ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΛΑ Ι. ΘΗΡΕΣΙΑ Α.Μ: 01108103

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ι. ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: Ε. ΤΡΙΑΝΤΗ, Αρχ. Μηχ. Υπεύθυνη Γραφείου Ενεργειακής Διαχείρισης Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2015

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΛΑ Ι. ΘΗΡΕΣΙΑ Α.Μ: 01108103

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ι. ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: Ε. ΤΡΙΑΝΤΗ, Αρχ. Μηχ. Υπεύθυνη Γραφείου Ενεργειακής Διαχείρισης Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Τζουβαδάκη Ιωάννη, Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π και την κα. Τριάντη Ευροσύνη από το Γραφείο Ενεργειακής Διαχείρισης του Ε.Μ.Π για την καθοδήγηση τους, καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της Διπλωματικής Εργασίας. Επίσης ευχαριστώ την κα. Γεωργάκη Χριστίνα από το Τμήμα Μελετών της Γενικής Διεύθυνσης Τεχνικών Υπηρεσιών Ε.Μ.Π για την βοήθεια που μου πρόσφερε στην εύρεση όλων των σχεδίων του κτιρίου αιθουσών διδασκαλίας Σ.Ε.Μ.Φ.Ε. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Σκλάβου Ευαγγελία και τον κ. Ξενάκη Μενέλαο, Υποψήφιους Διδάκτορες Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π για όλες τις πολύτιμες συμβουλές τους,όσον αφορά την εκμάθηση των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, για την πολύτιμη και αμέριστη συμπαράσταση τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η έρευνα και η μελέτη της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου αιθουσών διδασκαλίας Σ.Ε.Μ.Φ.Ε του Ε.Μ.Π. Αρχικά γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και σε θεωρητικές έννοιες του βιοκλιματικού σχεδιασμού καθώς και στην εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια.

Στην συνέχεια, αναλύεται το συγκεκριμένο κτίριο σχεδιαστικά και επιχειτείται η προσομοίωση της παρούσας κατάστασης του με χρήση του προγράμματος ‘Energy Plus’. Ακόμα, παρουσιάζονται αναλυτικά αποτελέσματα για την μέση ημερήσια θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου αλλά και τις συνολικές του ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη.

Τέλος, προτείνονται επεμβάεις για τον ενεργειακό ανασχεδιασμό του κτιρίου ενώ παράλληλα ελέγχεται η οικονομική επιβάρυνση και το όφελος που επιφέρουν αυτές οι προτάσεις.

ABSTRACT

The purpose of this current Dissertation is the energy design and upgrade of Physics Department Building in the National Technical University of Athens. Initially, the renewable resources are presented as well as the theoretical concept of bioclimatic design in relation to saving energy at buildings.

In the next part, there is the design and simulation of the present situation of the building by using the ‘Energy Plus’ software. Furthermore there is the detailed presentation of its results, regarding the average daily temperature of every thermal zone of the building and the its total need of energy on heating and cooling.

Finally, a few interventions are proposed on the upgrading of the energy performance of the building in comparison with their financial effectiveness.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ-ΕΙΔΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Υ.Π.Ε.Κ.Α: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
Δ.Ε.Η: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
Α.Π.Ε : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Ε.Κ : Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
Α.Ε.Π: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
Γ.Α.Θ : Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας
Μ.Ε.Κ : Μηχανή Εσωτερικής Καύσης
Τ.Ε.Ε : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Τ.Ο.Τ.Ε.Ε : Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
DIN : Deutsches Institut für Normung

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη και η ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενου κτιρίου εκπαιδευτικής χρήσης στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου στο Ε.Μ.Π. μέσω εφαρμογών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Εκμεταλλευόμενοι την χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης, αναπτύσσονται πρακτικές που αφορούν την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης για τους χρήστες και ταυτόχρονα την εξοικονόμηση ενέργειας για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης και ψύξης. Επιπλέον, γίνεται προσπάθεια εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την τοποθέτηση επί παραδείγματι οριζόντιων εξωτερικών περσίδων, οι οποίες διαθέτουν φωτοβολταϊκές συστοιχίες, για την κατά το δυνατόν απεξάρτηση του κτιρίου από τις συμβατικές μορφές ενέργειας.

Στόχος της Διπλωματικής αυτής Εργασίας είναι η κατανόηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της χρησιμότητας τους. Ταυτόχρονα, η εργασία στοχεύει στην κατανόηση των βασικών θεωρητικών αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού και της υιοθέτησής τους στην αρχιτεκτονική σχεδίαση κτιριακών εγκαταστάσεων. Τέλος, γίνεται προσπάθεια να γίνει κατανοητό πως με την υιοθέτηση τους, είναι εφικτό να επιτευχθεί ενεργειακή αναβάθμιση και εξοικονόμηση χρήματων στον κτιριακό τομέα.

Μέσα Έρευνας: Για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης ‘Sketch-up’ της ‘Google’ σε συνδυασμό με την προσθήκη της ηλεκτρονικής επέκτασης ‘Legacy Open Studio plug-in for Sketch-up’. Επίσης, έγινε χρήση του ελεύθερου λογισμικού ‘Energy Plus’ για την προσομοίωση και θερμική ανάλυση του κτιρίου. Ο τρόπος λειτουργίας των παραπάνω προγραμμάτων παρουσιάζεται στην συνέχεια αναλυτικά και με προσέγγιση βήμα προς βήμα.

Δομή Εργασίας: Στο 1^{ο} Κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας γίνεται παρουσίαση του σύγχρονου ενεργειακού μοντέλου, των κατηγοριών των ενεργειακών πηγών, των ενεργειακών καταναλώσεων στην Ελλάδα καθώς και της δομής του ενεργειακού προβλήματος.

Στο 2^{ο} Κεφάλαιο γίνεται ενδελεχής παρουσίαση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μέρες μας όπως και του τρόπου εκμετάλλευσης τους.

Στο 3^{ο} Κεφάλαιο αναλύονται τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, οι τεχνικές φυσικού δροσισμού και οι τεχνικές φυσικού φωτισμού που αφορούν τα κτίρια.

Στο 4^{ο} Κεφάλαιο παρουσιάζεται το υπό μελέτη κτίριο όπως αυτό μοντελοποιήθηκε με την χρήση των κατάλληλων προγραμμάτων και η αναλυτική διαδικασία για την εισαγωγή όλων των απαραίτητων στοιχείων στο πρόγραμμα ‘Energy Plus’.

Στο 5^{ο} Κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης του κτιρίου με διαγράμματα των ημερήσιων θερμοκρασιών των θερμικών ζωνών του όπως αυτές επιλέχθηκαν, των συνολικών θερμικών κερδών και των συνολικών θερμικών απωλειών λόγω των ανοιγμάτων που διαθέτει και των συνολικών ψυκτικών και θερμικών φορτίων.

Στο Κεφάλαιο 6 της εργασίας παρουσιάζονται προτεινόμενες επεμβάσεις ώστε να επιτευχθεί η ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου και κατ’ επέκταση η εξοικονόμηση ενέργειας για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης και ψύξης. Παράλληλα εξετάζεται η οικονομική αποδοτικότητα των προτάσεων αυτών ανασχεδιασμού του κτιρίου .

Τέλος, στο 7^{ο} Κεφάλαιο εξάγονται συμπεράσματα από την παραπάνω μελέτη του κτιρίου, όσον αφορά την εφαρμογή των παθητικών ηλιακών συστημάτων και των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Το Ενεργειακό Μοντέλο Εξοικονόμησης Ενέργειας Στα Κτίρια

1.1. Εισαγωγή

Η εξέλιξη της ανθρωπότητας ήταν πάντα στενά συνδεδεμένη με την χρήση ενέργειας και την δυνατότητα του ανθρώπου να διαχειρίζεται τις διάφορες μορφές ενέργειας. Ήδη από την λίθινη εποχή ο άνθρωπος χρησιμοποιεί την ενέργεια της φωτιάς για μαγειρική, φωτισμό και θέρμανση. Σημαντικοί σταθμοί στην εξέλιξη αποτέλεσαν η έναρξη της εξόρυξης άνθρακα τον 17^{ο} αιώνα, η ανακάλυψη της πρώτης ατμομηχανής τον 18^{ο} αιώνα, η βιομηχανική επανάσταση του 19^{ου} αιώνα και η δημιουργία της πρώτης μηχανής εσωτερικής καύσης στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Επιπλέον η γενίκευση της πετρελαιοκινούμενης μεταφοράς και η ανακάλυψη του ηλεκτρισμού άλλαξαν σε πολύ μεγάλο βαθμό την ζωή του ανθρώπου δημιουργώντας μια παγκόσμια, οικονομικά ισχυρή βιομηχανία. Τέλος η συνεχής κατανάλωση πετρελαίου δημιούργησε συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας οδηγώντας έτσι στην χρήση της πυρηνικής ενέργειας από το 1970 και μετά [1],[2].

1.2. Κατηγορίες Ενεργειακών Πηγών

Η ενέργεια είναι το φυσικό εκείνο μέγεθος που συνοδεύει οποιαδήποτε μεταβολή στον φυσικό κόσμο και γίνεται αντιληπτή στον άνθρωπο μέσω του αποτελέσματος της γνωστό και ως έργο. Ισούται δηλαδή με το έργο που απαιτείται ώστε ένα σύστημα να μεταβεί από μία κατάσταση σε μία άλλη. Ανάλογα με την προέλευση της, συναντάται σε διάφορες μορφές όπως για παράδειγμα κινητική, ηλεκτρική, θερμική κ.α. Βέβαια η παραγωγή της απαιτεί ουσιαστικά την ύπαρξη μιας ενεργειακής πηγής. Οι ενεργειακές πηγές ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες [3] :

- Πρωτογενείς και δευτερογενείς
- Μη ανανεώσιμες (συμβατικές) και ανανεώσιμες

1.2.1. Πρωτογενείς Πηγές Ενέργειας

Πρωτογενείς πηγές ενέργειας είναι εκείνες που συναντώνται άμεσα στην φύση όπως ο ήλιος, το κάρβουνο, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και η βιομάζα.

1.2.2. Δευτερογενείς Πηγές Ενέργειας

Δευτερογενείς ονομάζονται οι πηγές ενέργειας που είναι αποτέλεσμα μετατροπής ή επεξεργασίας των πρωτογενών πηγών, όπως το υδρογόνο, το πετρέλαιο κίνησης, η βενζίνη κ.α.

1.2.3. Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Μη ανανεώσιμες καλούνται οι πηγές, που δεν είναι εφικτό να ανανεώσουν την αποθηκευμένη τους ενέργεια σε σύντομο χρονικό διάστημα, αλλά και η διαδικασία σχηματισμού τους διήρκησε εκατομμύρια χρόνια. Τα τελευταία χρόνια είναι αυτές που χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τις ανανεώσιμες πηγές οδηγώντας σε σειρά προβλημάτων και γενικότερα στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διακρίνονται σε [4],[7] :

- Στερεά καύσιμα των γαιανθράκων όπως λιγνίτη, ανθρακίτη, τύρφη
- Υγρά καύσιμα ως αποτέλεσμα κατεργασίας όπως το μαζούτ, η βενζίνη, η κηροζίνη, το πετρέλαιο κλπ.
- Αέρια καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, το υγραέριο κλπ.
- Πυρηνική ενέργεια την οποία λαμβάνουμε από την σχάση ραδιενεργών υλικών όπως το πλουτώνιο, το ουράνιο κλπ.

Εικόνα 1.1: Συμβατικές μορφές ενέργειας (Πηγή: https://energy-economy.wikispaces.com)

1.2.4. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε)

Ανανεώσιμες ή *ήπιες μορφές ενέργειας* ή *νέες πηγές ενέργειας* ή *πράσινη ενέργεια* χαρακτηρίζονται οι πηγές οι οποίες μπορούν με φυσικό τρόπο να ανανεώσουν την αποθηκευμένη ενέργεια τους και θα συνεχίσουν να μας παρέχουν ενέργεια αφού τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο ή τον άνεμο. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, η ηλιακή, η αεροθερμική, η γεωθερμική, η υδροθερμική, η ενέργεια των ωκεανών, η υδροηλεκτρική, η ενέργεια από βιομάζα και η ενέργεια από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια [5],[6] .

Εικόνα 1.2: Γεωθερμική Πηγή στην Ισλανδία (Πηγή: http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/geothermal.htm)

Εικόνα 1.3: Αιολική ενέργεια (Πηγή: http://www.skai.gr/news/environment/article/201160/i-aioliki-energeia-xehorizei-kaisumferei/)

Εικόνα 1.4: Ηλιακή ενέργεια (Πηγή: http://renewablegreece.wikispaces.com)

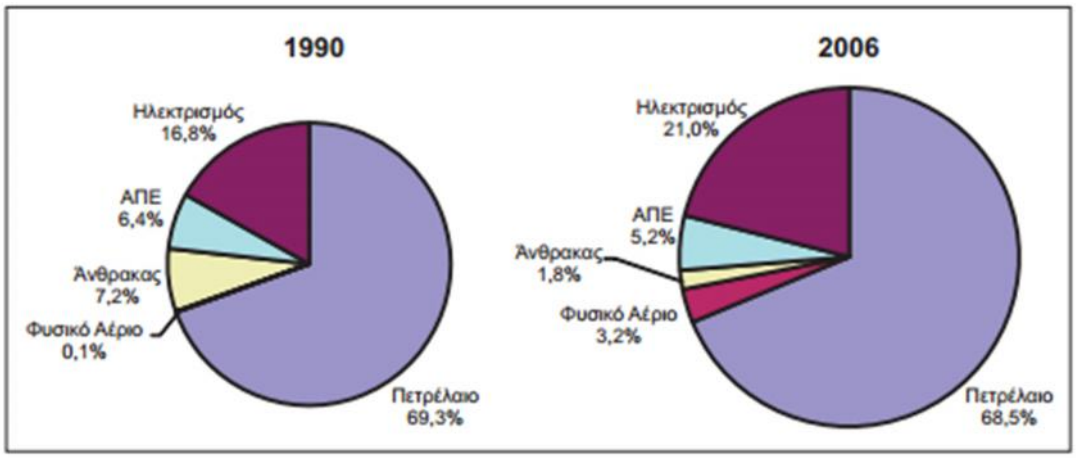
1.3. Ενεργειακές Καταναλώσεις στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, την κύρια πηγή ενέργειας αποτελεί ο λιγνίτης ο οποίος χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το 86% περίπου της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο και λιγνίτη). Το φυσικό αέριο και γενικότερα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας άρχισαν να αποτελούν αξιοσημείωτη πηγή ενέργειας μόλις στα τέλη της δεκαετίας του ΄90. Γενικότερα, η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας ξεπερνά αρκετά τον κοινοτικό μέσο όρο της τάξης του 55% αγγίζοντας το 2006 ποσοστά της τάξης του 75%, εξαιτίας κυρίως των εισαγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η τελική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 50% κατά την περίοδο 1990-2006 ως αποτέλεσμα της καλής οικονομικής κατάστασης της χώρας κατά την ίδια περίοδο.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	1995-2006
ΑΕΠ	2,4%	3,6%	3,4%	3,4%	4,5%	4,2%	3,4%	5,6%	4,9%	2,9%	4,5%	3,9%

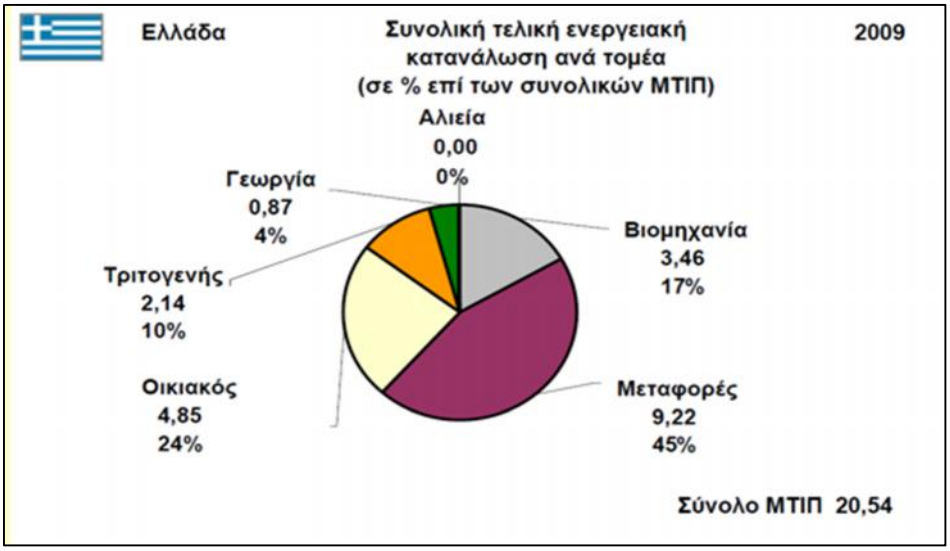
Εικόνα 1.5: Οικονομική ανάπτυξη στην Ελλάδα (Πηγή: http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Energy_Outlook_2009_EL%20.pdf)

Το 2006 η συνολική κατανάλωση ενέργειας έφτασε τα 31,5 Mtoe σε σχέση με τα 22,3 Mtoe το 1990 καταγράφοντας αύξηση περίπου 40%. (toe: μονάδα μέτρησης της ενέργειας που απελευθερώνεται καίγοντας έναν τόνο πετρέλαιο, 1 toe = 11.63 MWatt/h). Αναλύοντας την τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο, φαίνεται, ότι τα προϊόντα πετρελαίου καλύπτουν περίπου το 70% της ζήτησης, ο ηλεκτρισμός το 20%, τα στερεά καύσιμα το 2%, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) το 5% και το φυσικό αέριο μόλις το 3 %.



Εικόνα 1.6: Κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στην Ελλάδα (Πηγή: http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Energy_Outlook_2009_EL%20.pdf)

Ο τριτογενής, ο οικιακός, ο δημόσιος και ο αγροτικός τομέας κατανάλωσαν το 2006 το 46% της ενέργειας ενώ το αντιστοιχο ποσοστό το 1990 ήταν 40%. Βέβαια, τα επίπεδα της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα είναι μεσαία σε σχέση με τις παγκόσμιες τιμές. Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος γα το 40% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό αλλά και ευρωπαϊκό επίπεδο κυρίως με μορφή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών καλύπτουν το 70% περίπου της ενεργειακής τους κατανάλωσης, ενώ οι οικιακές συσκευές, ο φωτισμός και ο κλιματισμός καλύπτουν το 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 36% περίπου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομες θερμαινόμενες κατοικίες οι οποίες χρησιμοποιούν πετρέλαιο σε ποσοστό 25%, ηλεκτρισμό σε ποσοστό 12% και καυσόξυλα σε ποσοστό 18% [8].

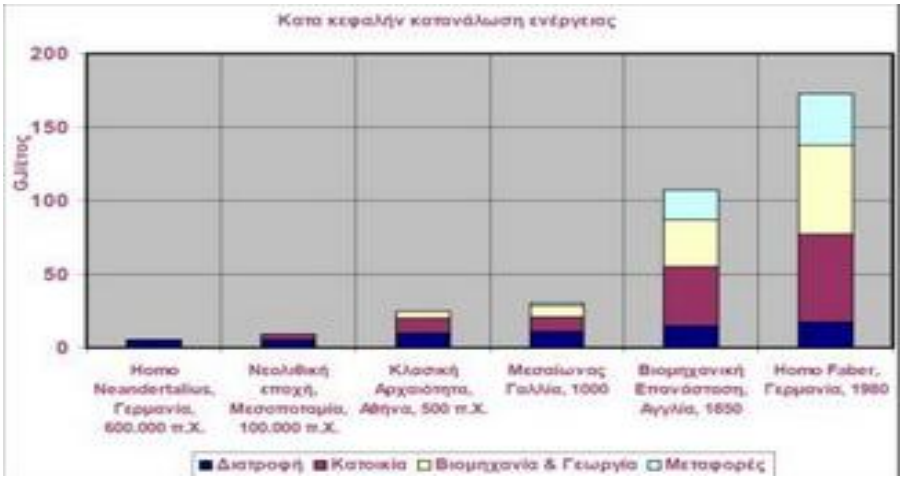


Εικόνα 1.7: Μερίδα τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα στην Ελλάδα (Πηγή: Greece 2011, European Commission, DG Energy, A1 – June 2011)

1.4. Το Ενεργειακό Πρόβλημα

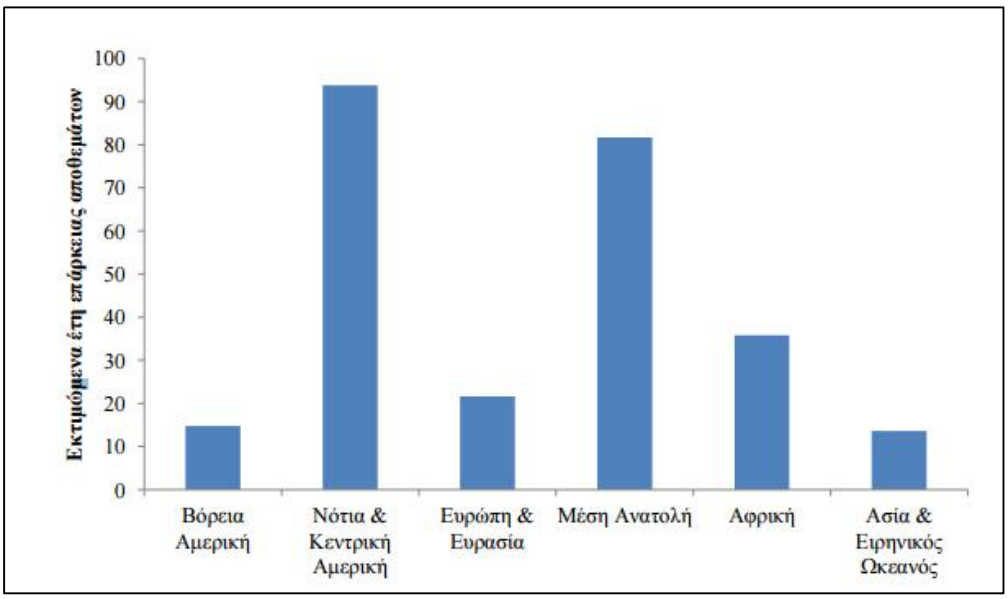
Είναι φανερό ότι τα τελευταία χρόνια ο γοργός ρυθμός αύξησης του πληθυσμού συνοδευόμενος από την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου οδηγεί στην υπερδραστηριοποίηση του και κατ’ επέκταση στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Ακόμα, η αυξημένη τάση για ανοικοδόμηση που παρατηρείται στις μέρες μας και κυρίως η δημιουργία αρκετά ενεργοβόρων εγκαταστάσεων καθώς και η αλόγιστη χρήση των ενεργειακών πηγών αποδείκτηκαν εξαιρετικά επιβαρυντικές για το περιβάλλον. Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών παρουσιάζεται αξιοσημείωτη αύξηση των ενεργειακών αναγκων σε όλους του τομείς συμπεριλαμβανομένου και του κτιριακού, ενώ ταύτοχρονα παρατηρείται μία σταδιακά αυξανόμενη μείωση των ορυκτών αποθεμάτων. Φαίνεται

μάλιστα πως ο σύγχρονος άνθρωπος χρησιμοποιεί ενέργεια ίση με 1000 MJ ανά ημέρα, 150 φορες δηλαδή περισσότερη από τον τον πρωτόγονο άνθρωπο.



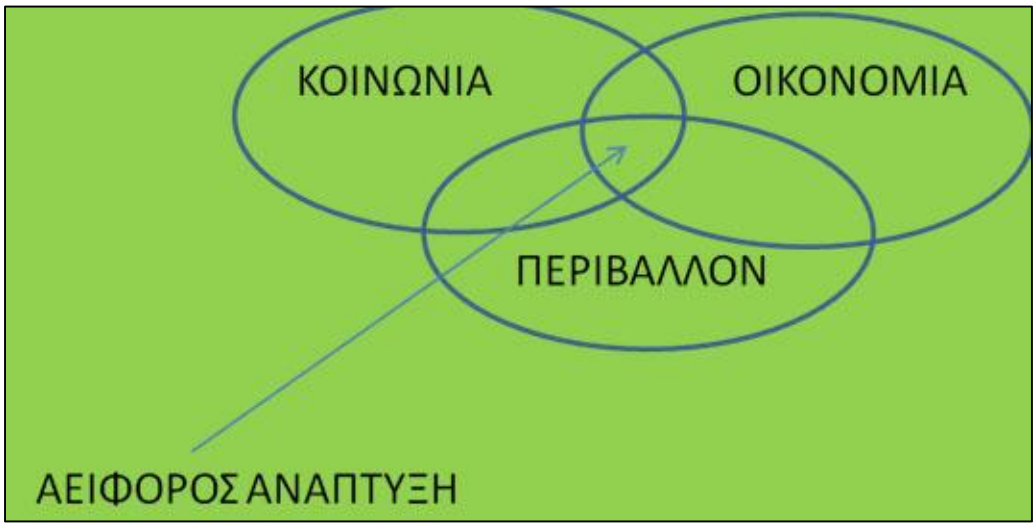
Εικόνα 1.8: Εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας (Πηγή: Διδακτορική διατριβή Καρβούνη. Κ. Γεώργιου)

Η ουσία λοιπόν του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων, που διαρκώς μειώνονται, με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται.



Εικόνα 1.9: Έτη επάρκειας των βεβαιωμένων γεωλογικών αποθεμάτων πετρελαίου ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. (Δεδομένα: BP 2011) (Πηγή: Διπλωματική Εργασία: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Ευπραξία Χριστίνα Μόσχου)

Το μοντέλο αυτό ανάπτυξης που βασίζεται στην υπερκατανάλωση αγαθών και στην αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων φέρνει αναπόφευκτα τον σύγχρονο άνθρωπο αντιμέτωπο με ένα σοβαρό ερώτημα. Καλείται να απαντήσει στο αν θα συνεχίσει να καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες κυρίως με ορυκτά καύσιμα έως ότου αυτά εξαντληθούν, με βέβαιο επακόλουθο την περιβαλλοντική επιβάρυνση ή ακόμα και καταστροφή του περιβάλλοντος, ή αν θα στραφεί σε άλλες λύσεις με βασικό άξονα τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε). Τα νέα αυτά δεδομένα δημιουργώντας μια αρχική ανησυχία έχουν σταδιακά οδηγήσει στην εναλλακτική λύση της βιώσιμης ή αειφόρου ανάπτυξης, η οποία στοχεύει στη συνετή διαχείριση του φυσικού χώρου, στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του δομημένου χώρου και στην χρήση ήπιων τεχνικών και υλικών, μη επιβλαβών για την υγεία των ανθρώπων. Με άλλα λόγια, η νέα αυτή τάση στοχεύει στην καθιέρωση προδιαγραφών οικολογικής προσέγγισης για το σχεδιασμό και τη χρήση των χώρων ζωής, εσωτερικών και υπαίθριων. Πρόκειται ουσιαστικά για μια ήπια διαχείριση του δομημένου χώρου και του περιβάλλοντος του με επιλογές που συντείνουν στην διατήρηση των οικοσυστημάτων.



