό της τάξης του 11,9% της ενέργειας που θα καταναλώνει το κτίριο με όλες τις παραπάνω επεμβάσεις. Σχετικά με τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτιρίου, οι οποίες είναι ιδιαίτερα υψηλές, το ποσοστό αυτό κρίνεται αρκετά σημαντικό. Συνεπώς, παρ' όλο που το

κόστος του συστήματος είναι τεράστιο, η επέμβαση αυτή κρίνεται επιτυχημένη, καθώς η απόσβεση γίνεται στα 23 χρόνια.

Συνολικά, οι επεμβάσεις αυτές θα εξοικονομήσουν ένα σημαντικό ποσοστό των συνολικών ετήσιων απαιτήσεων του κτιρίου σε ενέργεια και συγκεκριμένα το 26,71%. Το κόστος όλων αυτών των επεμβάσεων είναι πολύ υψηλό, αλλά η απόσβεση θα γίνει στα 23 χρόνια. Είναι στην κρίση του επενδυτή ποιες από αυτές τις επεμβάσεις θα πραγματοποιηθούν.

Μελλοντικές προτάσεις για το εν λόγω κτίριο είναι ενδεχομένως η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, η προσθήκη φυτεμένου δώματος και η τοποθέτηση ειδικού μηχανολογικού συστήματος κλιματισμού για εξοικονόμηση ενέργειας.

Αναφορές

- [1]. Το Παγκόσμιο Ενεργειακό Πρόβλημα, INT.
http://thesecretrealtruth.blogspot.com/2011/05/blog-post_9772.html
- [2]. Πετρελαϊκή Κρίση του 1973, INT.
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AE_%CE%BA%CF%81%CE%AF%CF%83%CE%B7_%CF%84%CE%BF%CF%85_1973
- [3]. Α. Καπλάνη, Το Ενεργειακό Πρόβλημα στη Σύγχρονη Εποχή, 2013, INT. http://1lyk-vyron.att.sch.gr/A1b_kaplani.pdf
- [4]. Β. Νιάκας, Μ. Χριστοδουλοπούλου, 2015. Ανασχεδιασμός κτιρίου Λιμένος Λαυρίου Αττικής με Βιοκλιματικά Κριτήρια, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα
- [5]. Αειφόρος Ανάπτυξη, INT.
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B5%CE%B9%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%82_%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CF%80%CF%84%CF%85%CE%BE%CE%B7
- [6]. Γ. Λαδόπουλος, Κατανάλωση και Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια, INT.
<http://www.iene.gr/energyweek08/articlefiles/page06/ladopoulos.pdf>
- [7]. Εξοικονόμηση Ενέργειας στον Κτιριακό Τομέα, ΚΑΠΕ, INT.
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm
- [8]. Χ. Πολυζωγόπουλος, 2000. Ενεργειακή Κατανάλωση στον Οικιστικό Τομέα-Κριτική Ανασκόπηση της Κατάστασης της Ελλάδας, Μυτιλήνη
- [9]. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Υπουργείο Ανάπτυξης, INT. http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_bioclimatikos.htm
- [10]. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, INT.
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD
- [11]. Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην Αρχαία Ελλάδα, Προοικείν, INT.
<http://www.prooikein.gr/news/81-news>
- [12]. Ενέργεια και Πολίτης, ΚΑΠΕ, INT.
http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic.htm