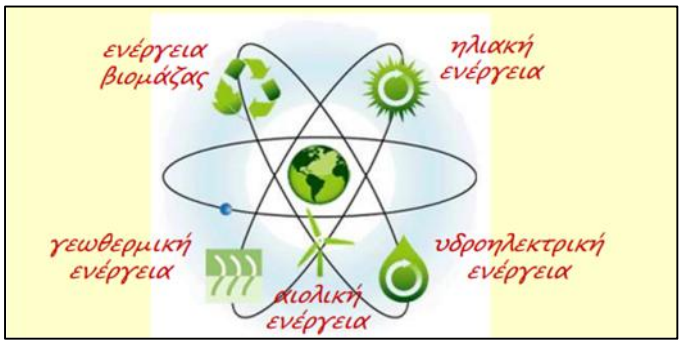
Εικόνα 1.10: Στόχοι Αειφόρου Ανάπτυξης (Πηγή: http://www.flowmagazine.gr/article/view/oi_stoxoi_ths_viwsimhs_h_aeiforou_anaptukseis/category/environment)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1. Εισαγωγή

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ανανεώσιμες ή ήπιες πηγές ενέργειας θεωρούνται εκείνες που προέρχονται από τη φύση, ανανεώνονται από μόνες τους και είναι διαρκώς και ασταμάτητα διαθέσιμες σε μεγάλες ποσότητες. 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 σε αντίθεση με τις έως σήμερα διαδεδομένες συμβατικές πηγές ενέργειας. Στην κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε) ανήκουν οι:

- Ηλιακή ενέργεια
- Αιολική ενέργεια
- Γεωθερμική ενέργεια
- Ενέργεια από βιομάζα
- Υδραυλική ενέργεια
- Ενέργεια από την θάλασσα

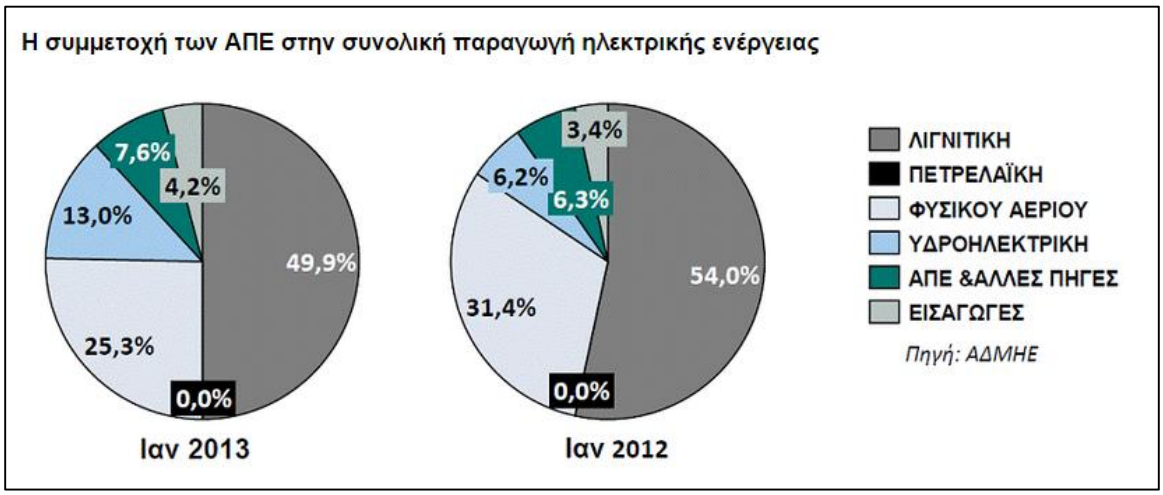


Εικόνα 2.1: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Πηγή: http://kpe-kastr.ark.sch.gr/site/presentations/RenEnergy/RenEnergyLyk.pdf)

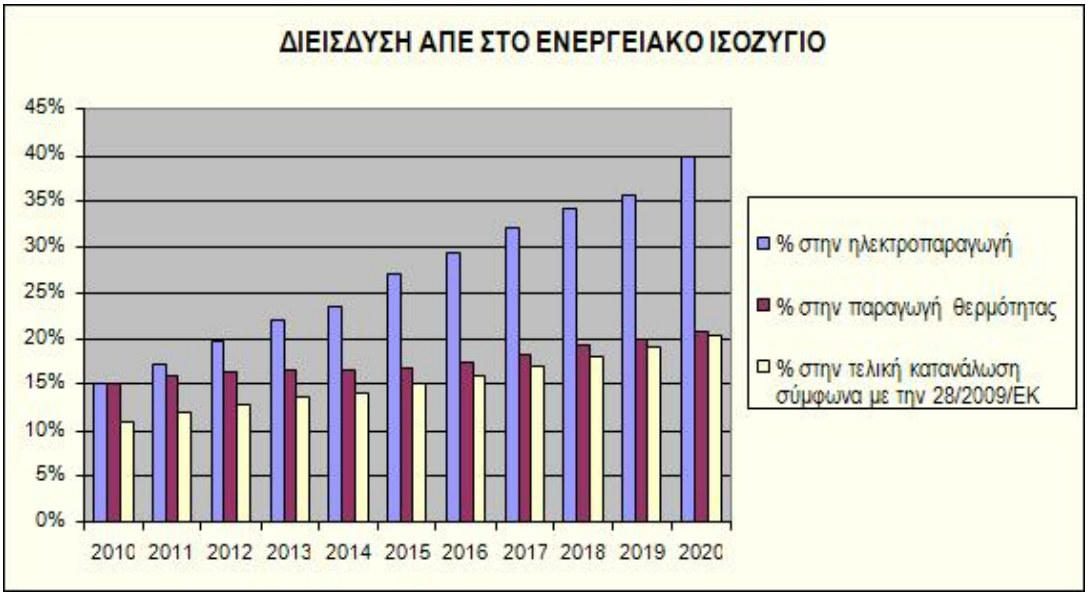
Η αξιοποίησή των Α.Π.Ε περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μονάχα κατά την τελευταία δεκαετία μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες οι Α.Π.Ε αποτελούν σήμερα μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της

εξάρτησης τους από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού.

Στην Ελλάδα, τα τελευταία χρόνια, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν αρχίσει να κάνουν αισθητή την παρουσία τους με συνεχώς αυξανόμενα ποσοστά χρήσης και με πρόβλεψη για ακόμα πιο διαδεδομένη χρήση μέσα στην επόμενη πενταετία. Πιο συγκεκριμένα η χώρα μας προκειμένου να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή και παράλληλα να εξοικονομήσει φυσικούς πόρους έχει θέσει ως στόχο έως το 2020, οι Α.Π.Ε να αποτελούν το 20% της παραγόμενης ενέργειας της [52] .



Εικόνα 2.2: Συμμετοχή των ΑΠΕ στην συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2012 και 2013 (Πηγή: http://renewablegreece.wikispaces.com/)



Εικόνα 2.3: Διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο έως το 2020 (Πηγή: http://www.ypeka.gr/?tabid=285)

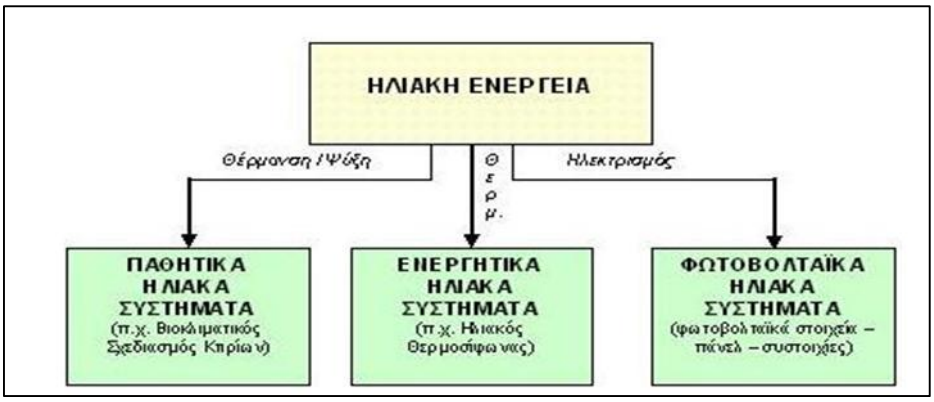
2.2. Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο όπως το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση του νερού (για χρήση σε σπίτια, κτίρια, ή πισίνες) και για θέρμανση χώρου (σπίτια, θερμοκήπια και άλλα κτίρια).

Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας πραγματοποιείται με την χρήση ηλιακών θερμικών συστημάτων τα οποία συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε θερμότητα. Τα ηλιακά θερμικά συστήματα διακρίνοντα σε τρεις κατηγορίες:

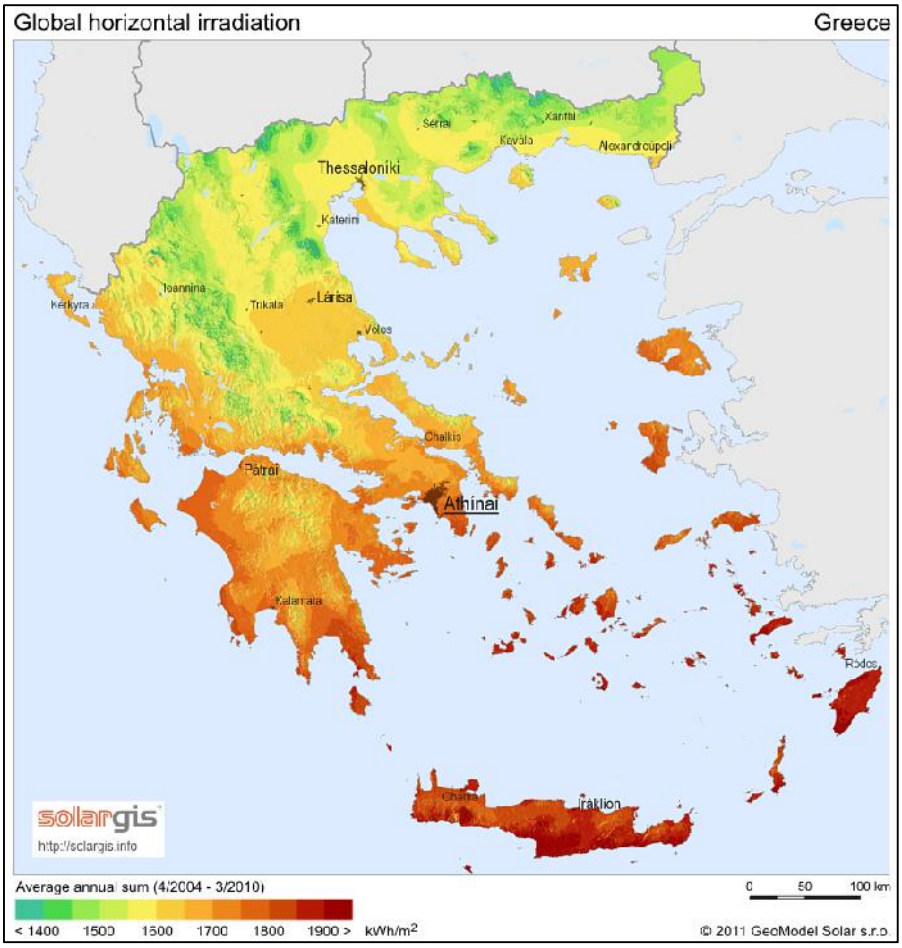
- παθητικά ηλιακά συστήματα
- ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή ηλιοθερμικά συστήματα
- φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται την θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου [10],[13],[14],[15],[16] .



Εικόνα 2.4: Είδη ηλιακών θερμικών συστημάτων (Πηγή: https://el.wikipedia.org)

Στην χώρα μας η ηλιοφάνεια διαρκεί κατά μέσο όρο περισσότερες από 2700 ώρες ετησίως με τιμές από 2200 έως 2300 ώρες για την Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο και τιμές που ξεπερνούν τις 3300 ώρες για την Ρόδο και την Κρήτη.



Εικόνα 2.5: Χάρτης ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα (Πηγή: https://el.wikipedia.org)

Κατά συνέπεια τόσο τα ηλιοθερμικά όσο και τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν αποκτήσει τα τελευταία χρόνια μεγάλο ενδιαφέρον στην Ελλάδα με απόδοση για τα ηλιοθερμικά συστήματα σε συνάρτηση της μέσης ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας από 1450 στα βόρεια έως 1950 κιλοβατώρες (KWh) ανά τετραγωνικό μέτρο στην Κρήτη. Αντίστοιχα, η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, που δημιουργούνται με τις καλύτερες ευρωπαϊκές προϋποθέσεις, φτάνει τις 1400-1800 KWh ετησίως ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας.

2.2.1. Ηλιοθερμικά Συστήματα

Τα ηλιοθερμικά συστήματα συλλέγουν ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν σε θερμική ενέργεια που μετέπειτα μπορεί να παράξει ηλεκτρισμό. Υπάρχουν διάφορα είδη ηλιοθερμικών συστημάτων και η διαφορά τους έγκειται στο βαθμό θερμότητας που μπορούν να παράξουν δηλαδή ως χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας συλλέκτες.

Οι χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας συλλέκτες είναι επίπεδες πλάκες που παγιδεύουν την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου για να ζεστάνουν νερό

μέσα στο πλαίσιο. Αυτά τα συστήματα δεν παράγουν ηλεκτρισμό αλλά ζεστό νερό για οικιακή ή βιομηχανική χρήση.

Αντίθετα, οι υψηλής θερμοκρασίας συλλέκτες συγκεντρώνουν την ηλιακή ενέργεια με κάτοπτρα ή φακούς σε ένα ντεπόζιτο νερού μετατρέποντας το σε ατμό, ο οποίος στην συνέχεια κινεί μία ατμογεννήτρια παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Για να λειτουργήσουν αποδοτικά, τα ηλιοθερμικά συστήματα απαιτούν την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους συλλέκτες ή τα κάτοπτρα. Συνεπώς εάν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια η απόδοση τους μειώνεται αισθητά [11].

Εικόνα 2.6: Ηλιοθερμικό χαμηλής θερμοκρασίας στην Σαντορίνη (Πηγή: https://el.wikipedia.org)

Εικόνα 2.7: Ηλιοθερμικό παραβολικό πιάτο με κάτοπτρα που ακολουθεί τον ήλιο κατά την διάρκεια της ημέρας (Πηγή: https://el.wikipedia.org)

Εικόνα 2.8: Ηλιοθερμικός ηλεκτροπαραγωγός σταθμός PS10 στην Ισπανία (Πηγή: https://el.wikipedia.org)

2.2.2. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

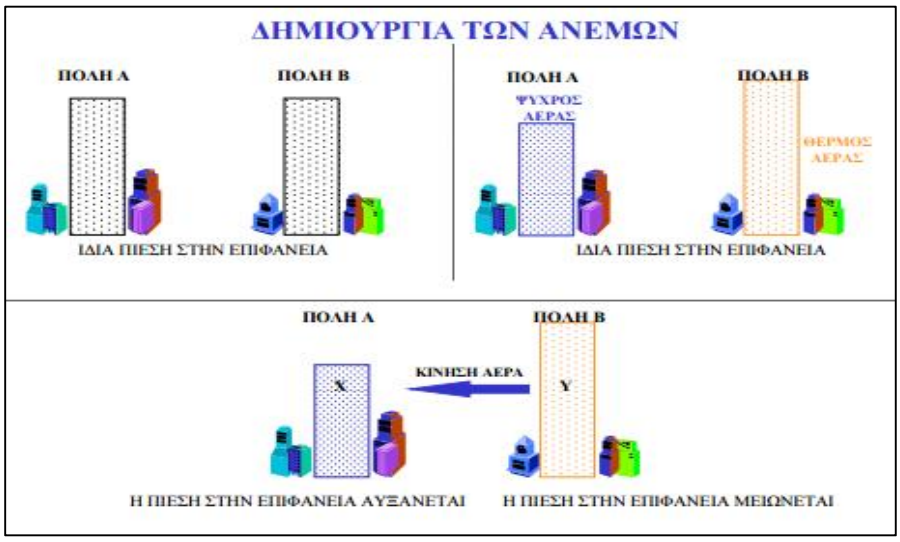
Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πλαίσια φωτοβολταϊκών στοιχείων ή κυψελών ή κυττάρων μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. Οι ηλιακές κυψέλες (ημιαγωγοί), είναι «συσκευές» που μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Κατά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το ηλιακό φως που προσπίπτει σε έναν ημιαγωγό δύο στρωμάτων δημιουργεί ηλεκτρικό δυναμικό μεταξύ τους. Η παραγόμενη τάση μπορεί να ενεργοποιήσει μία άλλη συσκευή, ανάλογης τάσης και ισχύος, ή να διανεμηθεί στο ηλεκτρικό σύστημα [12].

Εικόνα 2.9: Φωτοβολταϊκή συστοιχία (Πηγή: https://el.wikipedia.org)

Εικόνα 2.10: Φωτοβολταϊκό σύστημα σε στέγη (Πηγή: http://www.aytonoma-fotovoltaika.gr/)

2.3. Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη με αποτέλεσμα την δημιουργία των ανέμων. Η εκμετάλλευσή της παρατηρείται ήδη από την αρχαιότητα με χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτά των ιστιοφόρων και των ανεμόμυλων. Προκειμένου να επιτευχθεί η μετατροπή της ενέργειας των ανέμων σε ηλεκτρική, γίνεται χρήση ανεμογεννητριών.



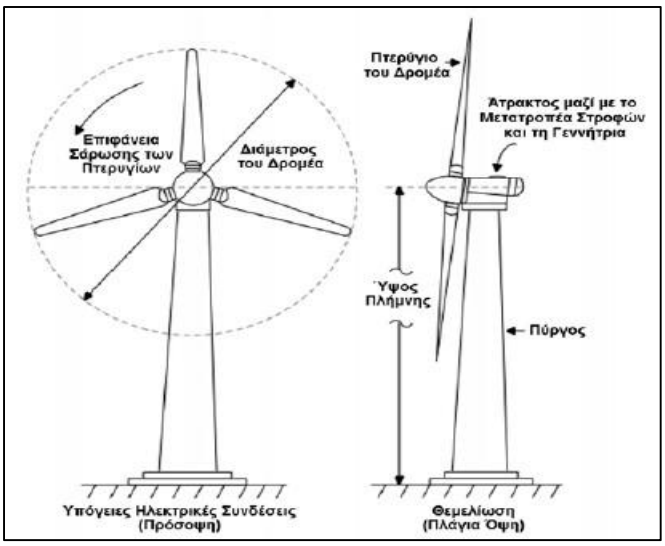
Εικόνα 2.11: Δημιουργία των ανέμων (Πηγή: Εισαγωγή στην ενεργειακή τεχνολογία, Νίκος Μαμάσης, http://users.itia.ntua.gr/)

2.3.1. Ανεμογεννήτριες

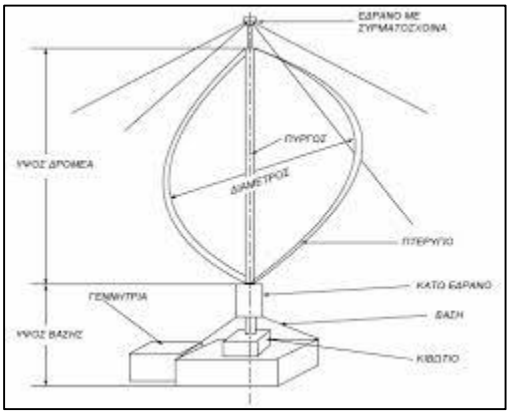
Η ανεμογεννήτρια είναι αιολική μηχανή που παράγει ρεύμα από την αιολική ενέργεια μετατρέποντας την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω μιας πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω μιας γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική [17],[18],[21].

Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικα και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο
- τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα ο οποίος παραμένει σταθερός

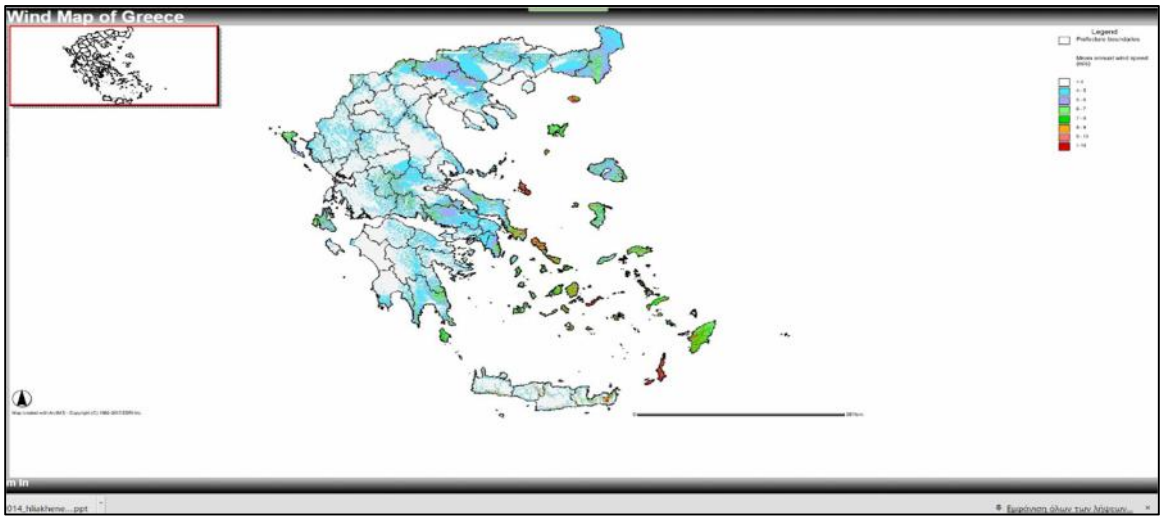


Εικόνα 2.12: Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα (Πηγή: http://gneng.blogspot.gr/p/blog-page.html)



Εικόνα 2.13: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα (Πηγή: http://ape.chania.teicrete.gr/gr/files/HPIESI_Pres_02_Wind_Turbines.pdf)

Η χώρα μας διαθέτει ένα εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αξιοποίησή του μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αειφόρο ανάπτυξή της. Αιολικά πάρκα υπάρχουν στην Κύθνο, στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, στη Λέσβο, στην Χίο, στην Σάμο και στην Κρήτη. Σημαντικό εμπόδιο στην περεταίρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας αποτελεί ο οικονομικός παράγοντας. Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία 10 χρόνια, το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί δραματικά, η τεχνολογία παραγωγής της απαιτεί μια αρχική επένδυση μεγαλύτερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση. Η Eunice Energy Group εκτός από τα υλοποιημένα έργα αιολικής ενέργειας έχει προγραμματίσει την ανάπτυξη αιολικών πάρκων στην Ελλάδα με στόχο η ονομαστική ισχύς να φτάσει επίπεδα της τάξης των 950 MW έως το τέλος του 2016 [17],[19],[20],[31].



Εικόνα 2.14: Αιολικός χάρτης της Ελλάδας (Πηγή: http://www.ypeka.gr/)

Εικόνα 2.15: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1997-2013 (Πηγή: http://www.eunice-group.com)

Εικόνα 2.16: Αιολικό πάρκο στις ΗΠΑ (Πηγή: http://www.econews.gr)

2.4. Γεωθερμική Ενέργεια

Ο ορισμός της Γεωθερμικής Ενέργειας, σύμφωνα με το ASTM E-957 (Standard Terminology Relating to Geothermal Energy), είναι αρκετά ευρύς: «η θερμική ενέργεια που περιέχεται στα πετρώματα και στα ρευστά της Γης ».

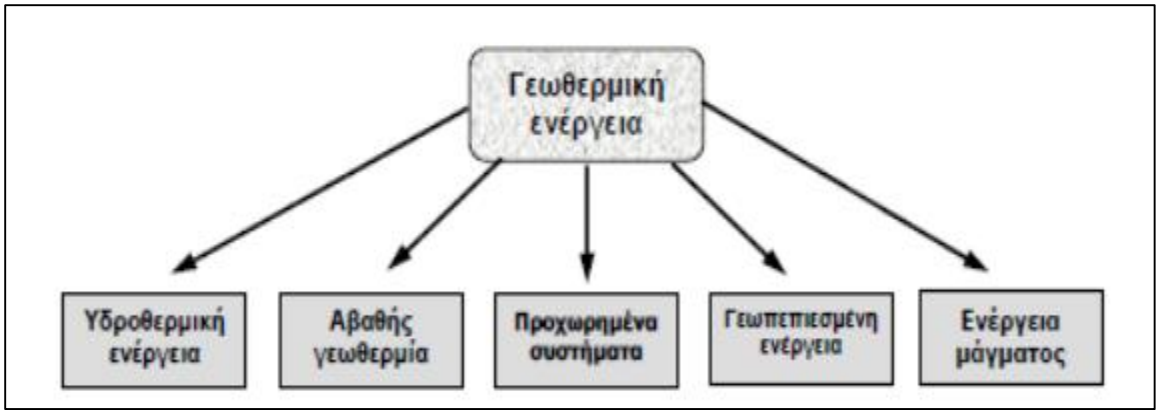
Όμως με τον όρο «γεωθερμική ενέργεια» που συνήθως χρησιμοποιούμε, εννοούμε το τμήμα της γήινης θερμότητας που βρίσκεται αποθηκευμένο με την μορφή θερμού νερού, ατμού ή θερμών πετρωμάτων σε ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, δηλαδή περιορίζεται στα πρώτα τρία περίπου χιλιόμετρα από την επιφάνεια της Γης. Η ενέργεια αυτή βρίσκεται συνήθως περιορισμένη σε μία γεωθερμική περιοχή ή πεδίο με συγκεκριμένα επιφανειακά όρια.

Ως γεωθερμική χρήση αναφέρεται η οικονομική εκμετάλλευση του ατμού ή των θερμών νερών, είτε αυτά ρέουν φυσικά, είτε βγαίνουν στην επιφάνεια μέσω γεώτρησης. Οι γεωθερμικές χρήσεις περιλαμβάνουν ακόμα την αξιοποίηση της θερμότητας των πετρωμάτων ή του εδάφους και ταξινομούνται σε ηλεκτρικές (για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος) και σε άμεσες.

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως είναι το είδος των γεωθερμικών πόρων, ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών, ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά, το είδος της εστίας θερμότητας, αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα κ.ά [Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004].

Ανάλογα με το είδος των γεωθερμικών πόρων, τα γεωθερμικά συστήματα διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες [Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004]:

- Υδροθερμική ενέργεια
- Αβαθής γεωμετρία
- Προχωρημένα συστήματα
- Γεωπεπιεσμένη ενέργεια
- Ενέργεια μάγματος



Εικόνα 2.17: Μορφές γεωθερμικής ενέργειας κατά σειρά ενδιαφέροντος χρήσεων σήμερα και προοπτικής στο εγγύς μέλος, από αριστερά προς τα δεξιά (Πηγή: Γεωθερμία και Τυποποίηση, Μ. Φυτίκας)

Για τον άνθρωπο, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις [22]:

- Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές 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.

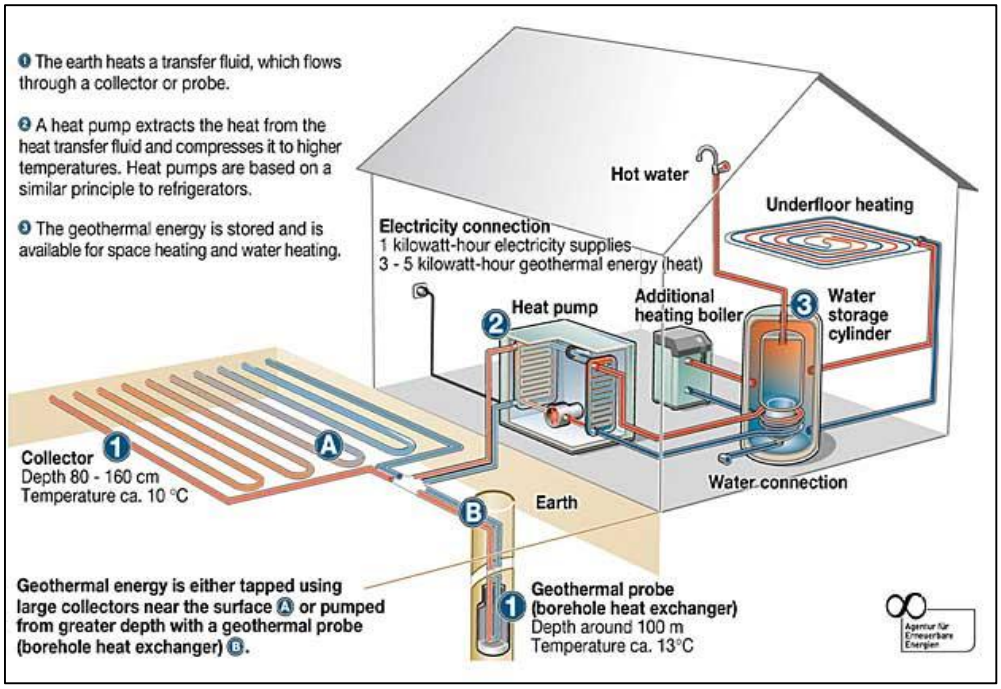
Η Ενθαλπία είναι θερμοδυναμικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει το ολικό ποσό θερμότητας που περιέχει ένα θερμοδυναμικό σύστημα [26] .

Εικόνα 2.18: Χάρτης θερμότερων Γεωθερμικών Περιοχών (Πηγή: http://www.tm.teicrete.gr/)

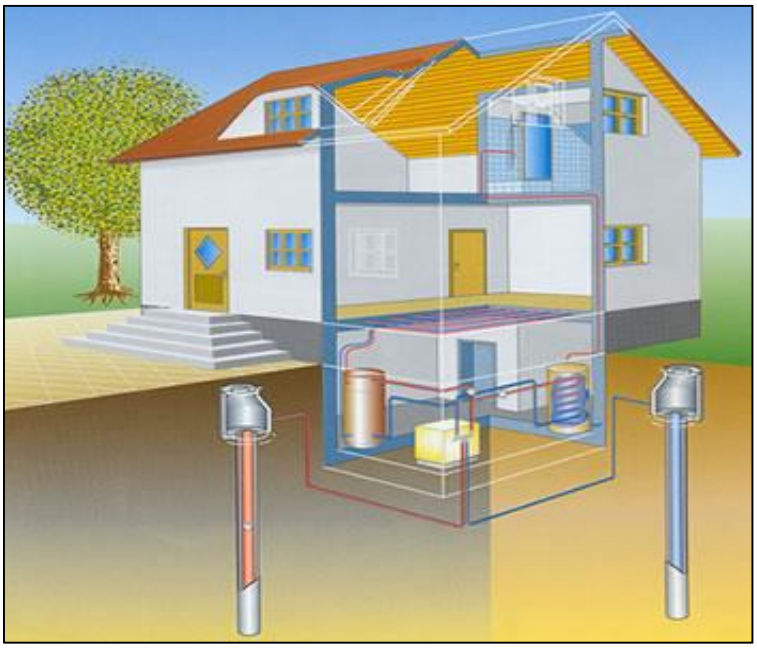
Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση των ρευστών υψηλής ενθαλπίας διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και ταξινομούνται σε:

- Επιπτώσεις από την χρήση γης
- Εκπομπές αερίων
- Διάθεση υγρών αποβλήτων
- Θόρυβο
- Δημιουργία μικροσεισμικότητας
- Καθιζήσεις

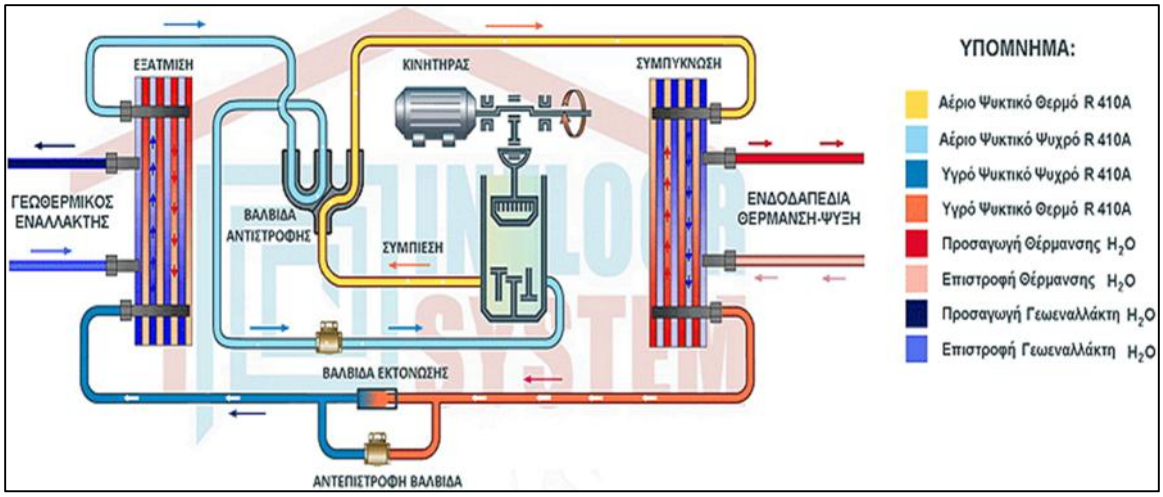
Όσον αφορά τον κτιριακό τομέα, η γεωθερμία με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες μπορεί να καλύψει ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης, ζεστών νερών χρήσης και ψύξης κτιρίων με την χρήση Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (Γ.Α.Θ). Καθώς η γη διατηρεί σε σχετικά μικρό βάθος σταθερή τη θερμοκρασία της καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, έχουμε την δυνατότητα να θερμάνουμε το χειμώνα και να δροσίσουμε το καλοκαίρι οποιαδήποτε κατοικία με τη χρήση ενός γεωεναλλάκτη, ενός συστήματος δηλαδή σωληνώσεων που τοποθετούμε στο υπέδαφος, μιας αντλίας γεωθερμίας και ενός ενδοδαπέδιου συστήματος. Το χειμώνα το μίγμα νερού-γλυκόλης του εξωτερικού κυκλώματος απορροφά την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους και με τη βοήθεια της αντλίας πετυχαίνουμε θερμοκρασίες νερού 35-45ºC, αρκετές για τη λειτουργία της δαπεδοθέρμανσης. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού το σύστημα λειτουργεί ακολουθώντας την αντίστροφη διαδικασία, απάγωντας δηλαδή θερμότητα από το κτίριο και μεταφέροντας την στο γεωεναλλάκτη [22],[23],[24],[25].



Εικόνα 2.19: Λειτουργία γεωθερμικού συστήματος (Πηγή: http://me-con.gr)



Εικόνα 2.20: Σύστημα κατακόρυφου γεωεναλλάκτη (Πηγή: http://www.ananeosimes.gr/)



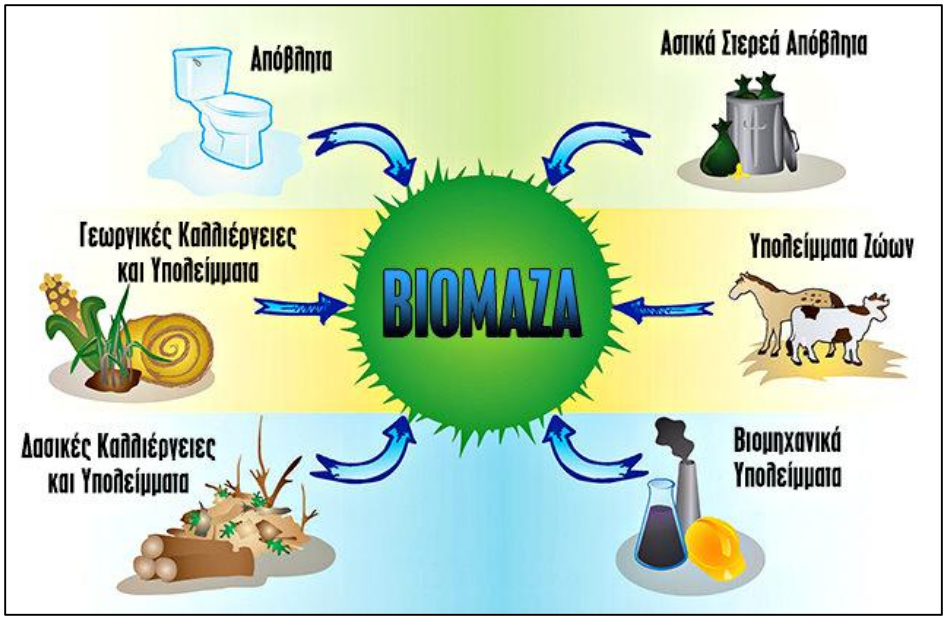
Εικόνα 2.21: Γεωθερμική αντλία θερμότητας (Πηγή: http://www.infloorsystem.gr/)

2.5. Ενέργεια από Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.

Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή αυτή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν αυτή την ενέργεια με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της το οποίο αποδίδεται από την βιομάζα μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Ουσιαστικά η βιομάζα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση και άρα θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας [28],[29] .



Εικόνα 2.22: Είδη βιομάζας (Πηγή: http://www.hellenic-college.gr)

Πλεονεκτήματα βιομάζας

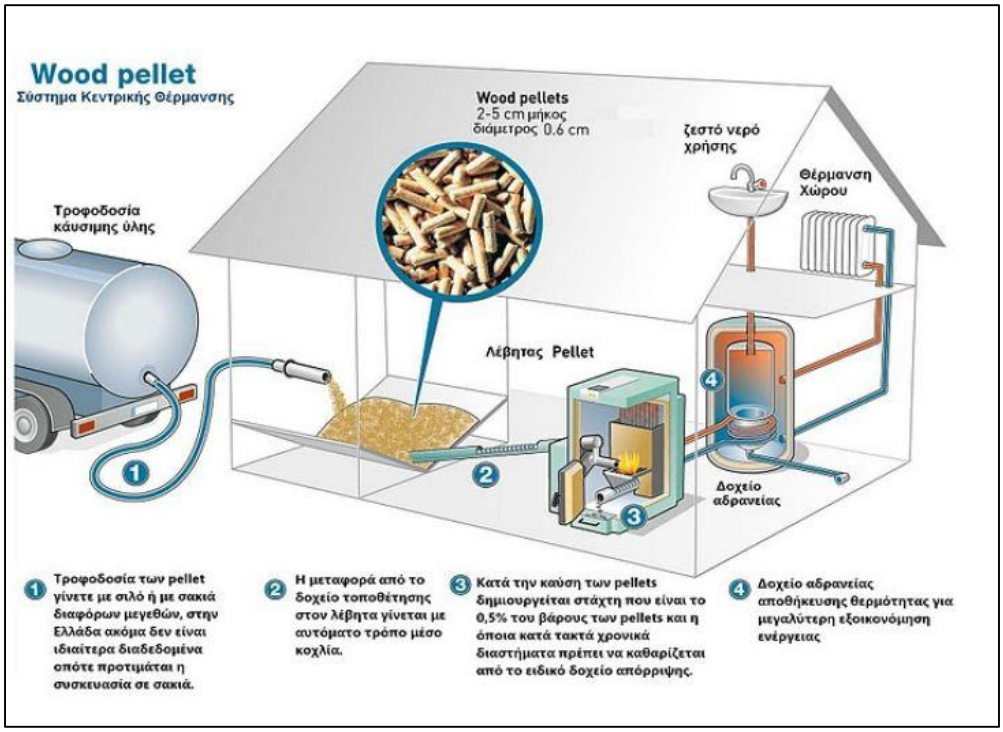
- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO2) και δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO2) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή

Μειονεκτήματα βιομάζας

- Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη στις μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας
- Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων [30]

Το καύσιμο που παράγεται από την βιομάζα είναι γνωστό ως pellet (πέλετ) και στην Ελλάδα υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα pellets-βιομάζας καθώς λειτουργούν 6 εργοστάσια παραγωγής καύσιμου πέλετ [32] .

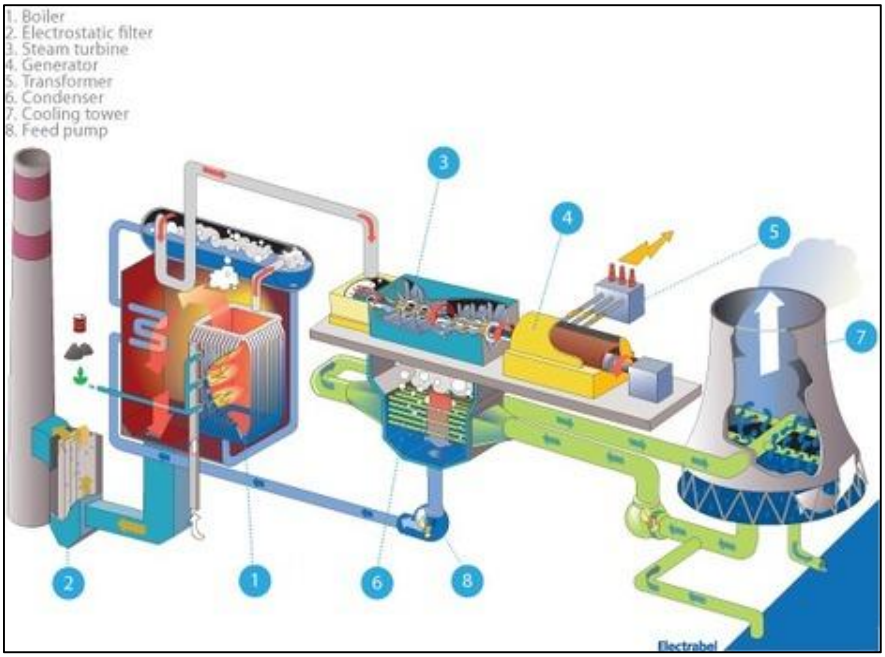
Τα pellets μεταφέρονται είτε χύδην (σε βυτία) είτε σε σάκους διάφορων χωρητικοτήτων και μπορούν να καούν σε λέβητες και εστίες διαφόρων μεγεθών, από μικρές οικιακές ξυλόσομπες έως συστήματα κεντρικής θέρμανσης και μεγάλους βιομηχανικούς λέβητες.



Εικόνα 2.23: Θέρμανση με βιομάζα (Πηγή: http://www.hyh.gr)

2.5.1. Μέθοδος Παραγωγής Ενέργειας από Βιομάζα – Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία, κατά την οποία η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο. Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas), το οποίο οδηγούμενο σε μια Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Από την λειτουργία της ΜΕΚ παράγεται ταυτόχρονα θερμότητα υπό την μορφή ζεστού νερού που χρησιμοποιείται για θέρμανση κτιριακών και λοιπών εγκαταστάσεων, ενώ σε συνδυασμό με λέβητες ανάκτησης θερμότητας και ψύκτες απορρόφησης παράγεται αντίστοιχα ατμός και κρύο νερό για ψύξη [27] .



Εικόνα 2.24: Μέθοδος παραγωγής ενέργειας από Βιομάζα – Αεριοποίηση (Πηγή: http://www.proteus-powertech.gr)

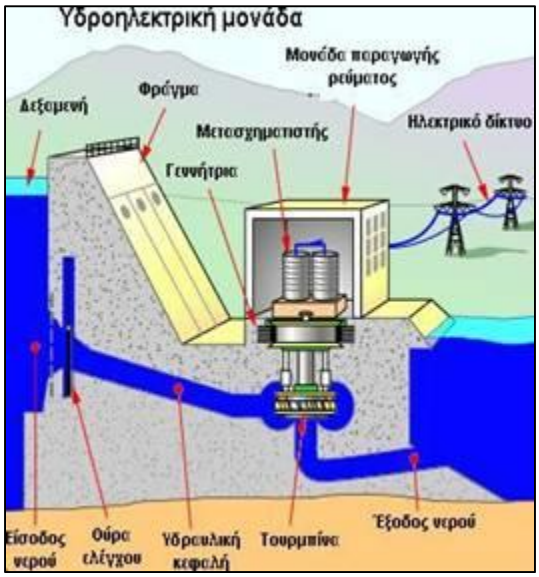
2.5.2. Μέθοδος παραγωγής ενέργειας από Βιομάζα – ORC

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων ORC με βιομάζα είναι παρόμοια με εκείνη του κύκλου Rankine με ατμό, εκτός του ότι αξιοποιείται οργανικό ρευστό αντί του νερού. Στην περίπτωση της χρήσης βιομάζας, ένα διαθερμικό λάδι λαμβάνει τη θερμότητα των καυσαερίων και την μεταφέρει στο οργανικό ρευστό. Συνεπώς, κατά τον υπολογισμό της απόδοσης του συστήματος είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη η απόδοση του λέβητα του διαθερμικού λαδιού. Αν και η ηλεκτρική απόδοση των συστημάτων ORC είναι χαμηλή, εμφανίζουν ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως ότι έχουν πολύ μικρά κόστη συντήρησης και λειτουργίας [27].

2.6. Υδραυλική Ενέργεια

Η υδραυλική ενέργεια και εν μέρει η υδροηλεκτρική, είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια. Στον γήινο κύκλο του νερού η ενέργεια προέρχεται κατά βάση από τον ήλιο ο οποίος εξατμίζει μεγάλες ποσότητες νερού δημιουργώντας υδρατμούς που μεταφέρονται με τον άνεμο και συμπυκνώνονται σε σύννεφα πάνω στα βουνά, λόγω του ψύχους, ενώ στην συνέχεια απελευθερώνονται από τα αυτά με μορφή βροχής ή χιονιού. Η βαρύτητα αναγκάζει το νερό στους ποταμούς και τα ρέματα να κινηθεί από τις θέσεις υψηλού εδάφους προς τις θέσεις χαμηλού εδάφους και η δυναμική ενέργεια που αποταμιεύεται μέσα σε βαρυτικό πεδίο με τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού

αποδίδεται ως κινητική μέσω της υδατόπτωσης. Η εκμετάλλευση της ενέργειας στον κύκλο αυτό γίνεται με την χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρες, φράγματα, κλειστοί αγωγοί πτώσεως, υδροστρόβιλοι, ηλεκτρογεννήτριες, διώρυγες φυγής). Επομένως η παραγωγή υδραυλικής ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί μονάχα σε περιοχές με αρκετές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση [33],[34],[36] .



Εικόνα 2.25: Λειτουργία υδροηλεκτρικής μονάδας (Πηγή: http://www.cie.org.cy)

Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας και διαφέρουν σε ότι 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 και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα καθώς μεταβάλλει ριζικά τη μορφολογία της περιοχής.
- Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα 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. Το χρησιμοποιούμενο νερό επιστρέφει έπειτα στο φυσικό ταμιευτήρα ακολουθώντας τη φυσική του ροή [35],[37] .

Εικόνα 2.26: Υδροηλεκτρικό έργο Tucurui στην Βραζιλία (Πηγή: http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr)

Εικόνα 2.27: Υδροηλεκτρικό έργο Ημαθίας (Πηγή: http://renewablegreece.wikispaces.com)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

3.1. Εισαγωγή

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η κλιματική αλλαγή των τελευταίων δεκαετιών καθώς και η απαίτηση να υπάρξει απεξάρτηση όσο το δυνατόν περισσότερο από τις συμβατικές μορφές ενέργειας, έχουν οδηγήσει σε μία διαφορετική θεώρηση όσον αφορά τον σύγχρονο σχεδιασμό κτιρίων. Η νέα αυτή αντίληψη του βιοκλιματικού ή ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων έχει ως στόχο την διασφάλιση συνθηκών τόσο θερμικής όσο και οπτικής άνεσης για τους χρήστες, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψιν το μικροκλίμα του τόπου, το σύνολο δηλαδή των μετεωρολογικών στοιχείων που συνθέτει το κλίμα κάθε τόπου, και την προστασία του περιβάλλοντος. Πρόκειται ουσιαστικά για έναν αρχιτεκτονικό σχεδιασμό χώρων που χρησιμοποιεί την ηλιακή και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ώστε να επιβαρύνει στον μικρότερο βαθμό το περιβάλλον.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων διέπεται από τις βασικές αρχές λειτουργίας του, τις οποίες οφείλει να ακολουθεί, όπως [38],[39] :

- Κατάλληλο προσανατολισμό του κτιρίου έτσι ώστε η μεγαλύτερη όψη του να βρίσκεται στον Νότο με απόκλιση έως και 30^{o} ανατολικά ή δυτικά
- Ύπαρξη μεγάλων ανοιγμάτων στην νότια πλευρά του κτιρίου και μικρότερα στην βόρεια
- Βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο με φύτευση αειθαλών και φυλλοβόλων δέντρων
- Δημιουργία ογκώδους τοιχοποιίας με συμπαγή υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για προστασία από τις θερμοκρασιακές μεταβολές του εξωτερικού περιβάλλοντος
- Θερμική προστασία του κτιρίου τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι με χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου
- Χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων τα οποία παρέχουν θερμότητα και παράλληλα δροσισμό στο εσωτερικό του κτιρίου, χωρίς την χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού.

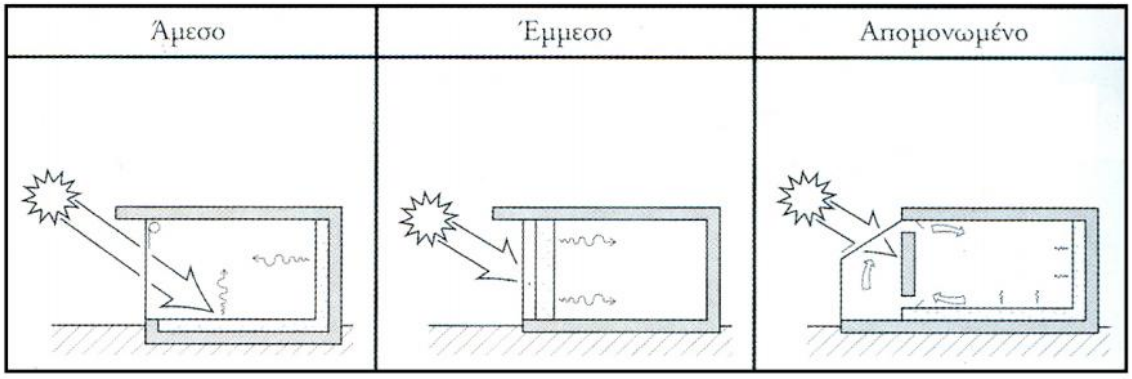
Ιδιαίτερα τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν βασικό στοιχείο του βιοκλιματικού σχεδιασμού αφού χωρίς την χρήση μηχανικών μέσων και αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και την διανέμουν στο εσωτερικό του χώρου [38] ,[40]. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης
- Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού
- Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

3.2. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης έχουν στόχο την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας ώστε να θερμάνουν τον χειμώνα και να ψύξουν το καλοκαίρι το εσωτερικό του κτιρίου. Για να γίνει αυτό πρέπει το κτίριο να λειτουργήσει ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης, να παγιδεύσει δηλαδή στο εσωτερικό του την θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία. Παράλληλα, το κτίριο πρέπει να είναι σε θέση να διατηρήσει αποθηκευμένη την θερμότητα αυτή στην μάζα του έχοντας τις ελάχιστες θερμικές απώλειες και τέλος πρέπει να προστατεύεται από την ιδιαίτερα έντονη ηλιακή ακτινοβολία κατά τους θερινούς μήνες με μεταφορά της πλεονάζουσας θερμότητας στο εξωτερικό περιβάλλον. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης χωρίζονται σε τρείς υποκατηγορίες:

- Συστήματα άμεσου κέρδους
- Συστήματα έμμεσου κέρδους
- Συστήματα απομονωμένου κέρδους



Εικόνα 3.1: Διατάξεις παθητικής ηλιακής θέρμανσης (Πηγή: http://www.euroblinds.com.cy/phocadownload/bioklimatiki_arxitektoniki.pdf)

3.2.1. Συστήματα Άμεσου Κέρδους

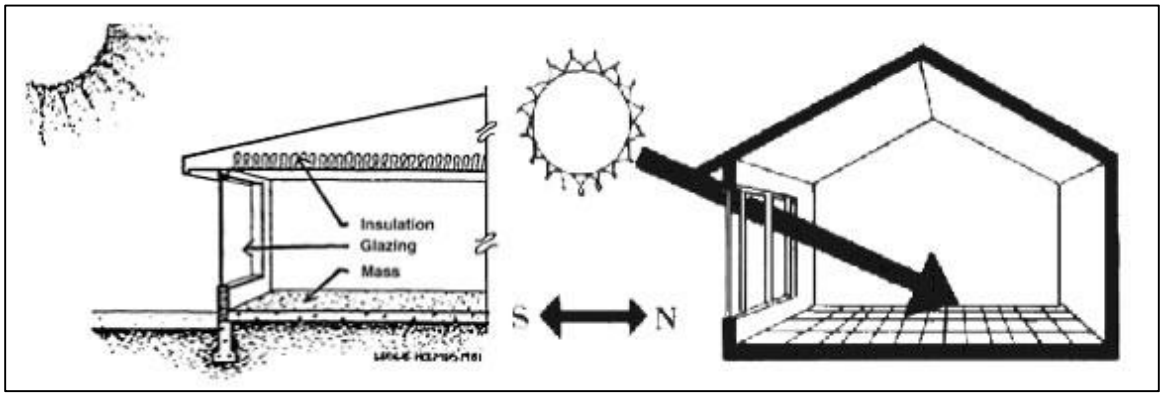
Το πιο απλό και πιο συνηθισμένο σύστημα εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για την θέρμανση των κτιρίων είναι το άμεσο κέρδος από τα ανοίγματα που διαθέτουν, τα οποία είτε άμεσα είτε έμμεσα λειτουργούν ως συλλέκτες της, και ιδιαίτερα, τα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό. Μετά την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στον υαλοπίνακα λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί για την μετάδοση της. Αρχικά, ένα μέρος της ακτινοβολίας αυτής ανακλάται και συνεπώς επιστρέφει στο περιβάλλον. Ένα ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας διαπερνά τον υαλοπίνακα και τέλος ένα ποσοστό της απορροφάται από τον υαλοπίνακα, από το οποίο ένα μέρος εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου και το υπόλοιπο επιστρέφει στο εξωτερικό περιβάλλον.

Στην σωστή λειτουργία του συστήματος άμεσου κέρδους σημαντικό ρόλο παίζει η ύπαρξη μεγάλων ανοιγμάτων στην νότια πλευρά του κτιρίου καθώς με την αύξηση της επιφάνειά

τους μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Επιπλέον τα ανοίγματα συμβάλλουν και στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού αυξάνοντας την οπτική άνεση των χρηστών. Βέβαια, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή αφού οι πολύ μεγάλες επιφάνειες ανοιγμάτων εγκυμονούν κίνδυνο φαινομένων θάμβωσης. Φυσικά, ανοίγματα πρέπει να δημιουργούνται και στην βόρεια πλευρά του κτιρίου καθώς συμβάλλουν στην δέσμευση ακτινοβολίας, με έμμεσο τρόπο, και έτσι η θερμότητα διανέμεται σε όλους τους χώρους του. Καλό βέβαια είναι τα ανοίγματα αυτά να έχουν μικρότερη επιφάνεια από αυτά της νότιας πλευράς.