- [13]. Κλίμα και Περιβάλλον, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΤΕΕ, ΙΝΤ.
<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/ktirio/DE3-Bioklimatika-final.pdf>
- [14]. Αρχές, Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού, ΚΑΠΕ, ΙΝΤ.
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm
- [15]. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ΙΝΤ.
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82
- [16]. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ΥΠΕΚΑ, ΙΝΤ.
<http://www.ypeka.gr/?tabid=285>
- [17]. Φωτοβολταϊκά, ΙΝΤ.
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC>
- [18]. Φωτοβολταϊκό Σύστημα, ΙΝΤ.
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1
- [19]. Μ. Παπαδάκη, Α. Παπασηφάκη, 2014. Προσομοίωση και αναβάθμιση ενεργειακής συμπεριφοράς ξενοδοχειακής μονάδας στο λογισμικό Energy Plus και υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος της μέσω του CO2 Footprint Calculator, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα
- [20]. Ενέργεια Κυμάτων, Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας, ΙΝΤ.
<http://www.allaboutenergy.gr/EnergieiaOkeanon.html>
- [21]. Εξοικονόμηση Ενέργειας, ΙΝΤ.-
http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/eksoikonomhsh-energeias/stratigikes_exoikonomisis/thermiki_prostasia/
- [22]. Θερμομόνωση Κτιριακού Κελύφους, ΚΑΠΕ, ΙΝΤ.
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm
- [23]. Δικαστήριο, ΙΝΤ.
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF>

- [24]. Κώδικας Οργανισμού Δικαστηρίων, Υπουργείο Δικαιοσύνης, Διαφάνειας και Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων, INT.
<http://www.ministryofjustice.gr/site/kodikēs/%CE%95%CF%85%CF%81%CE%B5%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF/%CE%9A%CE%A9%CE%94%CE%99%CE%9A%CE%91%CE%A3%CE%9F%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%9D%CE%99%CE%A3%CE%9C%CE%9F%CE%A5%CE%94%CE%99%CE%9A%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%A9%CE%9D/tabid/339/language/el-GR/Default.aspx>
- [25]. PVGIS, INT.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- [26]. Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων, 2011. ΥΠΕΚΑ, INT.
<https://www.buildingcert.gr/entypo.pdf>
- [27]. Θερμικές Ζώνες, Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια, ΚΑΠΕ, INT.
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/oxe_thermikes_zones.htm
- [28]. Title 24 2013 Compliance Software: CBECC-Com “California Building Energy Code Compliance for Commercial Buildings”, Creating Model Geometry using the Detailed Geometry Approach, INT.
http://bees.archenergy.com/Documents/Training/01-03-CBECC_Training-DG_Building_Geometry.pdf
- [29]. Whole-Building Energy Modeling with OpenStudio, National Renewable Energy Laboratory, INT.
http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/alliances/20110824_webinar_openstudio.pdf
- [30]. EnergyPlus Documentation, Manual. INT.
https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v8.3.0/InputOutputReference.pdf
- [31]. Θερμοκρασίες Εδάφους, INT. -
file:///C:/Users/Dimitra_p/Downloads/05TOTEE-kairika-fainomena.pdf
- [32]. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, INT.
https://www.buildingcert.gr/nomiko_plaisio/kenak.pdf
- [33]. Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων. TOTEE, INT.
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/ATT00206.pdf

- [34]. Αιμ. Γ. Κορωναίος, Γ. Ι. Πουλάκος, 2005. Τεχνικά Υλικά, Τόμος 3 και 4, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα
- [35]. E. Neufert, 2000. Οικοδομική και Αρχιτεκτονική Σύνθεση, Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας, Αθήνα
- [36]. Κτιριοδομικός Κανονισμός, ΤΕΕ, INT.
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/PROFESSIONAL_ISSUES/NOMOTHESIA_P/KTIRIODOMIKOS_KAN_FEK59A_1989_SEL1-10_OCR.PDF
- [37]. Κριτήρια της ΕΕ για τις ΠΔΣ όσον αφορά το φωτισμό εσωτερικών χώρων, INT. http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/criteria/indoor_lighting_el.pdf
- [38]. Ενεργειακές Απαιτήσεις, INT. -
http://www.ktizontastomellon.gr/bibliothiki/Fotismos/Energeiakes_apaitiseis.php
- [39]. Ενεργειακοί Υαλοπίνακες, ΠΡΙΣΜΑ Α.Ε.
http://www.prismaglass.gr/%CF%85%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%80%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%B5%CF%82_%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%AF.el.aspx
- [40]. Yalodomi, Mavropoulos S.A. , INT.
http://www.yalodomi.gr/docs/YALODOMI_brochure.pdf
- [41]. D. Osbourn, 2003. Mitchell's Οικοδομική, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα
- [42]. Μονωτικά Υλικά, Τιμές, Fragoulakis Supply INT. <http://monosi-fragoulakis.gr/eksoteriki-thermomonosi/thermomonosi-times>
- [43]. Δίοδος Εκπομπής Φωτός (LED), INT. -
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AF%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82_%CE%B5%CE%BA%CF%80%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%AE%CF%82_%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82
- [44]. LED Lighting, INT. - <http://greenled.pblogs.gr/2011/03/diefkrinhseis-gia-ta-led-kai-paradeigma-meiwshs-katanalwshs.html>
- [45]. Τιμολόγια Χαμηλής Τάσης, ΔΕΗ, INT.
<https://www.dei.gr/Documents2/TIMOLOGIA/TIMOL25072014/XT%20OIKIA%20EPPAGGE.pdf>
- [46]. LED λαμπτήρες, κόστος, INT.
<http://www.skroutz.gr/c/786/lamptires.html?keyphrase=led>
- [47]. Cocoon Solar Energy, Φωτοβολταϊκά Πάνελ Bosch, INT.
<http://www.cocoon.gr/solar-panels-bosch.html>

[48]. Dionic Solar, Φωτοβολταϊκά Πάρκα: Πληροφορίες, Κόστος και Απόδοση,
INT.

<http://dionicsolar.gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%80%CE%AC%CF%81%CE%BA%CE%B1-%CF%80%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%BA%CF%8C%CF%83%CF%84/>

Πηγές Σχημάτων και Πινάκων

- [1].Α. Καπλάνη, Το Ενεργειακό Πρόβλημα στη Σύγχρονη Εποχή, 2013, INT. -
http://1lyk-vyron.att.sch.gr/A1b_kaplani.pdf
- [2].Δ. Κουσκουρίδης, Κατανάλωση Ενέργειας στην Ελλάδα, ΤΕΕ, INT. -
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIA_M_D_JUNE11_SHMEIWSEIS/Tab/katana_lwsi_energeias_gr.pdf
- [3].Α. Γιακουμέλος, 2013. Το Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ΚΑΠΕ, Αθήνα
- [4].Μ. Σκουτάρης, 2009. Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με φυτεμένη οροφή κατά τη θερινή περίοδο.
- [5].Χ. Πολυζωγόπουλος, 2000. Ενεργειακή Κατανάλωση στον Οικιστικό Τομέα-Κριτική Ανασκόπηση της Κατάστασης της Ελλάδας, Μυτιλήνη
- [6].Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην Αρχαία Ελλάδα, INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD+%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%B9%CE%B1+%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%B4%CE%B1&espn=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI4I72ydvnyAIVBtQaCh32zwFI
- [7].Ενεργειακός Τοίχος Trombe, INT. –
https://www.google.gr/search?q=%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%BF%CF%82+trombe&espn=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIibOk6dznyAIVArUaCh2zjgwt
- [8].Ηλιακό θερμοκήπιο INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF+%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%B9%CE%BF&espn=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI0Jv8wt3nyAIVhTsaCh2_PA7u&dpr=1
- [9].Καμινάδα αερισμού, INT. -
<https://www.google.gr/search?q=%CE%BA%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CE%B1+%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CF%83%CE>

[E%BC%CE%BF%CF%85&biw=1366&bih=633&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIwLPT0ujnyAIVhQoaCh3CrQQq](https://www.google.gr/search?q=%CE%BC%CE%BF%CF%85&biw=1366&bih=633&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIwLPT0ujnyAIVhQoaCh3CrQQq)

[10]. Ηλιακή καμινάδα, INT. -

https://www.google.gr/search?q=%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%B7+%CE%BA%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CE%B1&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIuMSV_ujnyAIVBYkaCh1jfgca