Η επιλογή του υαλοστασίου είναι επίσης καθοριστικής σημασίας, αφού για να καλυφτούν οι θερμικές απώλειες του ανοίγματος απαιτείται η ύπαρξη πλαισίων με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, διπλών υαλοπινάκων ή ειδικών θερμομονωτικών υαλοπινάκων.

Τέλος σημαντικά κρίνονται και τα δομικά υλικά του κελύφους καθώς τα δομικά στοιχεία του είναι αυτά που λειτουργούν ως αποθήκες της θερμότητας. Για να λειτουργήσουν αποδοτικά είναι απαραίτητο να έχουν μεγάλη επιφάνεια και να διαθέτουν υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας, ώστε να μπορούν να αποθηκεύσουν όσο το δυνατόν περισσότερη θερμότητα και να επιτυγχάνονται ομαλές διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου.



Εικόνα 3.2: Σύστημα άμεσου κέρδους (Πηγή: http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html)

Πλεονεκτήματα συστημάτων άμεσου κέρδους

- Σχετικά χαμηλό κόστος υαλοστασίου και άρα οικονομικός τρόπος δημιουργίας κτιρίου ως ηλιακό συλλέκτη
- Ευκολία κατασκευής αφού συχνά αρκεί μονάχα η σωστή επιλογή της κατανομής των ανοιγμάτων
- Εξασφάλιση φυσικού φωτισμού

Μειονεκτήματα συστημάτων άμεσου κέρδους

- Πιθανή θάμβωση των χρηστών από τα μεγάλα ανοίγματα
- Προϋπόθεση μεγάλης μάζας δομικών στοιχείων για την αποθήκευση της θερμότητας
- Επιταγή ύπαρξης μόνωσης για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών

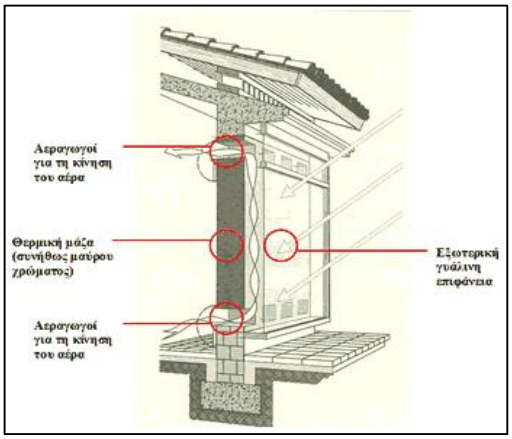
3.2.2. Συστήματα Έμμεσου Κέρδους

Στην κατηγορία του έμμεσου κέρδους ανήκουν τα συστήματα που αξιοποιούν έμμεσα τα ηλιακά οφέλη για την θέρμανση του κτιρίου. Αυτά τα συστήματα απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο κέλυφος του και ύστερα επιτρέπουν στην θερμότητα να διεισδύσει στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου [41]. Οι κύριες εφαρμογές έμμεσου κέρδους είναι οι:

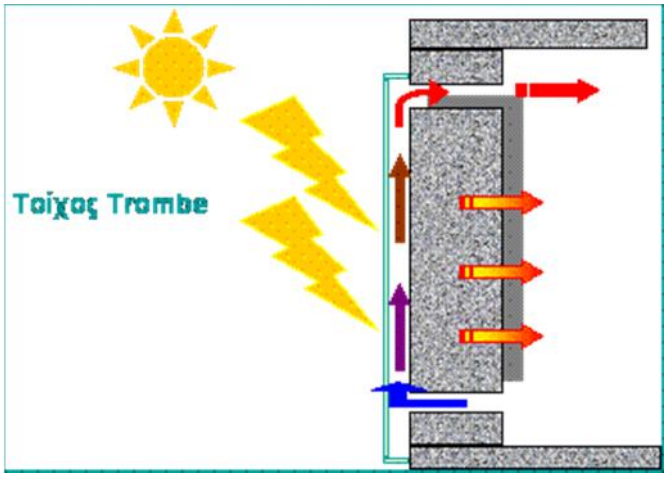
- Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος
- Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος
- Ηλιακά αίθρια

3.2.2.1. Τοίχος Θερμικής Αποθήκευσης

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι μία κατασκευή που αποτελείται από τοιχοποιία και μία διαφανή επιφάνεια, συνήθως υαλοπίνακα, που βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου και απέχει περίπου 10 εκατοστά από αυτόν. Ο τοίχος αυτός δεν διαθέτει θερμομόνωση και απαιτείται να έχει νότιο προσανατολισμό με απόκλιση έως 30^{o} ανατολικά ή δυτικά. Επίσης, το υλικό του οφείλει να έχει ιδιαίτερα μεγάλη θερμοχωρητικότητα για να αποθηκεύσει και να διανείμει την θερμότητα. Με την τοποθέτηση θυρίδων στο επάνω και κάτω μέρος δημιουργείται ο τοίχος Trombe-Michelle, μία παραλλαγή του τοίχου θερμικής αποθήκευσης.



Εικόνα 3.3: Τοίχος θερμικής αποθήκευσης (Πηγή: http://www.ecoarchitects.gr/menelaos_xenakis_03.htm)



Εικόνα 3.4: Τοίχος Trombe-Michelle (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakoi_toixoi.htm)

Κατά την διάρκεια της ημέρας και αμέσως μετά την θέρμανση του τοίχου αρχίζει η μετάδοση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Η λειτουργία του τοίχου είναι απλή και βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού. Ο ψυχρός αέρας που βρίσκεται στο εσωτερικό του κτιρίου εισέρχεται στον τοίχο και καθώς θερμαίνεται, αφού έρχεται σε επαφή με τον θερμό τοίχο, αποκτά ανοδική πορεία και τελικά όντας πια θερμός επανεισχωρεί στο κτίριο εξερχόμενος από την πάνω θυρίδα. Η επαναλαμβανόμενη αυτή διαδικασία προσφέρει θερμότητα στο κτίριο και μπορεί να συνεχιστεί ακόμα και έως 3 ώρες μετά τον σκιασμό του τοίχου.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τις νυχτερινές ώρες της χειμερινής περιόδου όπου οι θυρίδες πρέπει να κλείνουν για να μην πραγματοποιείται η αντίστροφη κυκλοφορία του αέρα.

Όσον αφορά τους καλοκαιρινούς μήνες, απαραίτητη είναι η ηλιοπροστασία καθώς και το άνοιγμα τμήματος του υαλοστασίου έτσι ώστε ο θερμός αέρας που βρίσκεται στο διάκενο τοίχου και υαλοπίνακα να διαφεύγει στο περιβάλλον.

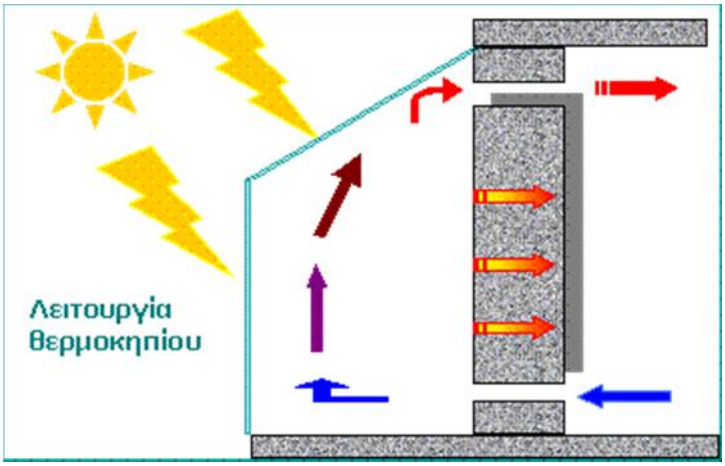
3.2.2.2. Θερμοκήπιο ή Ηλιακός Χώρος

Το θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος συνδυάζει το παθητικό σύστημα άμεσου κέρδους και τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης και είναι ένας κλειστός χώρος με νότιο προσανατολισμό που διαθέτει μεγάλο ποσοστό ανοιγμάτων με υάλινη επιφάνεια, ο οποίος προσαρτάται σε τμήμα του κτιρίου. Ανάμεσα στον ηλιακό χώρο και στο κτίριο υπάρχει ένας συμπαγής τοίχος με θερμική μάζα μεγάλης θερμοχωρητικότητας για να βελτιώνεται η απόδοσή του. Όπως δηλώνει και το όνομα του, ο τοίχος αυτός λειτουργεί ως «θερμοκήπιο». Η ηλιακή ακτινοβολία εισχωρεί δηλαδή από τις υάλινες επιφάνειες και θερμαίνει τον χώρο του θερμοκηπίου ενώ παράλληλα μέρος της απορροφάται από τον συμπαγή τοίχο και μεταδίδεται στο κατοικήσιμο μέρος του κτιρίου. Για την περεταίρω βελτίωση του

συστήματος δημιουργούνται θυρίδες στο άνω μέρος του τοίχου ώστε ο θερμός αέρας να έχει άμεσα την δυνατότητα να μεταφερθεί στο εσωτερικό του κτιρίου.

Βέβαια, εξαιτίας των μεγάλων ανοιγμάτων πραγματοποιούνται μεγάλες θερμικές απώλειες κατά τις βραδινές ώρες με αποτέλεσμα η τοποθέτηση κινητής θερμομόνωσης να κρίνεται επιτακτική.

Επιπλέον, απαραίτητη είναι και η ηλιοπροστασία των υάλινων επιφανειών καθώς φαινόμενα υπερθέρμανσης είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν ακόμα και τον χειμώνα. Καλό είναι τέλος να πραγματοποιείται αερισμός στο θερμοκήπιο ο οποίος συμβάλλει στην αποφυγή της υπερθέρμανσης.

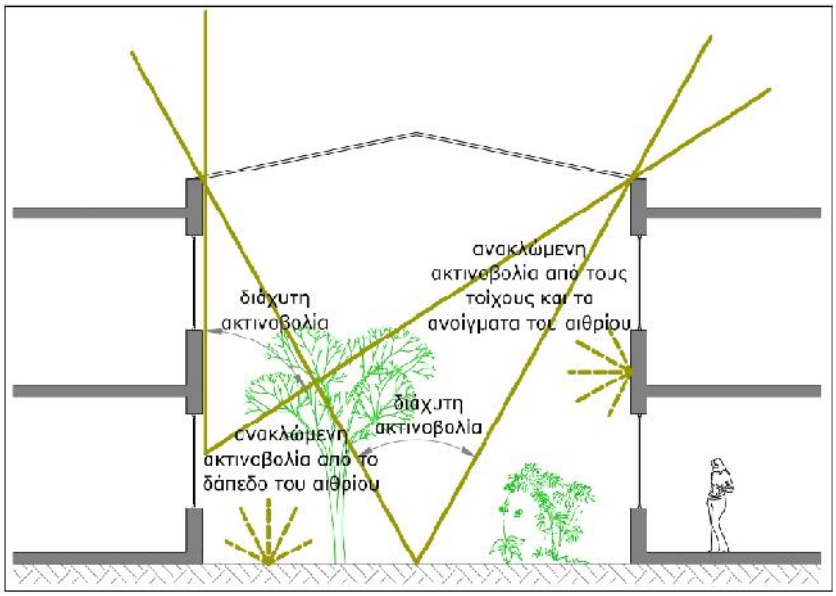


Εικόνα 3.5: Λειτουργία θερμοκηπίου (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakos_xoros.htm)

3.2.2.3. Ηλιακά Αίθρια

Τα ηλιακά αίθρια είναι μια μορφή θερμοκηπίου που βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου και διαθέτουν υάλινη επιστέγαση. Ο προσανατολισμός τους ενδείκνυται να είναι νότιος για να μεγιστοποιείται η διάρκεια του ηλιασμού τους ενώ ο δυτικός προσανατολισμός θεωρείται εντελώς ακατάλληλος. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι όμοιος με αυτόν του θερμοκηπίου. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στον χώρο του αίθριου από τον υαλοπίνακα της οροφής με ένα μέρος να επιστρέφει στο περιβάλλον και ένα μέρος της να αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία της κατασκευής και στην συνέχεια να προσφέρεται ως θερμότητα σε αυτήν.

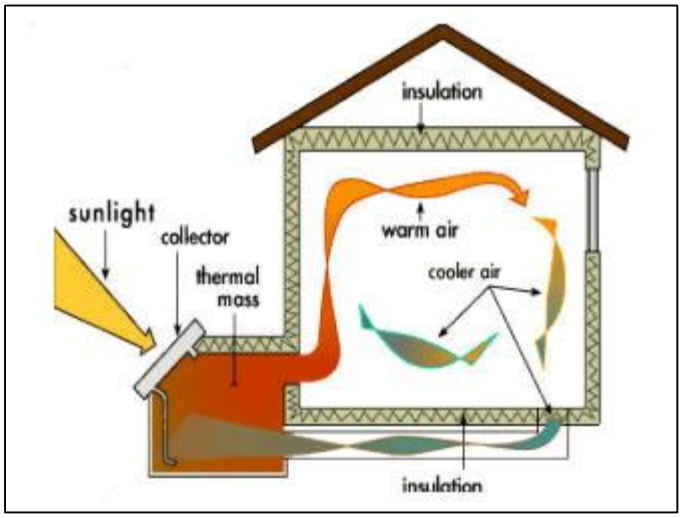
Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι οι λόγω των υάλινων επιφανειών εξασφαλίζεται ο φυσικός φωτισμός του κτιρίου και η οπτική άνεση των χρηστών, με την διάχυση της φωτεινής ακτινοβολίας, και επιπλέον τους δίνεται η αίσθηση της επαφής με την φύση αφού υπάρχει οπτική σχέση με το περιβάλλον [42] . Επίσης, όπως και στο θερμοκήπιο έτσι και στα αίθρια είναι απαραίτητη η ηλιοπροστασία της υάλινης επιφάνειας της οροφής και ο αερισμός του αίθριου.



Εικόνα 3.6: Λειτουργία αίθριου (Πηγή: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-_-mikroklima-_-photismos-periballon-choros---mikroklima)

3.2.3. Συστήματα Απομονωμένου Κέρδους

Στην κατηγορία των συστημάτων απομονωμένου κέρδους ανήκει το θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης που μπορεί να τοποθετηθεί ανεξάρτητα από το κτίριο και συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία αποθηκεύοντάς την σε μία υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας. Το θερμοσιφωνικό πανέλο αποτελείται από υαλοπίνακα, απλό ή διπλό με τον τελευταίο να βελτιώνει την απόδοσή του, ο οποίος τοποθετείται μπροστά από μία μεταλλική επιφάνεια, με την μεταξύ τους απόσταση να κυμαίνεται από 2 έως 5 εκατοστά. Το συνολικό σύστημα είναι θερμομονωμένο και συνδέεται με το κτίριο μέσω θυρίδων εισροής και εκροής από και προς το πανέλο.



Εικόνα 3.7: Λειτουργία θερμομονωτικού πανέλου (Πηγή: http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html)

3.3. Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού

Τα παθητικά συστήματα και οι τεχνικές φυσικού δροσισμού αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του βιοκλιματικού σχεδιασμού και η λειτουργία τους έχει στόχο την μείωση των ηλιακών θερμικών κερδών στο περίβλημα του κτιρίου καθώς και την απομάκρυνση της περίσσειας θερμότητας από το εσωτερικό του. Επιπρόσθετα, η λειτουργία τους στοχεύει στην αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του κτιρίου, ώστε να ρυθμίσει την θερμοκρασία στο εσωτερικό του, καθώς και στην βελτίωση της θερμικής άνεσης των χρηστών.

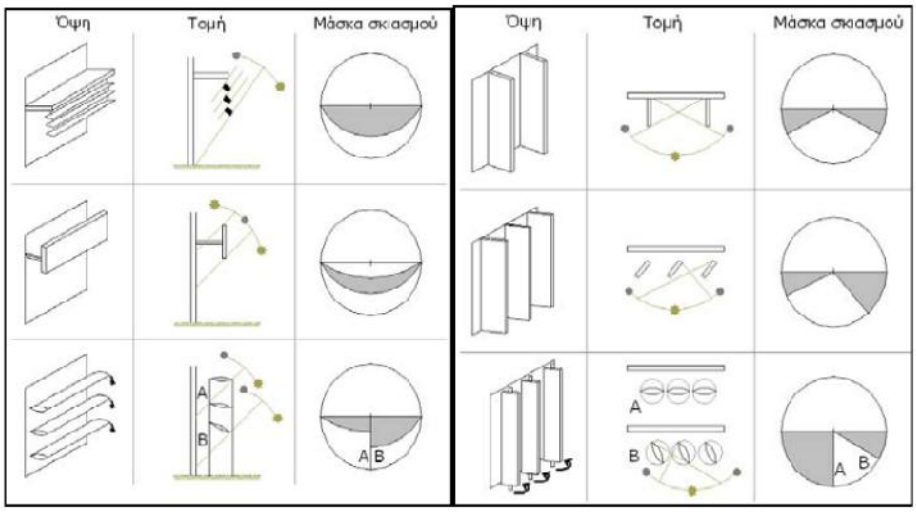
3.3.1. Ηλιοπροστασία

Πρώτο βήμα για την υλοποίηση των παραπάνω στόχων αποτελεί η προστασία του κτιρίου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, η οποία μπορεί να προκαλέσει την υπερθέρμανση του. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την επίτευξη της ηλιοπροστασίας του κτιρίου όπως η σκίαση των ανοιγμάτων του, η τοποθέτηση εξωτερικών ανακλαστικών επιχρισμάτων, η δημιουργία φραγμάτων ακτινοβολίας και η διαμόρφωση του μικροκλίματος με την δημιουργία φυτεμένου δώματος.

3.3.1.1. Σκίαση ανοιγμάτων

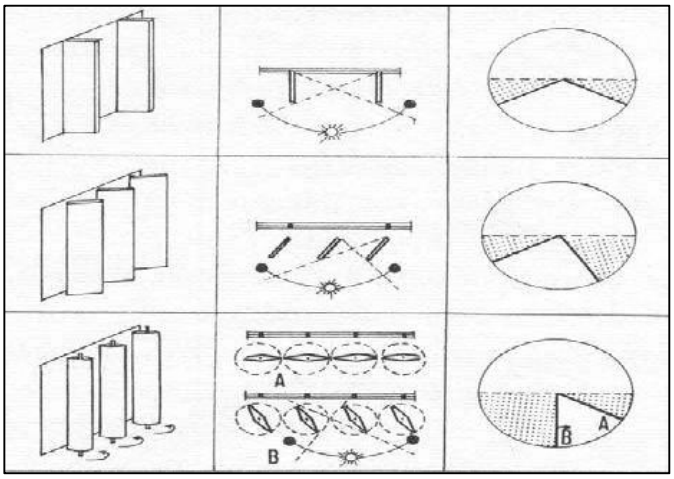
Ο σκιασμός των ανοιγμάτων είναι απαραίτητος προκειμένου η ηλιακή ακτινοβολία να μην εισέρχεται εξ’ ολοκλήρου και απρόσκοπτα στο εσωτερικό του κτιρίου. Η επιλογή του συστήματος σκίασης των ανοιγμάτων, όσον αφορά την μορφή και το μέγεθός τους, εξαρτάται αποκλειστικά από τον προσανατολισμό τους.

Για την σκίαση ανοιγμάτων που βρίσκονται στην νότια πλευρά του κτιρίου τα πλέον κατάλληλα συστήματα σκίασης είναι τα οριζόντια, είτε σταθερά είτε κινητά, καθώς είναι τα μόνα που μπορούν να εμποδίσουν την ακτινοβολία του Ήλιου όταν αυτός βρίσκεται στις υψηλές του τροχιές τους καλοκαιρινούς μήνες.



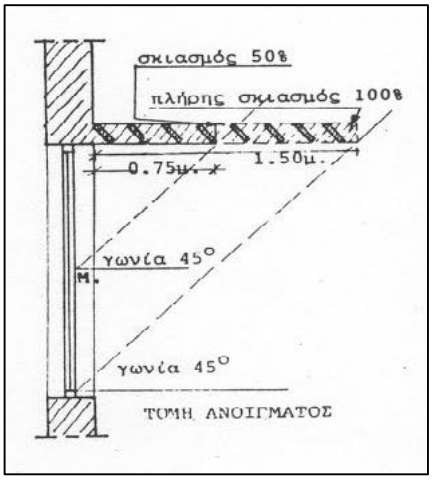
Εικόνα 3.8: Μορφές οριζοντίων σκιάστρων (Πηγή: http://www.enforce-een.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2012/05/Tzanakaki-B-04.pdf)

Για ανοίγματα με ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό επιλέγονται κατακόρυφες περσίδες, κάθετες ή υπό κλίση, αφού ο Ήλιος βρίσκεται χαμηλά και κοντά στον ορίζοντα.



Εικόνα 3.9: Μορφές κατακόρυφων περσίδων (Πηγή: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses)

Σε κάθε περίπτωση η σκίαση των ανοιγμάτων είναι απαραίτητο να είναι στην εξωτερική τους πλευρά και να προβλέπονται διάτρητα σκίαστρα ώστε να μην εγκλωβίζουν τον θερμό αέρα προσφέροντας ανεπιθύμητη θερμότητα στο κτίριο.

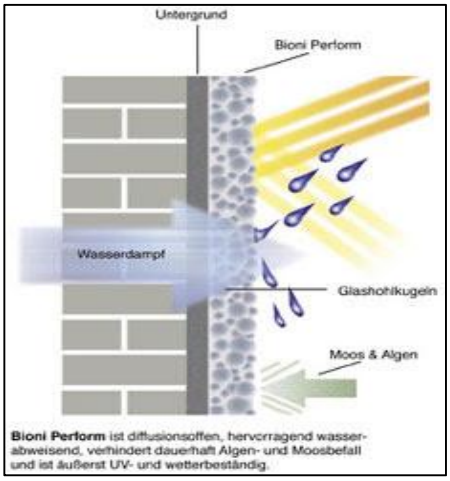


Εικόνα 3.10: Λειτουργία σκιάστρου για 100% σκιασμό (Πηγή: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses)

3.3.1.2. Εξωτερικά Ανακλαστικά Επιχρίσματα

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτιρίου καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι την θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου και κατ' επέκταση την διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Επίσης, η υφή της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου, αν δηλαδή είναι αδρή ή λεία, επηρεάζει την ανακλαστική της ικανότητα και κατά συνέπεια την απορρόφηση ή μη θερμότητας [43] .

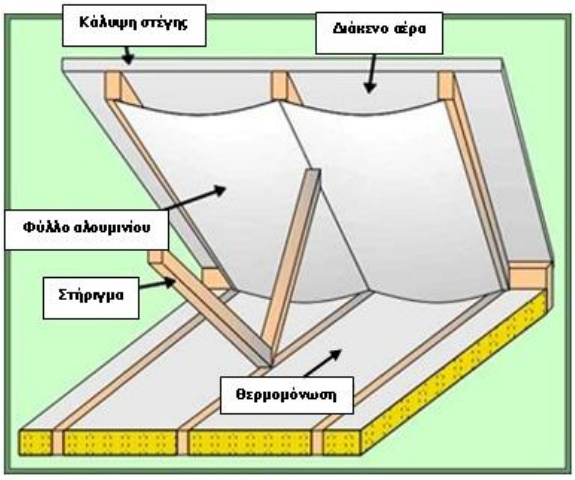
Οι ανοιχτόχρωμοι τοίχοι ανακλούν την ακτινοβολία έως και 40 φορές περισσότερο σε σχέση με τους σκουρόχρωμους, αποτρέποντας έτσι την απορρόφηση και την μετ' έπειτα μετάδοση της στο εσωτερικό του κτιρίου. Επομένως, θα πρέπει να επιλέγονται ανοιχτά και ψυχρά χρώματα σε περιοχές που πλήττονται από εκτεταμένο καλοκαίρι με έντονα φαινόμενα ηλιοφάνειας προκειμένου να αποφεύγονται οι υψηλές επιφανειακές θερμοκρασίες.



Εικόνα 3.11: Ανακλαστικό υλικό (Πηγή: http://monosimacon.blogspot.gr/2010/08/1_11.html)

3.3.1.3. Φράγμα Ακτινοβολίας

Τα θερμικά κέρδη της στέγης-οροφής του κτιρίου αποτελούν περίπου το 15% του συνόλου των θερμικών κερδών του κελύφους του. Προκειμένου να μειωθούν τα θερμικά αυτά κέρδη κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, δημιουργείται το φράγμα ακτινοβολίας κάτω από την στέγη. Πρόκειται ουσιαστικά για λεπτά φύλλα αλουμινίου με αρκετά υψηλό συντελεστή εκπομπής και ανακλαστικότητας, τα οποία επιτρέπουν σε μικρά μονάχα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας να τα διαπεράσει αφού το μεγαλύτερο μέρος της ανακλάται και συνεπώς δεν εισχωρεί στο εσωτερικό του κτιρίου. Έτσι η ακτινοβολία που απορροφάται από τα δομικά στοιχεία της οροφής και κατ' επέκταση η θερμότητα που μεταδίδεται στο εσωτερικούς χώρους του κτιρίου είναι λιγοστή. Σε συνδυασμό και με τον αερισμό της στέγης επιτυγχάνεται ανακούφιση του φράγματος ακτινοβολίας με την μεταφορά της θερμότητας του στο εξωτερικό περιβάλλον και σαν αποτέλεσμα αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου [44].



Εικόνα 3.12: Φράγμα ακτινοβολίας (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_fragma.htm)

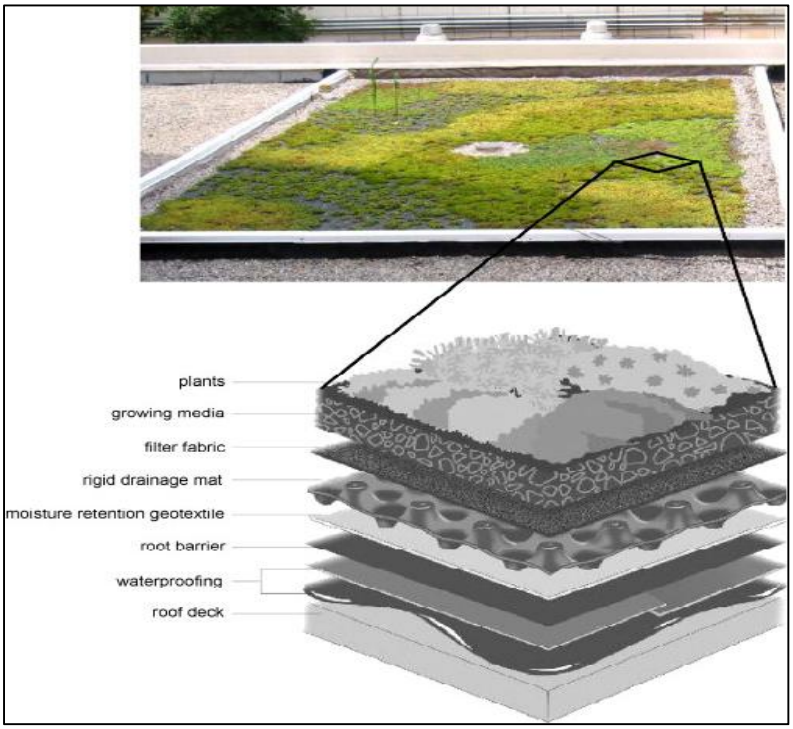
3.3.1.4. Φυτεμένο Δώμα

Φυτεμένο ή Πράσινο Δώμα ορίζεται το κομμάτι της επιφάνειας της οροφής κτιρίων, που καλύπτεται με φυτά σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται από κανονισμούς ή/και την εκάστοτε εθνική νομοθεσία και αποτελείται από την κατάλληλη υποδομή (αντιριζική μεμβράνη, αποστραγγιστικό σύστημα, φίλτρα, υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών), τα φυτά και τέλος το σύστημα άρδευσης. Τα φυτεμένα δώματα αναφέρονται και ως πράσινες στέγες, οροφόκηποι και green roofs [GRO, 2011 ; EST, 2005].

Τα φυτεμένα δώματα είναι πολύ αποτελεσματικά στην μείωση των θερμικών φορτίων τον χειμώνα και των ψυκτικών φορτίων το καλοκαίρι αφού λειτουργούν ως ένα επιπλέον θερμομονωτικό στρώμα στην στέγη του κτιρίου και δεν επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να διεισδύσει στο εσωτερικό του.

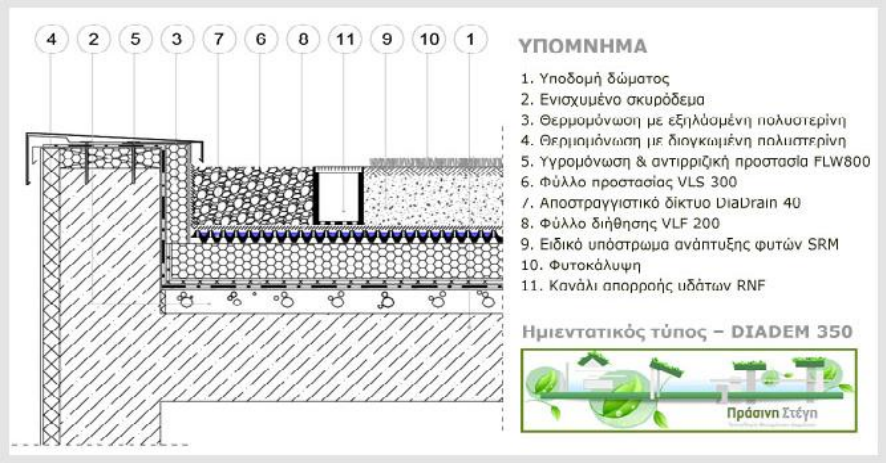
Ανάλογα με τη χρήση του κήπου, την ικανότητα της φέρουσας κατασκευής να δεχθεί τα πρόσθετα φορτία του, τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, τη θέση του κήπου καθώς και τις απαιτήσεις του σε νερό και συντήρηση, διακρίνονται τρείς βασικοί τύποι φύτευσης [45]:

- Εκτατικός τύπος: Ο εκτατικός τύπος αποτελεί τον πλέον συνήθη τύπο φυτεμένου δώματος καθώς έχει λιγοστές απαιτήσεις συντήρησης και παράλληλα χαμηλό κόστος. Οργανώνεται σε πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση με φυτά μέγιστου ύψους 15 εκατοστών και ελαφρού υποστρώματος ανάπτυξης. Το φορτίο του με κορεσμένο χώμα κυμαίνεται από 70 έως και 140 kg/m^2, βάρος που του επιτρέπει να εφαρμόζεται σχεδόν σε κάθε τύπο οροφής ακόμα και σε οροφές με κλίση έως 45^o. Βέβαια στις περιπτώσεις όπου η κλίση της στέγης ξεπερνά τις 20^o χρησιμοποιούνται πρόσθετα στοιχεία ή ειδικές γεωκυψέλες ώστε να συγκρατείται το υπόστρωμα.



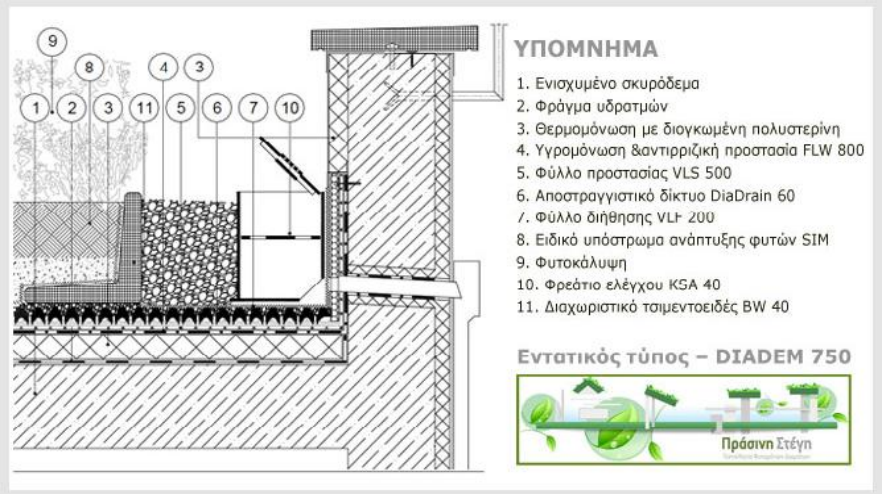
Εικόνα 3.13: Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος εκτατικού τύπου (Πηγή: http://agribusinessexpert.blogspot.gr/2013/04/blog-post.html)

- Ημιεντατικός τύπος: Αποτελείται από ελαφρώς μεγαλύτερα φυτά, το ύψος των οποίων φτάνει τα 25 εκατοστά, και με κορεσμένο φορτίο με τιμές από 120 έως και 250 kg/m^2 . Έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις όσον αφορά την άρδευση ή την λίπανση των φυτών και μπορεί να εφαρμοσθεί είτε σε επικλινείς είτε σε επίπεδες οροφές.



Εικόνα 3.14: Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος ημιεντατικού τύπου (Πηγή: http://www.prasinistegi.gr/prasinessteges/tipoi/sistimata/diadem350.html?phpMyAdmin=mfTLCeWWLs0iyQozcRFlDH0Swad)

- Εντατικός τύπος: Είναι ο πλέον απαιτητικός τύπος φυτεμένου δώματος και περιλαμβάνει φυτά των οποίων το ύψος φτάνει τα 1.5 μέτρα. Το βάρος του, με κορεσμένο φορτίο, ξεπερνά τα 250 kg/m^2 και απαιτεί εντατική και τακτική συντήρηση αναφορικά με την άρδευση και την λίπανση των φυτών που διαθέτει. Βέβαια, η πραγματοποίηση του προϋποθέτει την εκπόνηση στατικής μελέτης εξαιτίας του μεγάλου του φορτίου.

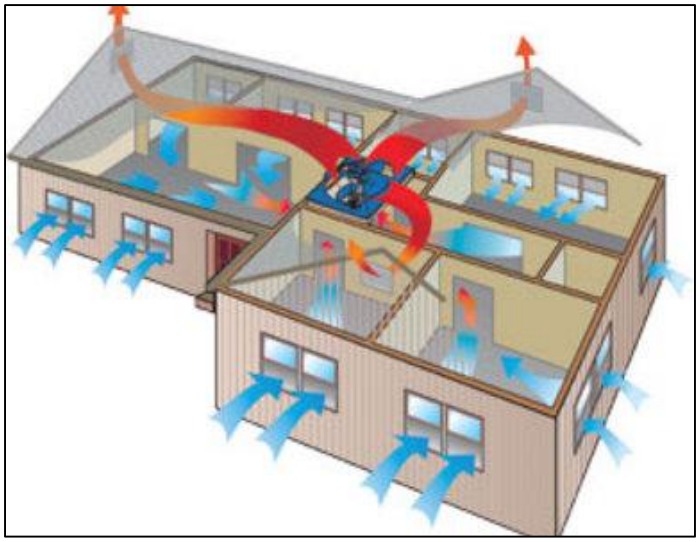


Εικόνα 3.15: Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος εντατικού τύπου (Πηγή: http://www.prasinistegi.gr/prasinessteges/tipoi/sistimata/diadem-750.html?phpMyAdmin=mfTLCeWWLs0iyQozcRFlDH0Swad)

Εικόνα 3.16: Παράδειγμα φυτεμένου δώματος (Πηγή: http://www.asterpap.gr/roofs.html)

3.3.2. Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί την βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης του πλεονάζοντος ποσοστού θερμότητας από το κτίριο κατά την διάρκεια των θερινών μηνών και μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα. Ο αερισμός του κτιρίου είναι ουσιαστικής σημασίας, καθώς πέραν του ότι αποτελεί μέθοδο φυσικού δροσισμού, παρέχει ταυτόχρονα στους χρήστες την αίσθηση θερμικής άνεσης και ευεξίας καθώς ο εσωτερικός στο κτίριο αέρας ανανεώνεται με φρέσκο από το περιβάλλον αέρα [38], [46]. Για την πραγματοποίηση του, υπάρχουν πέντε κατηγορίες συστημάτων: ο διαμπερής φυσικός αερισμός, ο υβριδικός αερισμός, η καμινάδα ή πύργος αερισμού, η ηλιακή καμινάδα και το αεριζόμενο κέλυφος.



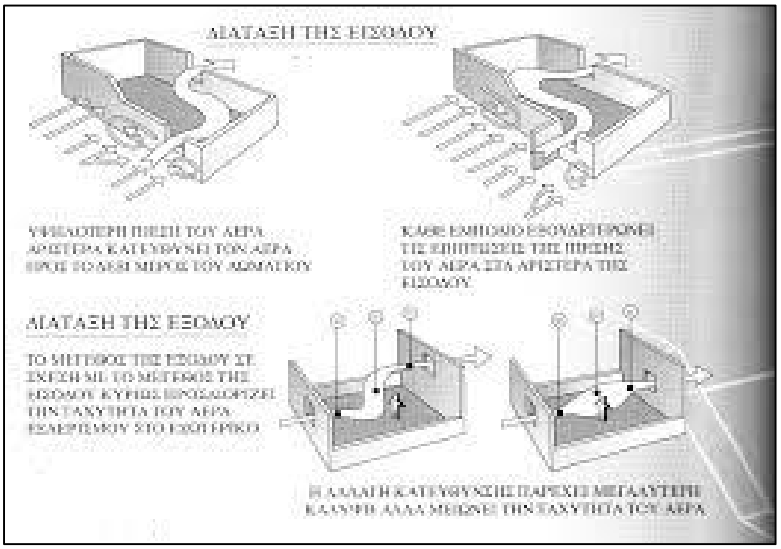
Εικόνα 3.17: Φυσικός αερισμός κτιρίου (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

3.3.2.1. Διαμπερής Φυσικός Αερισμός

Προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκής φυσικός αερισμός στο εσωτερικό του κτιρίου απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός των ανοιγμάτων του κελύφους όσον αφορά την θέση αλλά και το μέγεθός τους. Η γενική φιλοσοφία σχεδιασμού των ανοιγμάτων προστάζει την δημιουργία αυτών σε περισσότερους από έναν τοίχους του κτιρίου, οι οποίοι είναι μάλιστα αντιμέτωποι, καθώς και την περίπου ίσου μεγέθους αλλά και σε διαφορετικό επίπεδο δημιουργία ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου, ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη δροσιά στο επίπεδο ζωής.

Παράλληλα, ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό και εν γένει εξωτερικά εμπόδια διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτίριο. Πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού [46] .

Αξίζει ακόμα να τονιστεί πως κατά την διάρκεια των θερμών ημερών του καλοκαιριού, όπου ο φυσικός αερισμός καθίσταται αδύνατος, είναι επιβεβλημένο να πραγματοποιείται νυχτερινός αερισμός του κτιρίου, προκειμένου να επιτευχθεί η απορροή της περίσσειας θερμότητας στο περιβάλλον και παράλληλα η ανακούφιση των δομικών στοιχείων της κατασκευής.



Εικόνα 3.18: Διάταξη ανοιγμάτων και ροή αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου (Πηγή: http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-4-fysikos-aerismos.pdf)

Εικόνα 3.19: Περιβάλλων χώρος και αερισμός (Πηγή: http://slideplayer.gr/slide/1925317/)

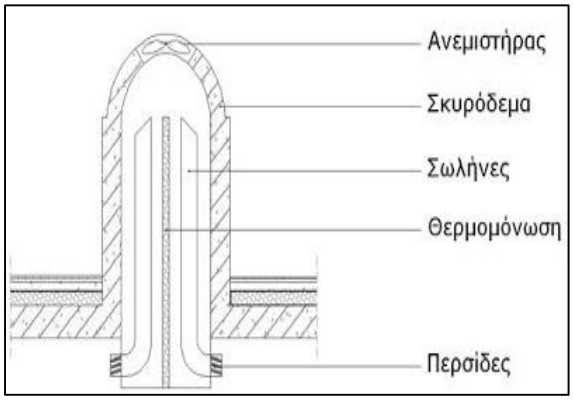
3.3.2.2. Υβριδικός Αερισμός

Υβριδικό ονομάζεται το σύστημα το οποίο συνδυάζει την φυσική και μηχανική ροή θερμότητας παρεμβάλλοντας συγχρόνως μηχανικά συστήματα χαμηλής κατανάλωσης και απλής κατασκευής. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα υβριδικού συστήματος και υβριδικού αερισμού αποτελεί ο ανεμιστήρας. Η χρήση ανεμιστήρων, παρόλο που απαιτεί μηδαμινή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ενισχύει σε μεγάλο βαθμό το φαινόμενο του φυσικού αερισμού και συμβάλλει στην εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης εντός του κτιρίου.

Εικόνα 3.20: Παράδειγμα υβριδικού συστήματος αερισμού-ανεμιστήρας οροφής (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_ybridikos_aerismos.htm)

3.3.2.3. Καμινάδα ή Πύργος Αερισμού

Η καμινάδα αερισμού βασίζεται στο φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, στην κίνηση δηλαδή του ελαφρύτερου θερμού αέρα στο άνω μέρος του κτιρίου. Πρόκειται για μια καμινάδα με κατάλληλου προσανατολισμού άνοιγμα, η οποία μεταφέρει τις θερμές μάζες αέρα του κτιρίου στο εξωτερικό περιβάλλον. Παράλληλα μπορεί να λειτουργήσει και με ανεμιστήρα που τοποθετείται στην κορυφή της.



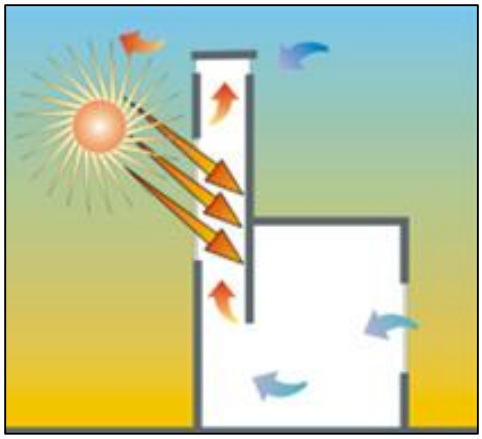
Εικόνα 3.21: Ενδεικτική μορφή καμινάδας αερισμού (Πηγή: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses)

3.3.2.4. Ηλιακή Καμινάδα

Με τον όρο ηλιακή καμινάδα εννοούμε μια κατασκευή καμινάδας η οποία προεξέχει από το κέλυφος του κτιρίου και στην μία πλευρά της φέρει υαλοπίνακα και περσίδες στο άνω μέρος. Στο υψηλότερο σημείο της καμινάδας δημιουργείται θυρίδα αερισμού έτσι ώστε να επιτρέπεται η αδιάκοπη κίνηση του αέρα. Βασιζόμενη στο φαινόμενο Venturi συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς επιτυγχάνεται η ανανέωση του αέρα μέσα στους χώρους [46] .

Ανάλογα με τη λειτουργία της, για νυκτερινό ή ημερήσιο αερισμό, επιλέγεται ελαφροβαρής ή με μεγάλη θερμική μάζα κατασκευή, αντίστοιχα. Η εξωτερική πλευρά της ηλιακής καμινάδας μπορεί να έχει θερμική μάζα απευθείας εκτεθειμένη στον ήλιο, θερμική μάζα καλυμμένη με γυάλινη εξωτερική επιφάνεια, γυάλινη εξωτερική επιφάνεια και θερμική μάζα στην εσωτερική παρειά της καμινάδας ή κάποια ελαφροβαρή κατασκευή, ή μεταλλική επιφάνεια κ.ά.

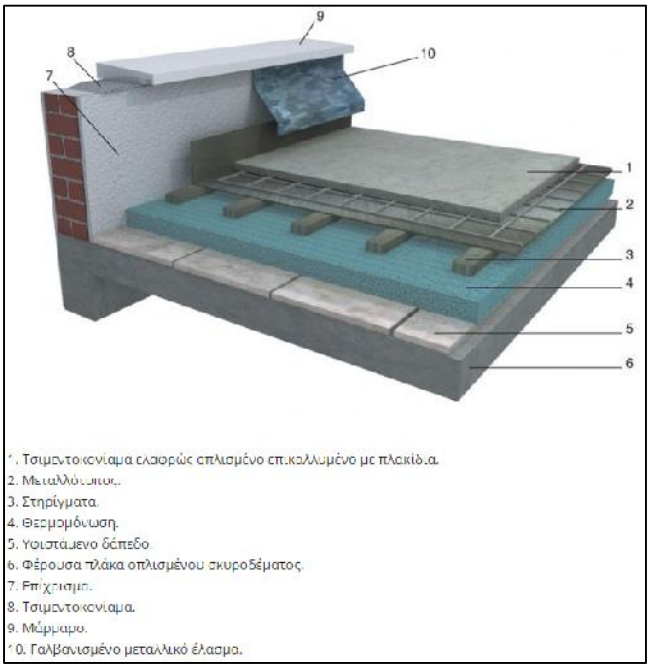
Τέλος, προκειμένου να έχει την μεγαλύτερη δυνατή απόδοση ενδείκνυται ο προσανατολισμός της να είναι νότιος ή ακόμα καλύτερα νοτιοδυτικός.



Εικόνα 3.22: Ηλιακή καμινάδα (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

3.3.2.5. Αεριζόμενο Κέλυφος

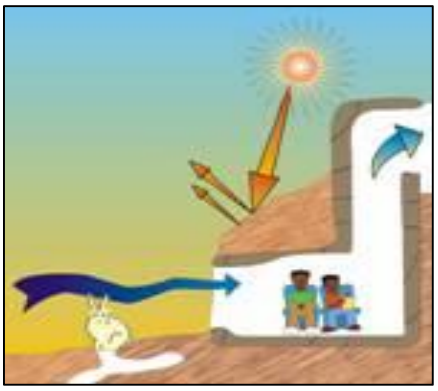
Το αεριζόμενο κέλυφος αποτελεί τεχνική φυσικού δροσισμού και προϋποθέτει την ύπαρξη δυο κελύφων, που περικλείουν την κατασκευή, ανάμεσα στα οποία κυκλοφορεί αέρας. Η είσοδος του αέρα στο διάκενο και η έξοδος του από αυτό γίνεται από καθορισμένα σημεία εισόδου-εξόδου. Το αεριζόμενο κέλυφος συμβάλει στην αποφυγή της υπερθέρμανσης του κτιρίου και κατά συνέπεια στην μείωση των ψυκτικών φορτίων καθώς ο αέρας που βρίσκεται εντός του αεριζόμενου κελύφους δεν επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να εισχωρήσει στο κτίριο.



Εικόνα 3.23: Αεριζόμενο δώμα (Πηγή: http://www.ktirio.gr/)

3.3.3. Δροσισμός Μέσω Εδάφους

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το έδαφος διατηρεί σταθερή την θερμοκρασία του λίγα μόλις μέτρα κάτω από την επιφάνεια του. Το γεγονός αυτό μας δίνει την δυνατότητα να διατηρήσουμε την θερμοκρασία κάποιων ειδικά διαμορφωμένων κατασκευών σε χαμηλότερα επίπεδα κατά τους θερινούς μήνες. Πρόκειται για τις ημιϋπόσκαφες κατασκευές οι οποίες εκμεταλλευόμενες την μεγάλη θερμική αδράνεια του εδάφους έχουν σταθερά χαμηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον. Η δημιουργία ημιϋπόσκαφων κτισμάτων προϋποθέτει βέβαια την κατάλληλη μορφολογία του εδάφους με μεγάλη κλίση αλλά και την κατάλληλη σύσταση του.



Εικόνα 3.24: Λειτουργία ημιϋπόσκαφου κτίσματος (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_psixi_edafous.htm)

Επιπλέον, η εκμετάλλευση της ιδιότητας αυτής του εδάφους γίνεται και με χρήση υπεδάφιων αγωγών. Πρόκειται για ένα σύστημα αγωγών οι οποίοι τοποθετούνται στο έδαφος και μεταφέρουν τον δροσερό αέρα του στο εσωτερικό του κτιρίου χρησιμοποιώντας ή όχι μηχανικό εξοπλισμό.

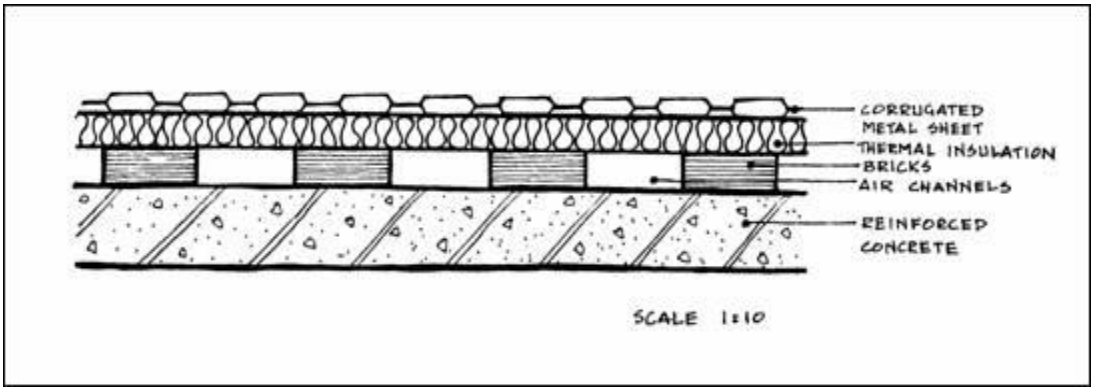
Εικόνα 3.25: Ψύξη από το έδαφος (Πηγή: http://slideplayer.gr/slide/1943937/)

3.3.4. Δροσισμός Μέσω Νυχτερινής Ακτινοβολίας

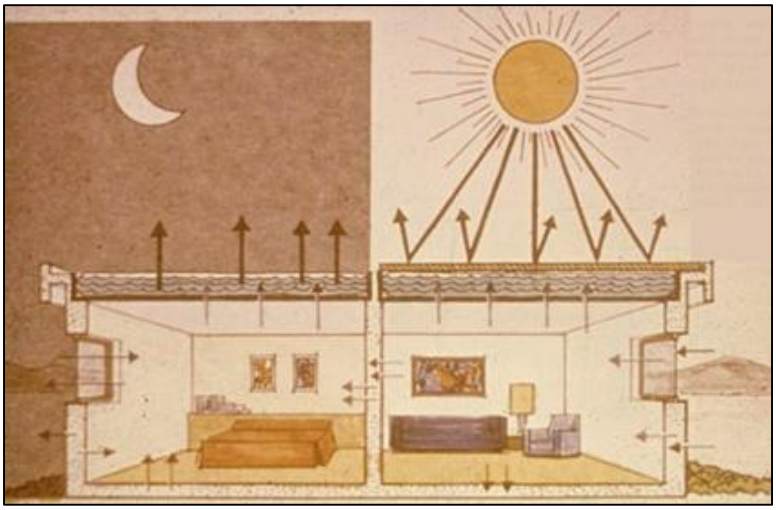
Ο δροσισμός του κτιρίου μέσω της νυχτερινής ακτινοβολίας βασίζεται στο γεγονός ότι όλες οι επιφάνειες του κτιρίου ακτινοβολούν θερμότητα κατά την διάρκεια της νύκτας. Όσο καθαρότερος είναι ο ουρανός και μικρότερα τα ποσοστά υγρασίας του τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της ακτινοβολίας. Επίσης τα ποσοστά της ακτινοβολίας αυξάνουν όταν οι επιφάνειες «κοιτάζουν» τον ουρανό. Κατά συνέπεια οι οροφή του κτιρίου είναι το στοιχείο του κελύφους που ακτινοβολεί τη περισσότερη θερμότητα.

Βέβαια, για να αυξηθούν τα ποσοστά ακτινοβολίας απαιτείται η ύπαρξη οροφής χωρίς μόνωση γεγονός που αντικρούει την αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού για μονωμένα κελύφη κάτι που καθιστά το σύστημα δροσισμού μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας να αποτελεί μια ειδική κατασκευή. Το συνηθέστερα συστήματα δροσισμού μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας είναι ο μεταλλικός ακτινοβολητής και οι λίμνες οροφής [47] .

- Μεταλλικός ακτινοβολητής: Το σύστημα αυτό αποτελείται από μία μεταλλική πλάκα με αυλακωτή και ανακλαστική επιφάνεια που τοποθετείται σε μικρή απόσταση από την εξωτερική παρειά του θερμομονωμένου δώματος. Με μηχανικό τρόπο διοχετεύεται ο θερμός αέρας του κτιρίου εντός του μεταλλικού ακτινοβολητή και ερχόμενος σε επαφή με την κρύα του πλάκα ψύχεται και επανεισχωρεί εντός του κτιρίου.
- Λίμνη οροφής: Στην οροφή του κτιρίου διαμορφώνεται μία αβαθής δεξαμενή νερού, ανοικτή ή κλειστή με διαφανή επικάλυψη, η οποία σκιάζεται την ημέρα καλυπτόμενη από κινητό θερμομονωτικό υλικό και ανοιγόμενη την νύχτα ακτινοβολεί θερμότητα στο περιβάλλον. Κατά την διάρκεια του χειμώνα μπορεί να έχει την αντίστροφη λειτουργία προσφέροντας θερμότητα στο κτίριο [47].



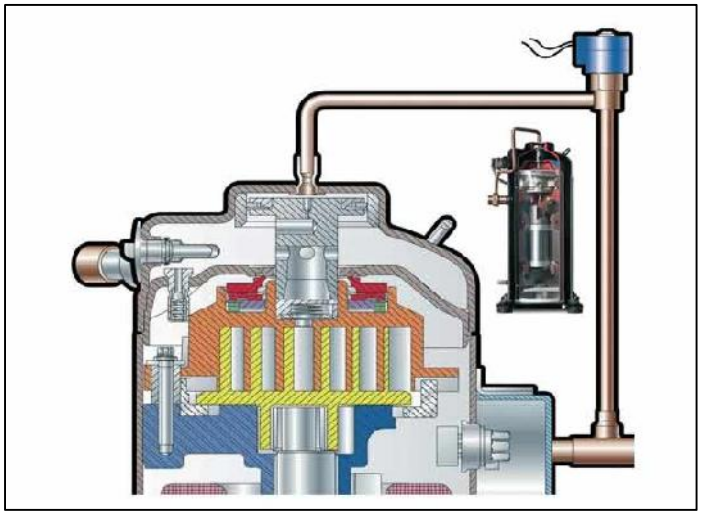
Εικόνα 3.26: Μεταλλικός ακτινοβολητής (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm)



Εικόνα 3.27: Λίμνη οροφής (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm)

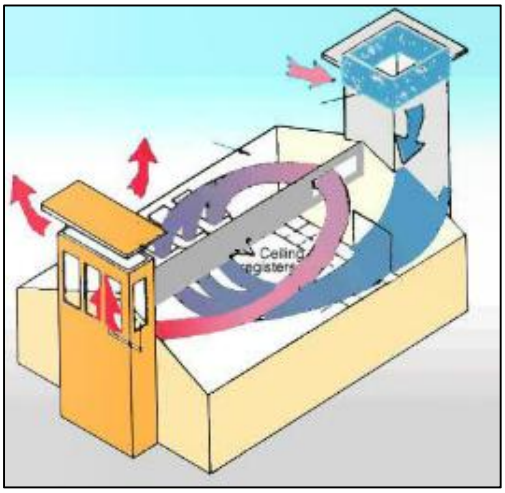
3.3.5. Εξατμιστικός Δροσισμός

Όταν ένα υλικό αλλάζει φάση, από υγρό σε αέριο, απορροφάται θερμότητα από το άμεσο περιβάλλον κι έτσι επιτυγχάνεται δροσισμός και εμπλουτισμός του αέρα με υδρατμούς. Στην συνέχεια ο δροσερός αέρας που παράγεται μπορεί να δροσίσει οποιαδήποτε επιφάνεια ερχόμενος σε επαφή μαζί της. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εκμεταλλεύεται την ιδιότητα αυτή και επιτυγχάνει τον δροσισμό του κελύφους του κτιρίου και την μείωση των ψυκτικών του αναγκών με χρήση πύργων δροσισμού και ψυκτικών μονάδων εξάτμισης.