[11]. Φυσική ηλιοπροστασία κτιρίου, INT. -

https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1+%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%85&biw=1366&bih=633&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIl5-4nennyAIVBjwUCh1r4guV

[12]. Τεχνικές και συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, INT. -

<http://www.evonymos.org/greek/eidikathemata.asp?parentid=146>

[13]. Ανακλαστικές περσίδες, INT. -

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_rafia_fotismou.htm

[14]. Ηλιακοί θερμοσίφωνες, INT. -

https://www.google.gr/search?q=%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%B9+%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%83%CE%B9%CF%86%CF%89%CE%BD%CE%B5%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIn9307ebnyAIVxgoaCh1SnQLI

[15]. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, INT. -

https://www.google.gr/search?q=%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82+%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82+%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82&biw=1366&bih=633&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMI69HdkOjnyAIVy1YUCh08Pgg7

[16]. Αιολικό πάρκο, INT. -

https://www.google.gr/search?q=%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF+%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%BF&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMI69qW9ufnyAIVRrYaCh2URABR

- [17]. Υδροηλεκτρικά Εργοστάσια, INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CE%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%B1+%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAUoAWoVChMI_Pqm6OznyAIVSgMaCh1WDwfm
- [18]. Βιομάζα, INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CE%B6%CE%B1&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIl8ukku3nyAIVBdQaCh0ynw0e
- [19]. Γεωθερμία, INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%B1&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIxdqg9u_nyAIViEAUCh0iTQ7x
- [20]. Περιβάλλον και διαχείριση ενέργειας, Ενέργεια κυμάτων, INT. -
<http://www.allaboutenergy.gr/EnergieiaOkeanon.html>
- [21]. Θερμομόνωση, INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%B7&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI_ZKJ2_DnyAIVQb8UCh0FZAZt
- [22]. Τζάμια χαμηλής εκπομπής, INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CF%84%CE%B6%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%B1+%CF%87%CE%B1%CE%BC%CE%B7%CE%BB%CE%B7%CF%82+%CE%B5%CE%BA%CF%80%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%B7%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIlLjKy_HnyAIVhUoUCh1GjgtV
- [23]. Φυτευτό δώμα, INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%BF+%CE%B4%CF%89%CE%BC%CE%B1&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIpK2Eh_LnyAIVCjsaCh0yEwJm
- [24]. Αεριζόμενο κέλυφος, INT. -
https://www.google.gr/search?q=%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAWoVChMIl8ukku3nyAIVBdQaCh0ynw0e

https://www.google.gr/search?q=%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF+%CE%BC%CE%B5%CE%B3%CE%B1%CF%81%CE%BF+%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CE%BD%CF%89%CE%BD&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAgQ_AUoAmoVChMIp9O94_LnyAIVzNYUCh1zxQ4v

[25]. Άρειος Πάγος, INT. -

https://www.google.gr/search?q=%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF+%CE%BC%CE%B5%CE%B3%CE%B1%CF%81%CE%BF+%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CE%BD%CF%89%CE%BD&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI8JSqxvPnyAIVhc0UCh1y5A6w#imgrc=

[26]. Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά, Google Maps, street view. INT. -

<https://www.google.gr/maps/place/%CE%9B%CE%B5%CF%89%CF%86. +%CE%97%CF%81. +%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%85+34. +%CE%A0%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B1%CE%B9%CE%AC%CF%82+185+35/@37.942651,23.64678,238m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x14a1bbe850ac0d0f:0xafaa1229e2383f42?hl=el>

[27]. Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά, Μελλοντική άποψη, INT. -

https://www.google.gr/search?q=%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF+%CE%BC%CE%B5%CE%B3%CE%B1%CF%81%CE%BF+%CF%80%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B1%CE%B9%CE%B1&espv=2&biw=1366&bih=633&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAcQ_AUoAmoVChMIqOi5u_XnyAIVzDcUCh3OfwPJ