Εικόνα 3.28: Ψυκτική μονάδα εξάτμισης (Πηγή: http://ecofrost.gr/copeland-digital-scroll.html)

Εικόνα 3.29: Εφαρμογή εξατμιστικού δροσισμού σε οικία (Πηγή: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exatmistikos_drosismos.htm)



Εικόνα 3.30: Πύργος δροσισμού (Πηγή: http://issuu.com/cisdissuu/docs/27-05-09_passive_solar_systems_karavasili)

3.4. Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εκτός από την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης για τους χρήστες φροντίζει ακόμα, μέσω των παθητικών συστημάτων και τεχνικών φυσικού φωτισμού, να εξασφαλίσει σε αυτούς συνθήκες οπτικής άνεσης. 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 πραγματοποιείται μέσα στους χώρους.

Με εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών εξασφαλίζεται επαρκής ποσότητα φυσικού φωτισμού (στάθμη φωτισμού) στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της «θάμβωσης» [48].

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

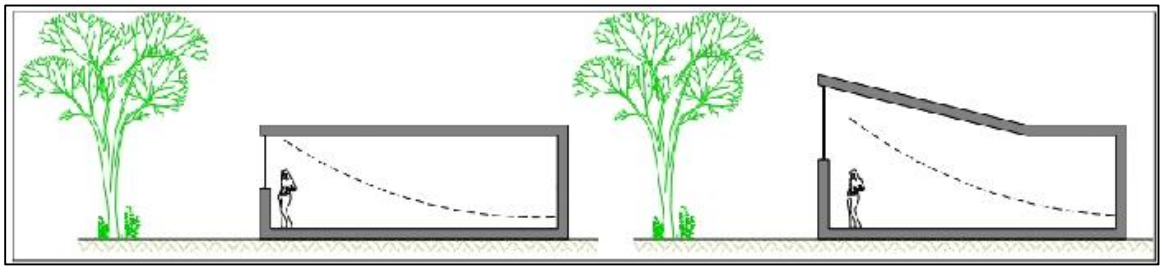
- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

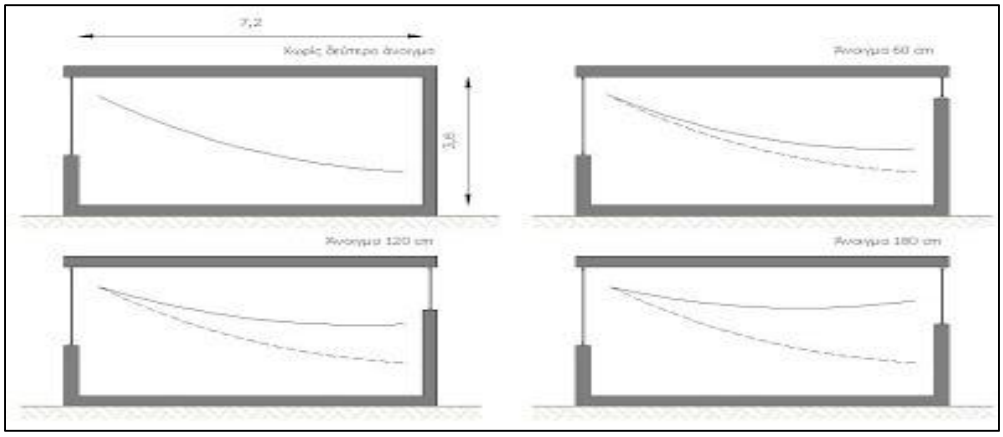
- Υαλοπίνακες: έγχρωμοι και ανακλαστικοί, απορροφητικοί, χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e), ηλεκτροχρωμικοί, φωτοχρωμικοί, θερμοχρωμικοί
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ανακλαστήρες (ράφια φωτισμού)
- Ανακλαστικές περσίδες

3.4.1. Ανοίγματα στην Κατακόρυφη Τοιχοποιία

Η σωστή χωροθέτηση και διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων, οι οπτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα αλλά και ο σωστός τρόπος σκίασης συμβάλλουν στην διασφάλιση επάρκειας και σωστής κατανομής του φυσικού φωτός. Το μέγεθος του ανοίγματος επηρεάζει άμεσα την ποσότητα φωτός στον χώρο και με βάση έναν εμπειρικό κανόνα η επιφάνεια του συνόλου των ανοιγμάτων πρέπει να ξεπερνά το 20% της επιφάνειας του δαπέδου του φωτιζόμενου χώρου, ώστε να παρέχεται μεν ικανοποιητική ποσότητα φωτός και να αποφεύγεται δε ο κίνδυνος θάμβωσης. Επιπλέον καλό είναι τα ανοίγματα να τοποθετούνται όσο το δυνατόν ψηλότερα ώστε το φυσικό φως να φτάνει βαθύτερα μέσα στον χώρο. Τέλος, ενδείκνυται η δημιουργία πολλών μικρών ανοιγμάτων, αντί ενός πολύ μεγάλου, καθώς με αυτό τον τρόπο υπάρχει καλύτερη κατανομή του φωτός και μάλιστα όταν τα ανοίγματα είναι διαμπερή και σε παρακείμενους τοίχους το αποτέλεσμα βελτιστοποιείται.



Εικόνα 3.31: Επίδραση της θέσης του παραθύρου στην κατανομή του φυσικού φωτισμού (Πηγή: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-_-mikroklima-_-photismos-periballon-choros---mikroklima)

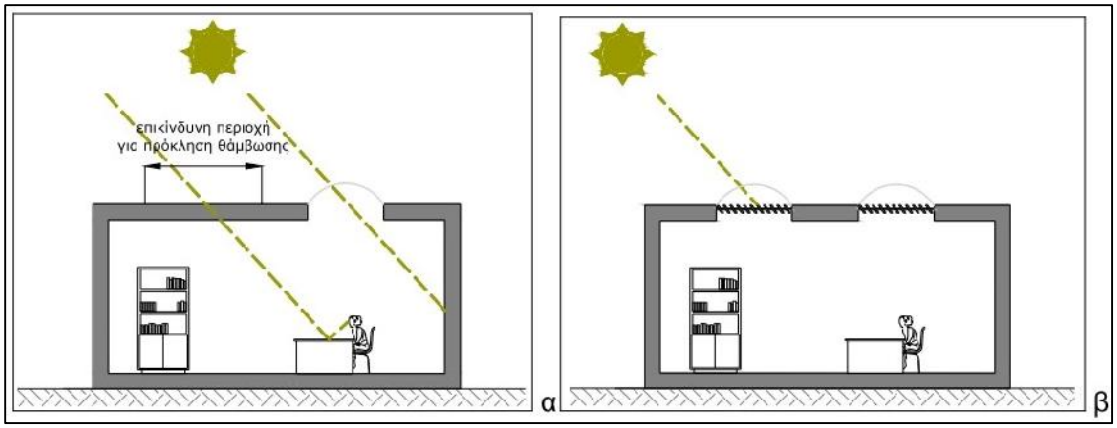


Εικόνα 3.32: Μεταβολή του φυσικού φωτισμού σ' ένα χώρο σε σχέση με την ύπαρξη και το μέγεθος δεύτερου ανοίγματος (διαμπερής φωτισμός) (Πηγή: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-_-mikroklima-_-photismos-periballon-choros---mikroklima)

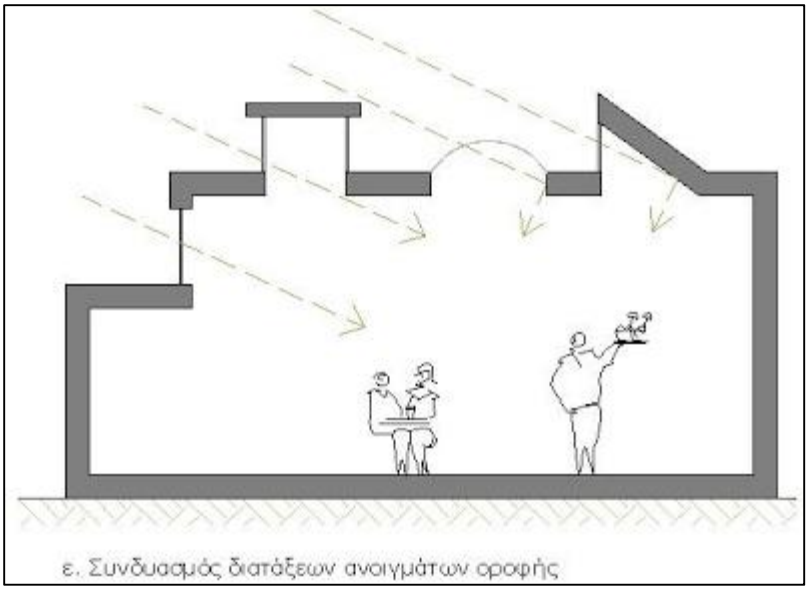
3.4.2. Ανοίγματα Οροφής

Τα ανοίγματα οροφής, είτε είναι οριζόντια είτε κεκλιμένα, επιτρέπουν σε μεγάλα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας και άρα φυσικού φωτός να εισχωρήσει άμεσα στο εσωτερικό του κτιρίου και να κατανεμηθεί ομοιόμορφα, παρέχοντας οπτική άνεση στους χρήστες. Επίσης τα εξωτερικά εμπόδια είναι δύσκολο να λειτουργήσουν ως σκίαστρο, κάτι που σημαίνει όμως πως υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα θάμβωσης των χρηστών. Ακόμα ένα μειονέκτημα τους είναι ότι κατά τους θερινούς μήνες συλλέγουν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ενέργειας που δεν είναι όμως επιθυμητές.

Όταν πρόκειται για οριζόντια ανοίγματα η καταλληλότερη θέση για να τοποθετηθούν είναι κοντά σε βορινό τοίχο. Τα κεκλιμένα ανοίγματα όταν είναι προσανατολισμένα στον βορρά παρέχουν σταθερό φωτισμό, ενώ όταν είναι προσανατολισμένα στον νότο μπορούν να λειτουργήσουν ως παθητικό ηλιακό σύστημα.



Εικόνα 3.33: Κίνδυνος θάμβωσης από οριζόντιο άνοιγμα οροφής (Πηγή: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-_-mikroklima-_-photismos-periballon-choros---mikroklima)

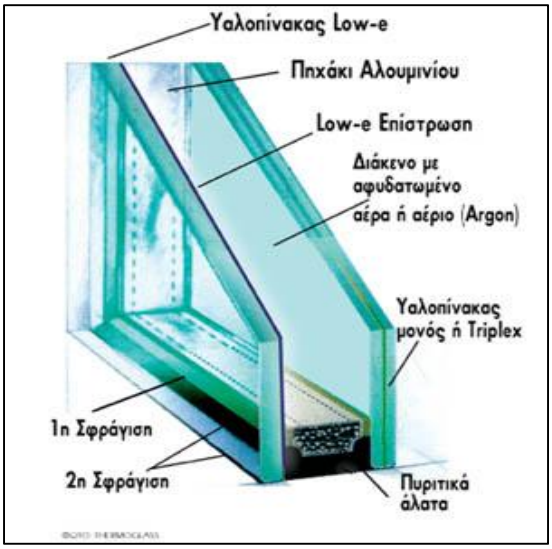


Εικόνα 3.34: Συνδυασμός διατάξεων ανοιγμάτων οροφής (Πηγή https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-_-mikroklima-_-photismos-periballon-choros---mikroklima)

3.4.3. Υαλοπίνακες

Στον βιοκλιματικό σχεδιασμό εκτός από τα ανοίγματα σπουδαίο επίσης ρόλο παίζουν τα διαφανή τους υλικά και συγκεκριμένα οι υαλοπίνακες. Ανάλογα με το υλικό τους, παρουσιάζουν διαφορετικές οπτικές ιδιότητες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την διέλευση μικρών ή μεγάλων ποσοστών ηλιακής και φωτεινής ακτινοβολίας. Η διαπερατότητα των υαλοπινάκων εξαρτάται από την καθαρότητα του υλικού, από τον αριθμό και το πάχος των υαλοπετασμάτων αλλά και από το πάχος και το υλικό του διάκενου.

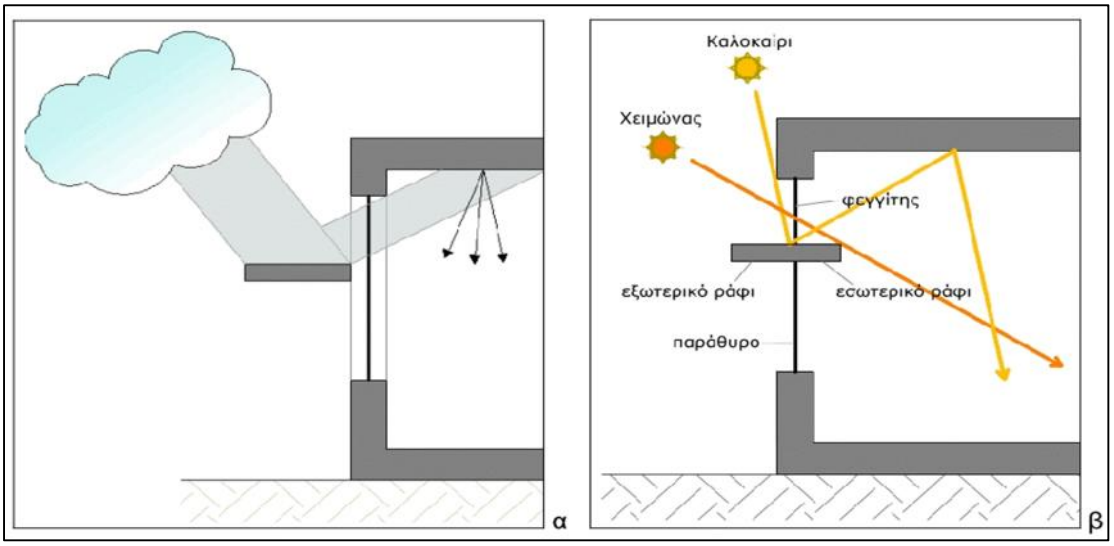
- Έγχρωμοι και ανακλαστικοί υαλοπίνακες: οι έγχρωμοι υαλοπίνακες υπόκεινται σε χημική επεξεργασία για να έχουν χαμηλή θερμοπερατότητα και φωτοδιαπερατότητα και είναι κατάλληλοι για την μείωση των θερμικών κερδών. Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες επίσης ενδείκνυνται για την μείωση των θερμικών κερδών αφού ανακλούν μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας αν και προκαλούν φαινόμενα θάμβωσης στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου
- Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-E): πρόκειται για υαλοπίνακες με χαμηλό συντελεστή εκπομπής που εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο αλλά και την ήδη υπάρχουσα να εξέλθει στο περιβάλλον
- Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες: έχουν αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα και περιέχουν στο διάκενο αέριο όπως αργό και όχι συμπιεσμένο αέρα. Όταν το κτίριο έχει πολλά και μεγάλα ανοίγματα είναι καλό να προτιμώνται σε σχέση με κοινούς διπλούς υαλοπίνακες
- Απορροφητικοί υαλοπίνακες: Απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνοντας τα θερμικά κέρδη ενώ παράλληλα δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου όπως οι ανακλαστικοί [49].



Εικόνα 3.35: Υαλοπίνακας χαμηλής εκπομπής (Πηγή: http://www.safehouse.com.gr/product/2/11/28/)

3.4.4. Ανακλαστήρες (Ράφια Φωτισμού)

Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδες ή καμπύλες επιφάνειες που τοποθετούνται στα ανοίγματα, πάνω από την γραμμή όρασης, και στόχο έχουν να κατευθύνουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εντός του κτιρίου αποφεύγοντας όμως την πρόκληση φαινομένων θάμβωσης. Τα ράφια φωτισμού μπορούν να τοποθετηθούν είτε στην εξωτερική είτε στην εσωτερική πλευρά του υαλοστασίου ή ακόμα και εκατέρωθεν αυτού. Βέβαια, προκειμένου να έχουν αποδοτική λειτουργία απαιτείται η ύπαρξη ιδιαίτερα ανακλαστικής εσωτερικής οροφής έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ομοιόμορφη διάχυση του φωτός.



Εικόνα 3.36: Λειτουργία Ανακλαστικών ραφιών (Πηγή: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-_-mikroklima-_-photismos-periballon-choros---mikroklima)

3.4.5. Ανακλαστικές Περσίδες

Οι ανακλαστικές περσίδες είναι στοιχεία που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την εξωτερική πλευρά του κουφώματος ή ακόμα και ενδιάμεσα διπλών κουφωμάτων. Σκοπός τους είναι όπως και τα ράφια φωτισμού να αυξήσουν την ποσότητα του φωτός εντός του κτιρίου εκτρέποντας την ηλιακή ακτινοβολία η οποία προσπίπτει στην ανακλαστική άνω παρειά τους . Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα μπορούν να παραμένουν ανοιχτές διευκολύνοντας και αερισμό του κτιρίου [50] .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΣΕΜΦΕ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENERGY PLUS

4.1. Εισαγωγή

Το κτίριο που επιλέξαμε να μελετήσουμε βρίσκεται στην Αθήνα, στην περιοχή της Ζωγράφου, και συγκεκριμένα εντός της Πολυτεχνειούπολης.

Εικόνα 4.1: Θέση κτιρίου στον χάρτη Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου (Πηγή: http://map.ntua.gr/map_final_20100817.pdf)

Παρακάτω παρατίθενται φωτογραφίες του κτιρίου στην παρούσα του κατάσταση.

Εικόνα 4.2: Νότια όψη κτιρίου

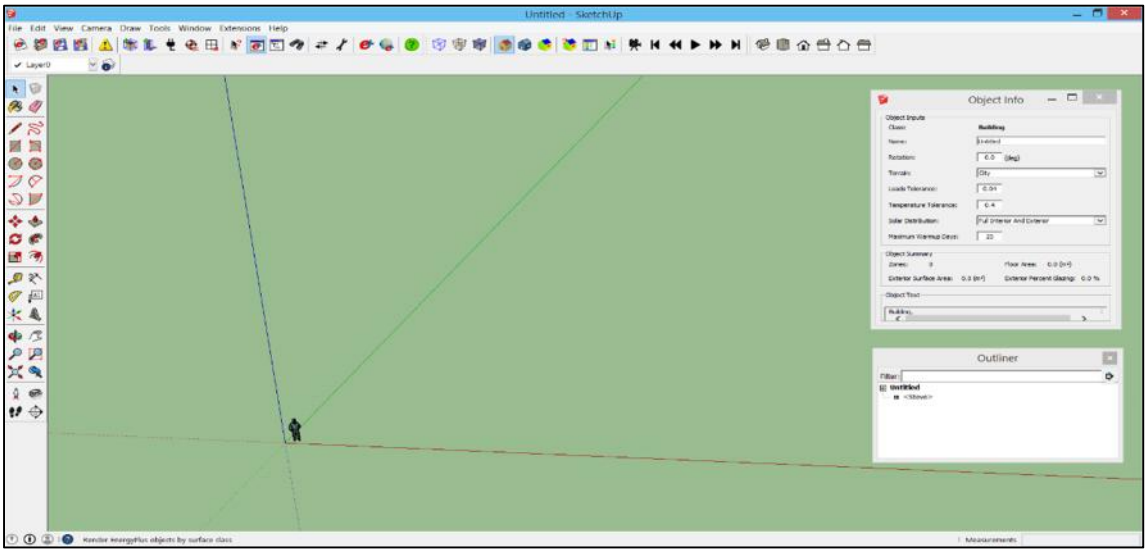
Εικόνα 4.3: Βόρεια όψη κτιρίου

Εικόνα 4.4: Πανοραμική φωτογραφία από το πρόγραμμα 'Google Earth'

Το κτίριο αιθουσών διδασκαλίας ΣΕΜΦΕ περιέχει χώρους διάφορων χρήσεων όπως αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, γραμματείες, κυλικείο κ.α.

Για την προσομοίωση του κτιρίου και τον σχεδιασμό της γεωμετρίας του, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα 'Sketch-up' της Google καθώς και το add-on πρόγραμμα 'Legacy Open Studio Plug-in for Sketch-up' το οποίο λειτουργεί σε συνδυασμό με το 'Sketch-up'.

Για την προσομοίωση και την θερμική ανάλυση του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο λογισμικό Energy Plus το οποίο βασιζόμενο στην περιγραφή του κτιρίου από τον χρήστη, υπολογίζει τα θερμικά του φορτία και την ενεργειακή του κατανάλωση.



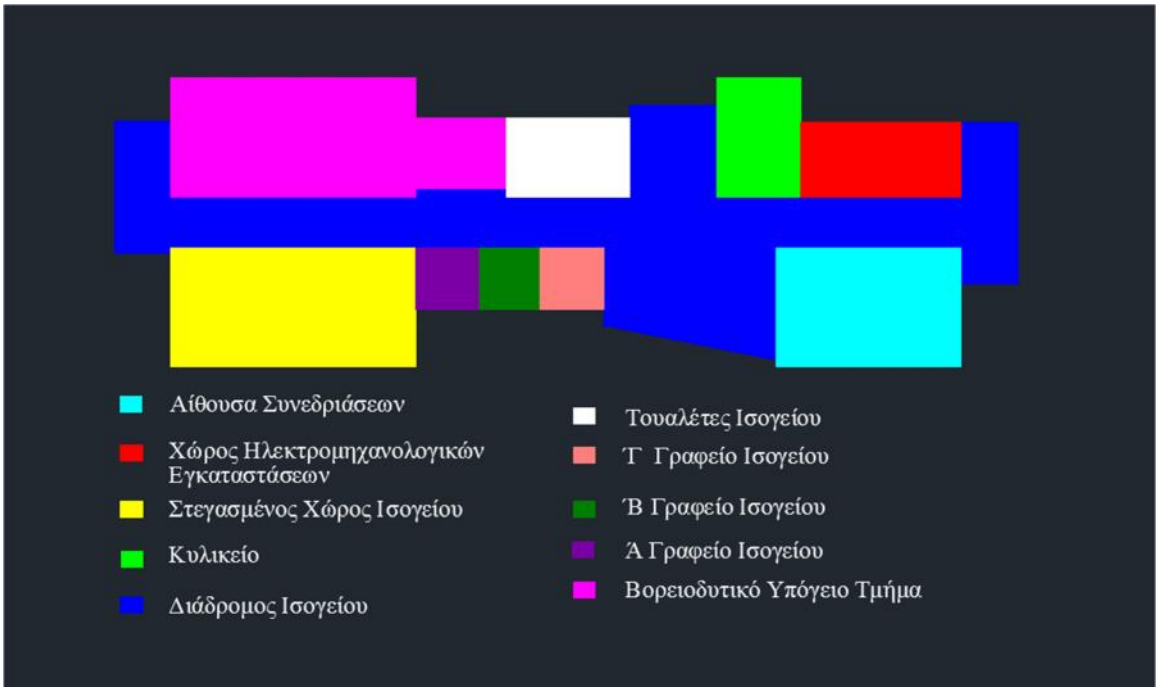
Εικόνα 4.5: Το περιβάλλον του προγράμματος 'Google Sketch-up' και 'Open Studio'

4.2. Χωρισμός σε Θερμικές Ζώνες

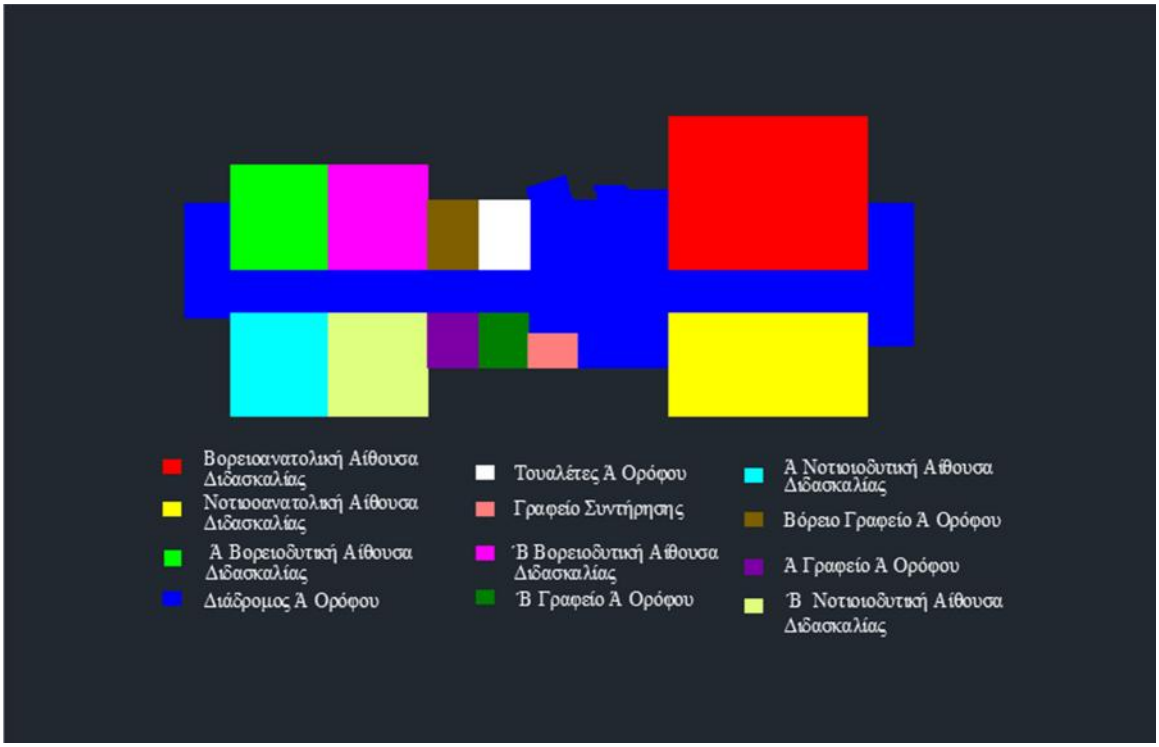
Η μελέτη του κτιρίου στο πρόγραμμα Energy Plus απαιτεί τον χωρισμό του σε θερμικές ζώνες. Προκειμένου λοιπόν η προσομοίωση του να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική, το κτίριο χωρίστηκε σε θερμικές ζώνες ανάλογα με την χρήση του κάθε χώρου, το μέγεθος του και τον προσανατολισμό του.

Θερμική ζώνη είναι ένας όγκος αέρα με ενιαία θερμοκρασία και διείσδυση αέρα καθώς και ενιαίο αριθμό χρηστών, που περικλείεται από επιφάνειες που αποτελούνται από υλικά με συγκεκριμένες θερμικές ιδιότητες.

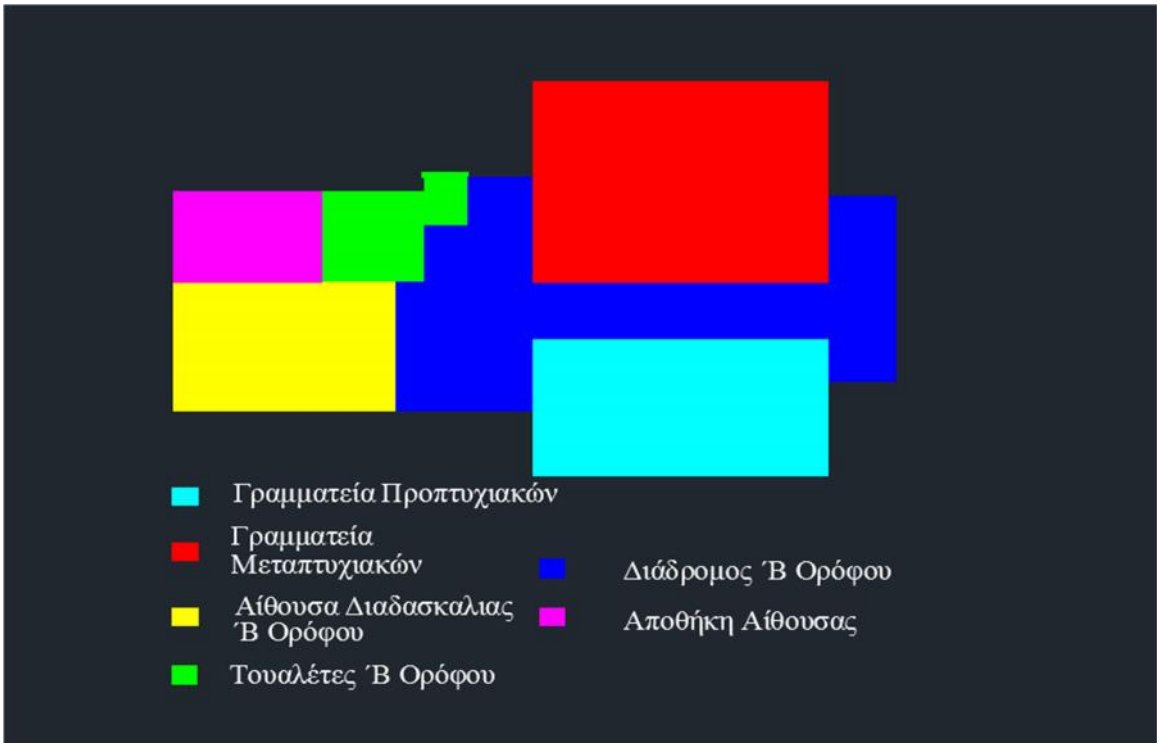
Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας το υπό μελέτη κτίριο χωρίστηκε συνολικά σε 28 θερμικές ζώνες, 10 ζώνες για τον χώρο του ισογείου, 12 ζώνες για τον χώρο του Ά ορόφου και 6 ζώνες για τον χώρο του ΄Β ορόφου.



Εικόνα 4.6: Θερμικές ζώνες Ισογείου



Εικόνα 4.7: Θερμικές ζώνες Α Ορόφου



Εικόνα 4.8: Θερμικές ζώνες Β Ορόφου

Χωρισμός σε Θερμικές Ζώνες	
Αίθουσα Κτιρίου	**Ονομασία στο Energy Plus**
Διάδρομος Ισογείου	1 Diadromos Kinhshs
Αίθουσα Συνεδριάσεων	1 Aithousa Synedriasewn
Ά Γραφείο Ισογείου	1 Grafeio A
΄Β Γραφείο Ισογείου	1 Grafeio B
΄Γ Γραφείο Ισογείου	1 Grafeio C
Χώρος Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων	1 Hlektromhchanologika Stoicheia
Κυλικείο	1 Kylikeio
Στεγασμένος Χώρος Ισογείου	1 Stegasmenos Chwros
Βορειοδυτικό Υπόγειο Τμήμα	1 Voreiodytiko Underground Tmhma
Τουαλέτες Ισογείου	1 WC
Διάδρομος Ά Ορόφου	2 Diadromos Kinhshs
Ά Γραφείο Ά Ορόφου	2 Grafeio A
΄Β Γραφείο Ά Ορόφου	2 Grafeio B
Γραφείο Συντήρησης	Grafeio Synthrhshs
Νοτιοανατολική Αίθουσα Διδασκαλίας Ά Ορόφου	2 Notioanatolikh Aithousa
Βορειοανατολική Αίθουσα Διδασκαλίας Ά Ορόφου	2 Voreioanatolikh Aithousa
Βόρειο Γραφείο Ά Ορόφου	Voreio Kentriko Grafeio
Ά Νοτιοιοδυτική Αίθουσα Διδασκαλίας	2 Notiodytikh Aithousa Didaskalias A
΄Β Νοτιοιοδυτική Αίθουσα Διδασκαλίας	2 Notiodytikh Aithousa Didaskalias B
Ά Βορειοδυτική Αίθουσα Διδασκαλίας	2 Voreiodytikh Aithousa Didaskalias A
΄Β Βορειοδυτική Αίθουσα Διδασκαλίας	2 Voreiodytikh Aithousa Didaskalias B
Τουαλέτες Ά Ορόφου	2 WC
Γραμματεία Προπτυχιακών	3 Grammateia Proptychiakwn
Γραμματεία Μεταπτυχιακών	3 Grammateia Metaptychiakwn
Διάδρομος ΄Β Ορόφου	3 Diadromos Kinhshs
Τουαλέτες ΄Β Ορόφου	3 WC
Αίθουσα Διδασκαλίας ΄Β Ορόφου	3 Aithousa Didaskalias
Αποθήκη Αίθουσας	3 Apothhkh Aithousas

Πίνακας 4.1: Θερμικές ζώνες κτιρίου

4.3. Σχεδιασμός Κτιρίου στο Πρόγραμμα ‘Sketch-up’

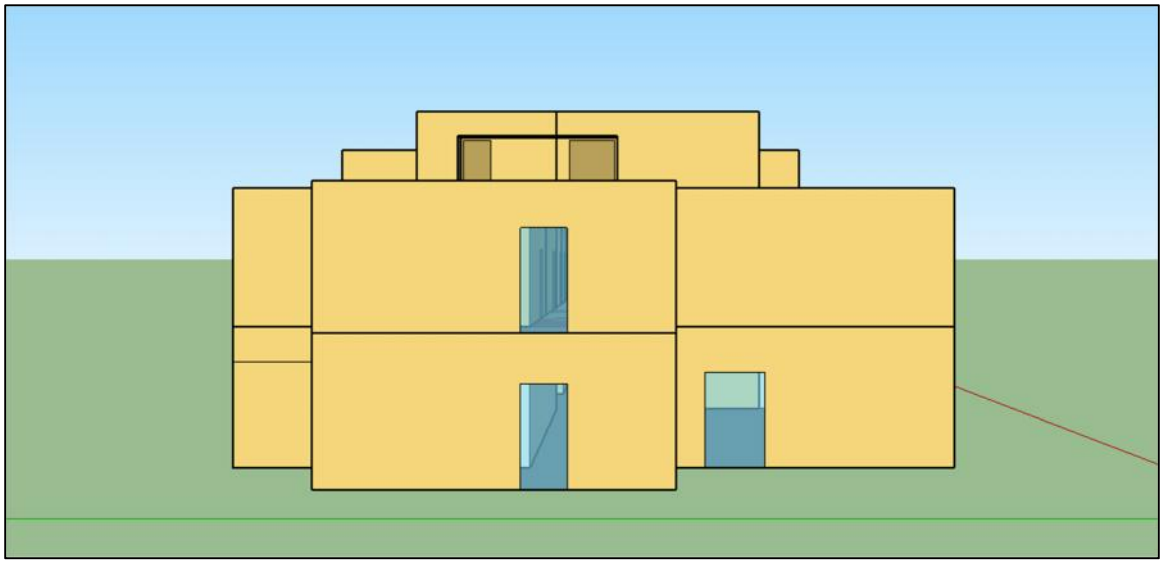
Με βάση τον παραπάνω διαχωρισμό των θερμικών ζωνών του κτιρίου, πραγματοποιείται ο σχεδιασμός του σε τρισδιάστατη μορφή στο πρόγραμμα ‘Sketch-up’. Οι εξωτερικές κολόνες και τα δοκάρια που δεν συμμετέχουν στην θερμική λειτουργία του κτιρίου καθώς και τα δυο μεταλλικά στέγαστρα του σχεδιάστηκαν με την μορφή σκιάστρου.

Παρακάτω παρατίθενται φωτογραφίες του κτιρίου όπως αυτό μοντελοποιήθηκε με την χρήση του προγράμματος τρισδιάστατης σχεδίασης ‘Sketch-up’ σε συνδυασμό με την προσθήκη της ηλεκτρονικής επέκτασης ‘Legacy Open Studio plug-in for Sketch-up’

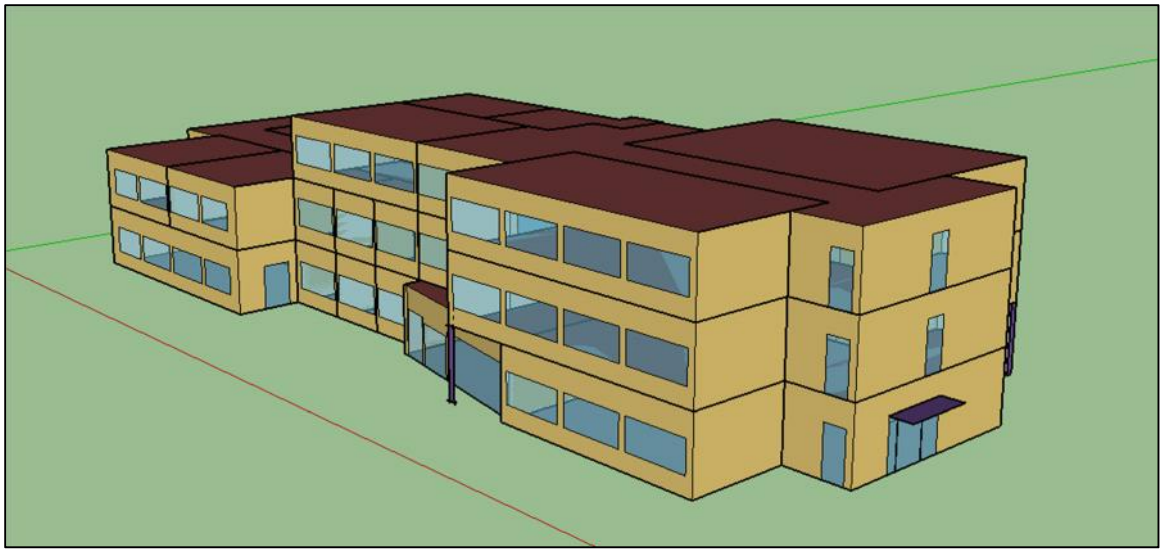
Εικόνα 4.9: Νότια Όψη κτιρίου στο πρόγραμμα ‘Sketch-up’

Εικόνα 4.10: Βόρεια Όψη κτιρίου στο πρόγραμμα ‘Sketch-up’

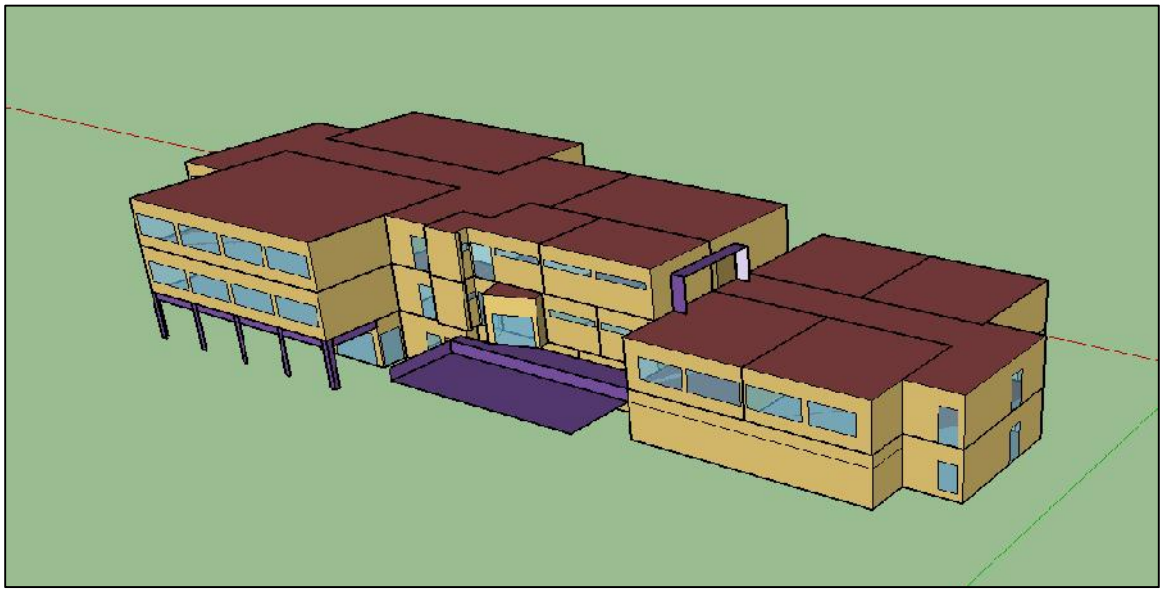
Εικόνα 4.11: Ανατολική Όψη κτιρίου στο πρόγραμμα 'Sketch-up'



Εικόνα 4.12: Δυτική Όψη κτιρίου στο πρόγραμμα 'Sketch-up'



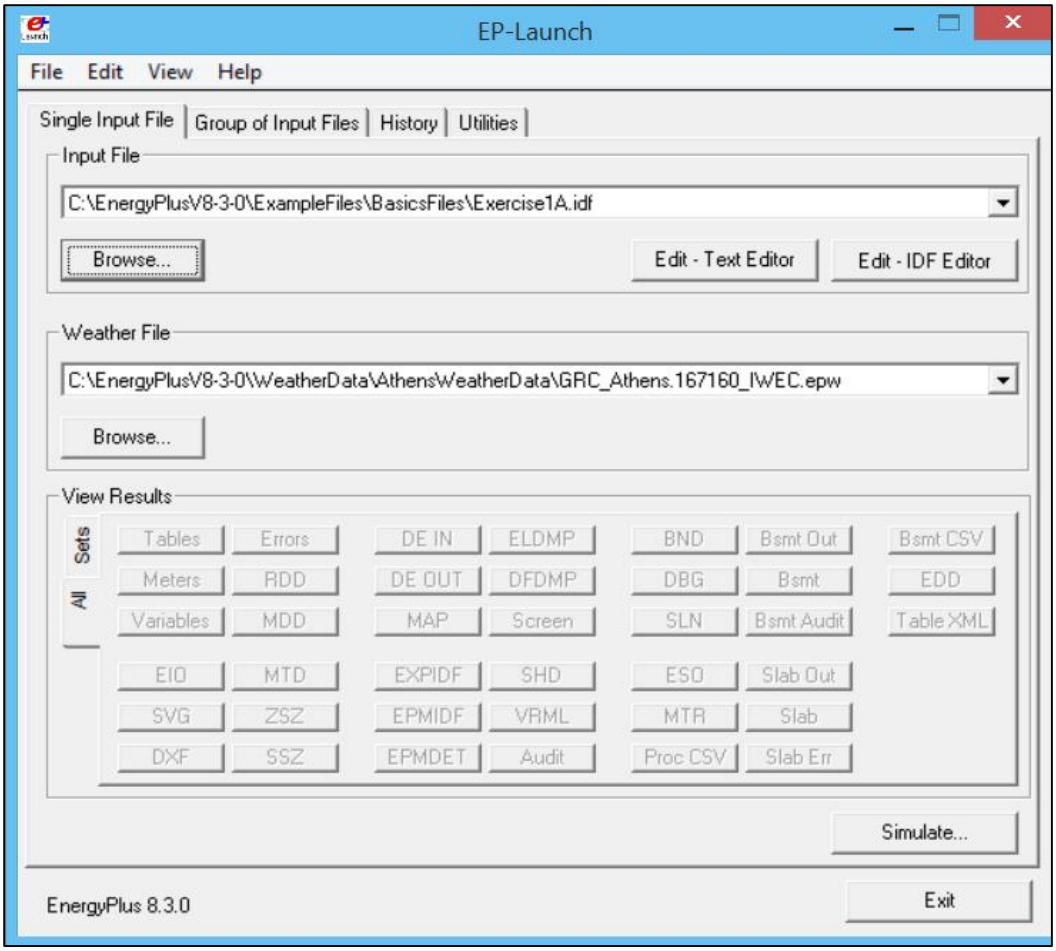
Εικόνα 4.13: Νοτιοανατολική Άποψη κτιρίου στο πρόγραμμα 'Sketch-up'



Εικόνα 4.14: Βορειοδυτική Άποψη κτιρίου στο πρόγραμμα 'Sketch-up'

4.4. Εισαγωγή Δεδομένων στο Πρόγραμμα 'Energy Plus'

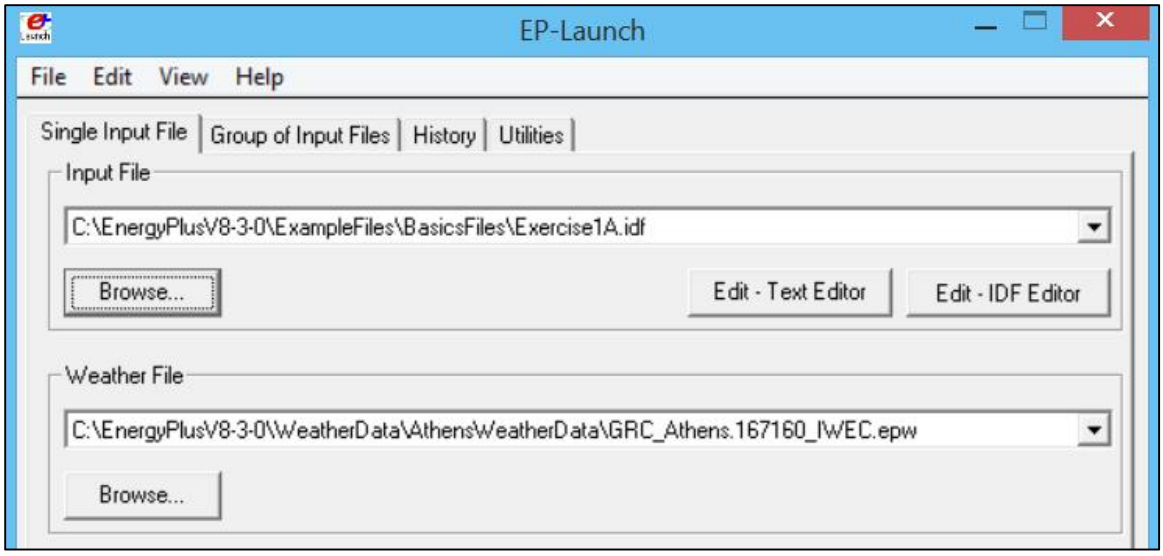
Αφού ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός της γεωμετρίας του κτιρίου στο 'Sketch-up', εισάγονται στην συνέχεια όλα τα δεδομένα της κατασκευαστικής του δομής καθώς και δεδομένα αναφορικά με τα ενεργειακά του χαρακτηριστικά στο πρόγραμμα 'Energy Plus' χρησιμοποιώντας το 'EP-Launch' και στην συνέχεια την επιλογή του 'Edit-IDF Editor'.



Εικόνα 4.15: Εισαγωγή στο 'EP-Launch' του 'Energy Plus'

4.4.1. Εισαγωγή Κλιματικών Δεδομένων

Τα κλιματολογικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση του κτιρίου επιλέχτηκαν από τον φάκελο '*weather data*' του προγράμματος σε αρχείο μορφής '*epw*' που παρέχει δεδομένα για την περιοχή της Αθήνας στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.16 στην περιοχή του '*Weather File*' έχει τοποθετηθεί το παραπάνω αρχείο.



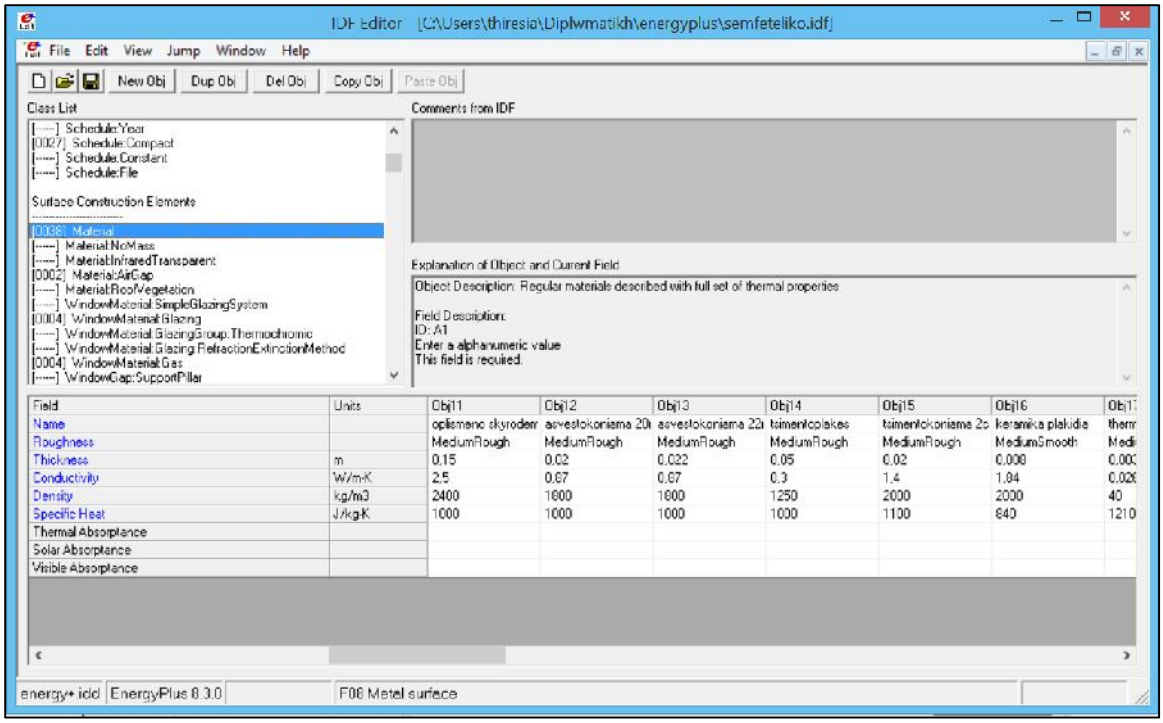
Εικόνα 4.16: Εισαγωγή αρχείου κλιματικών δεδομένων στο 'EP-Launch' του 'Energy Plus'

4.4.2. Εισαγωγή Υλικών Δόμησης

Η εισαγωγή των δομικών υλικών του κτιρίου στον 'IDF-Editor' του προγράμματος γίνεται στην καρτέλα 'Material'. Για το κάθε υλικό απαιτείται να εισαχθεί το όνομα του 'name', η τραχύτητά του 'roughness', το πάχος του 'thickness', ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του 'conductivity', η πυκνότητα του 'density' καθώς και η ειδική θερμοχωρητικότητα του 'specific heat'. Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.17 τα πεδία αυτά εμφανίζονται με μπλε χρώμα και είναι υποχρεωτικά.

Αναλυτικά τα υλικά της κατασκευής με τα θερμικά τους χαρακτηριστικά βρίσκονται στο Παράστημα 1.

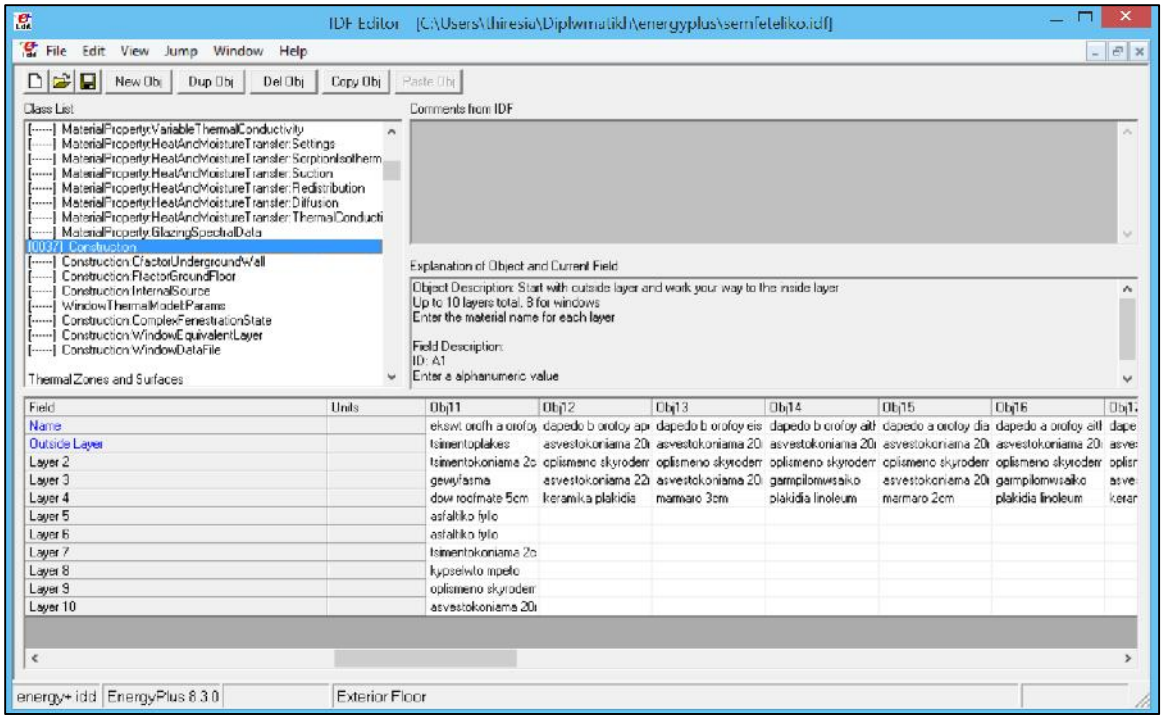
Να σημειωθεί ότι όλες οι παραπάνω τιμές για τα υλικά της κατασκευής αντλήθηκαν από πίνακες της τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.



Εικόνα 4.17: Εισαγωγή των υλικών στην καρτέλα 'Material'

4.4.3. Δημιουργία Κατασκευαστικών Δομών

Αφού ολοκληρωθεί η εισαγωγή των υλικών με το πάχος και τα θερμικά τους χαρακτηριστικά, δημιουργούνται όλες οι διαφορετικές κατασκευαστικές δομές του κτιρίου. Οι κατασκευαστικές αυτές δομές 'constructions' δημιουργούνται τοποθετώντας τα υλικά σε στρώσεις 'layers' ξεκινώντας από την εξωτερική πλευρά της δομής 'outside layer'.



Εικόνα 4.18: Δημιουργία κατασκευαστικών δομών στην καρτέλα 'Construction'

Οι δομές 'constructions' που δημιουργήθηκαν, ξεκινώντας από το εξωτερικό στρώμα 'outside layer' είναι οι παρακάτω:

Εξωτερική Οροφή Ά Ορόφου

- Τσιμεντόπλακες (5 cm)
- Τσιμεντοκονίαμα (2 cm)
- Γεωύφασμα (1.2 mm)
- Dow Roofmate (5 cm)
- Διπλό Ασφαλτικό Φύλλο (2x3.5 mm)
- Τσιμεντοκονίαμα (2 cm)
- Κυψελωτό Μπετό (6 cm)
- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)

Δάπεδο ΄Β Ορόφου Αποθήκη και WC / Δάπεδο Ισογείου WC / Δάπεδο Ά Ορόφου WC

- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (22 mm)
- Κεραμικά Πλακίδια (8 mm)

Δάπεδο ΄Β Ορόφου Διάδρομος Διάδρομος Κίνησης

- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Μάρμαρο (3 cm)

Δάπεδο ΄Β Ορόφου Αίθουσες και Γραμματείες / Δάπεδο Ά Ορόφου Αίθουσες και Γραφεία / Δάπεδο Ισογείου Αίθουσες και Γραφεία

- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Γαρμπιλομωσαϊκό (3.5 cm)
- Πλακίδια Linoleum (2.5 cm)

Δάπεδο Ά Ορόφου Διάδρομος Κίνησης

- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Μάρμαρο (2 cm)

Δάπεδο Ισογείου Διάδρομος Κίνησης

- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Μάρμαρο (2 cm)

Δάπεδο Ισογείου Ηλεκτρομηχανολογικός Χώρος

- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Εποξεϊδική Ρητίνη (10 cm)

Δάπεδο Στεγασμένου Χώρου Ισογείου

- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Ραβδωτό Μπετό (3 cm)

Δάπεδο Υπόγειου Τμήματος

- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)

Εξωτερική Οροφή ΄Β Ορόφου

- Κροκάλες (5 cm)
- Γεωύφασμα (1.2 mm)
- Dow Roofmate (5 cm)
- Διπλό Ασφαλτικό Φύλλο (2x3.5mm)
- Τσιμεντοκονίαμα (2 cm)

- Κυψελωτό Μπετό (6 cm)
- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (15 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)

Εσωτερική Πόρτα Μόνωση (Interior Door Monwsh)

- Μεταλλική Επιφάνεια (2 mm)
- Θερμομονωτικό Πάνελ Πετροβάμβακα (3 cm)
- Μεταλλική Επιφάνεια (2 mm)

Εξωτερικά Διπλά Παράθυρα

- Καθαρό Τζάμι (3 mm)
- Αέρας (6mm)
- Καθαρό Τζάμι (3 mm)

Εσωτερική Πόρτα Γυαλί

- Καθαρό Τζάμι (6 mm)

Εξωτερική Πόρτα Διπλό Τζάμι

- Καθαρό Τζάμι (3 mm)
- Αέρας (6 mm)
- Καθαρό Τζάμι (3 mm)

Ξύλινη Πόρτα

- Φαινοπλαστικό Φύλλο (1 mm)
- Ξύλο (6 mm)
- Ξύλο Πόρτας (3.2 cm)
- Ξύλο (6 mm)
- Φαινοπλαστικό Φύλλο (1 mm)

Εξωτερικοί Τοίχοι

- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Οπτοπλινθοδομή (9 cm)
- Πετροβάμβακας (5 cm)
- Οπτοπλινθοδομή (9 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)

Εσωτερικοί Τοίχοι

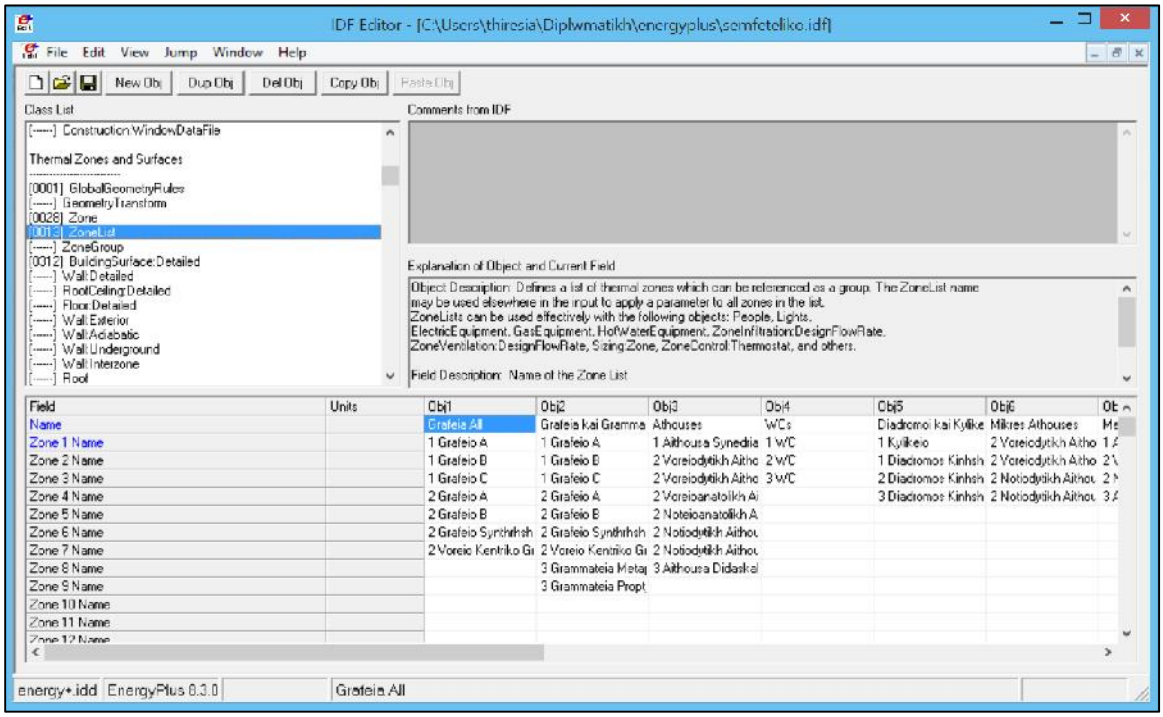
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Οπτοπλινθοδομή (9 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)

Εξωτερική Οροφή Στέγαστρο

- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)
- Οπλισμένο Σκυρόδεμα (18 cm)
- Ασβεστοκονίαμα (2 cm)

4.4.4. Ομαδοποίηση Θερμικών Ζωνών

Εξαιτίας του γεγονότος ότι ο αριθμός των θερμικών ζωνών είναι πολύ μεγάλος καθώς και τα χαρακτηριστικά ορισμένων από αυτές είναι σχεδόν πανομοιότυπα, κάποιες θερμικές ζώνες ομαδοποιήθηκαν στην καρτέλα ‘zone list’. Παρακάτω ορισμένα αποτελέσματα αναφέρονται σε ομαδοποιημένες ζώνες.

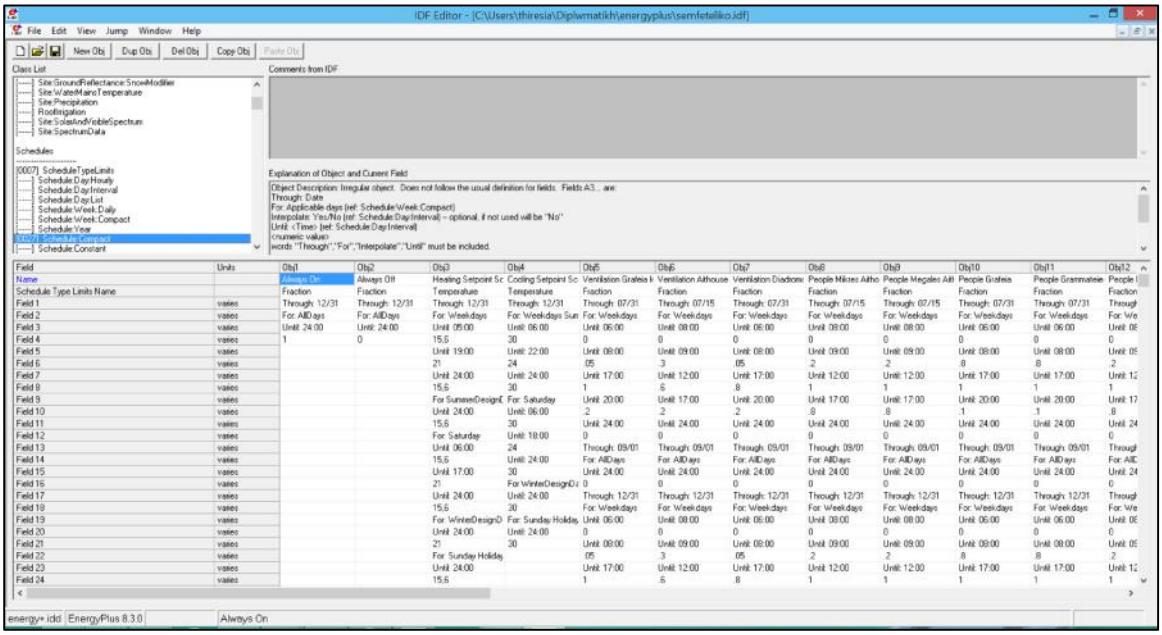


Εικόνα 4.19: Ομαδοποίηση θερμικών ζωνών στην καρτέλα ‘Zone List’

4.4.5. Εισαγωγή Χρονοδιαγραμμάτων

Για την ενεργειακή μελέτη του κτιρίου είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν χρονοδιαγράμματα ‘schedules’ τα οποία ρυθμίζουν την πυκνότητα των χρηστών, το ωράριο λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, του φυσικού δροσισμού καθώς επίσης και της διείσδυσης του αέρα στο κτίριο. Τα χρονοδιαγράμματα αυτά δημιουργούνται στην καρτέλα ‘schedules’ και ‘schedules: compact’ όπως φαίνεται στην εικόνα 4.20. Για την παρούσα μελέτη δημιουργήθηκαν 18 διαφορετικά

χρονοδιαγράμματα που αφορούν τους χρήστες, τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό, τον τεχνητό φωτισμό, τον φυσικό δροσισμό και την διείσδυση αέρα από τους τοίχους στο κτίριο και προσομοιώνουν όσο το δυνατόν καλύτερα την πραγματική λειτουργία του κτιρίου.



Εικόνα 4.20: Δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων στην καρτέλα 'Schedules' και 'Schedule:Compact'

4.4.6. Εισαγωγή Εσωτερικών Θερμικών Κερδών

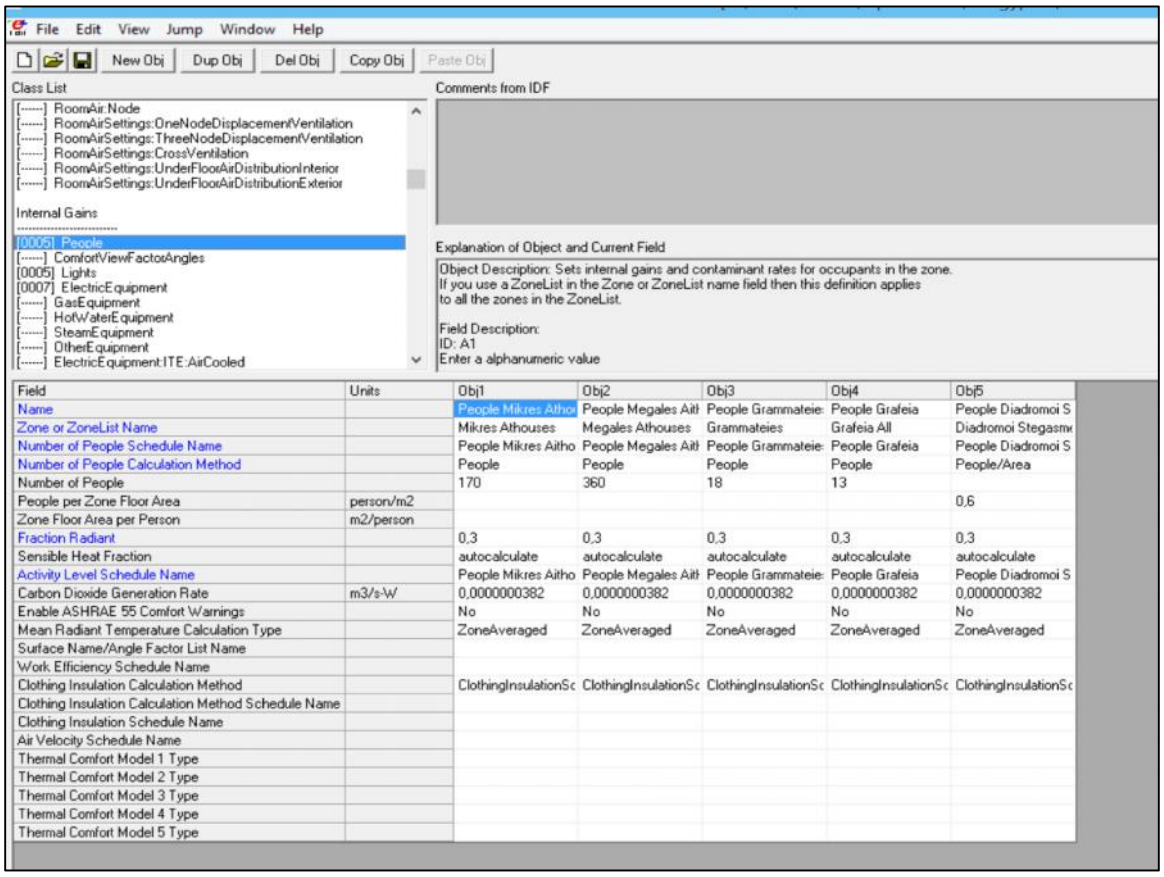
Για την αντιπροσωπευτικότερη προσομοίωση του κτιρίου εισάγονται στο πρόγραμμα τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από χρήστες, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό που είναι παράγοντες οι οποίοι επίσης επηρεάζουν την θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου προσδίδοντας του θερμότητα.

4.4.6.1. Χρήστες

Στο σημείο αυτό, προσδιορίζεται η επιρροή των χρηστών στο κτίριο με τον καθορισμό της πυκνότητάς τους, του χρονοδιαγράμματος παραμονής τους στον εκάστοτε χώρο και του συντελεστή εκπομπής θερμότητας τους. Η εισαγωγή των στοιχείων αυτών γίνεται από την καρτέλα 'internal gains' και 'people' όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Τα πεδία με μπλέ χρώμα όπου απαιτείται να συμπληρωθούν είναι το όνομα των χρηστών 'name', η ζώνη ή οι ομαδοποιημένες ζώνες που επηρεάζουν οι χρήστες 'zone or zone list name', το χρονοδιάγραμμα παραμονής τους στον χώρο αυτό 'number of people schedule name', η πυκνότητα τους 'number of people' και τέλος το κλάσμα της ανθρώπινης ακτινοβολίας 'fraction radiant'. Στην μελέτη αυτή δημιουργήθηκαν κατάλληλα

χρονοδιαγράμματα με βάση τον αριθμό των φοιτητών και των εργαζομένων στις αίθουσες, στις γραμματείες, στα γραφεία και στους διαδρόμους του κτιρίου αλλά και του προγράμματος παραμονής τους σε αυτούς.



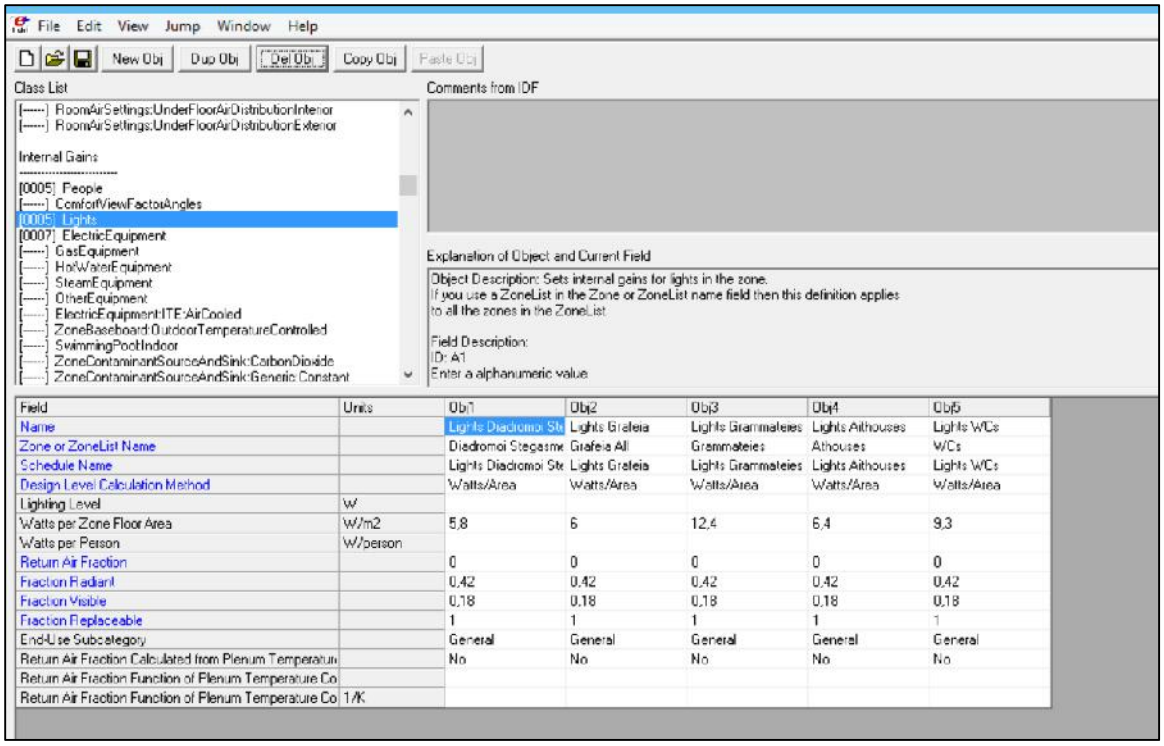
Εικόνα 4.21: Εισαγωγή Χρηστών από την καρτέλα 'Internal Gains' και 'People'

4.4.6.2. Τεχνητός Φωτισμός

Εκτός από τους χρήστες, θερμικά κέρδη προσφέρει στο κτίριο και ο τεχνητός φωτισμός που υπάρχει σε αυτό. Στο κτίριο μας υπάρχουν διάφορα είδη λαμπτήρων με διαφορετική ισχύ, τα αναλυτικά στοιχεία των οποίων φαίνονται στο παράρτημα 2 και 3.

Για κάθε χώρο προσδιορίστηκε το σύνολο των λαμπτήρων και η συνολική τους ισχύ σε Watt. Επίσης στο πρόγραμμα δίνεται η τιμή του κλάσματος θερμότητας που εισχωρεί στην ζώνη 'fraction radiant' με τυπική τιμή 0.42 και η τιμή του κλάσματος θερμότητας από τα φώτα που εισχωρεί στην ζώνη ως ορατή ακτινοβολία 'fraction visible' με τυπική τιμή 0.18.

Η εισαγωγή όλων των παραπάνω στοιχείων στο πρόγραμμα γίνεται από την καρτέλα 'internal gains' και 'lights' όπως φαίνεται στην εικόνα 4.22

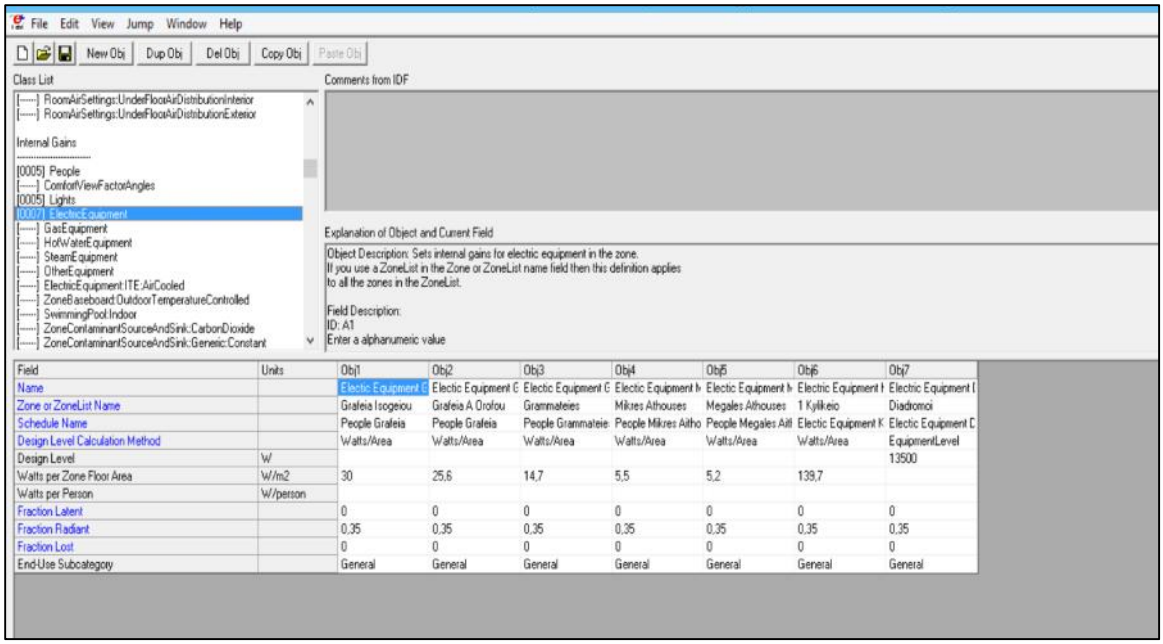


Εικόνα 4.22: Εισαγωγή Τεχνητού Φωτισμού από την καρτέλα 'Internal Gains' και 'Lights'

4.4.6.3. Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός

Επιπλέον, θερμικά κέρδη προσδίδει στο κτίριο και ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι εκτυπωτές, τα ψυγεία κ.α. Προσδιορίστηκε λοιπόν το σύνολο του ηλεκτρονικού εξοπλισμού των γραφείων, των γραμματειών, των αιθουσών διδασκαλίας, των διαδρόμων και του κυλικείου και δόθηκε στο πρόγραμμα η τιμή της ισχύς του σε Watt/m^2 και σε Watt. Επιπλέον προσδιορίζεται η τιμή του κλάσματος θερμότητας που εισχωρεί στην ζώνη 'fraction radiant' με τυπική τιμή 0.35.

Η εισαγωγή των στοιχείων αυτών γίνεται από την καρτέλα 'internal gains' και 'electric equipment' όπως φαινεται στην εικόνα 4.23.



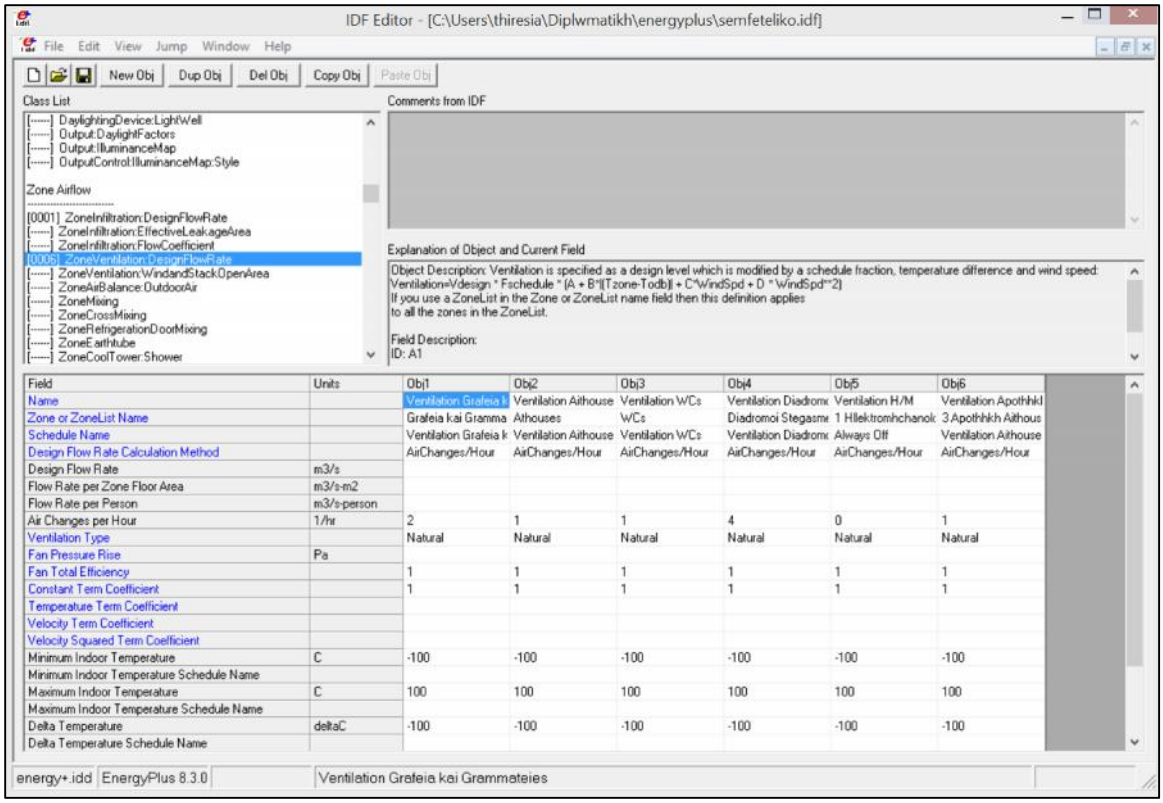
Εικόνα 4.23: Εισαγωγή Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού από την καρτέλα 'Internal Gains' και 'Electric Equipment'

4.4.7. Φυσικός Αερισμός

Στην συνέχεια εισάγουμε δεδομένα στο πρόγραμμα για τον φυσικό (ηθελημένο) αερισμό 'ventilation' ο οποίος είναι συνάρτηση των χρηστών και του χρονοδιαγράμματος με το οποίο εκείνοι επιτρέπουν τον αερισμό του κτιρίου.

Επιπλέον, δημιουργούμε κατάλληλα χρονοδιαγράμματα καθώς οι φοιτητές παρουσιάζουν μικρότερη διάθεση να ανοίξουν τα παράθυρα από τους εργαζομένους. Τα παραπάνω στοιχεία εισάγονται στο πρόγραμμα από την καρτέλα 'zone air flow' και 'zone ventilation design flow rate'.

Στο πρόγραμμα δίνουμε στοιχεία για το όνομα της ζώνης ή στην περίπτωση μας για το όνομα των ομαδοποιημένων ζωνών, το χρονοδιάγραμμα με το οποίο πραγματοποιείται ο φυσικός αερισμός από τους χρήστες καθώς και την μέθοδο με την οποία θα γίνει ο υπολογισμός 'design flow rate calculation method'. Στο πεδίο αυτό έγινε η επιλογή των εναλλαγών αέρα ανά ώρα 'AirChanges/Hour'. Για τις αίθουσες και τις τουαλέτες επιλέγουμε την τιμή 1, για τα γραφεία όπου ο αερισμός είναι καλύτερος επιλέγεται η τιμή 2 και για τους διαδρόμους επιλέγεται η τιμή 4 καθώς οι πόρτες εισόδου παραμένουν αρκετά συχνά ανοιχτές.

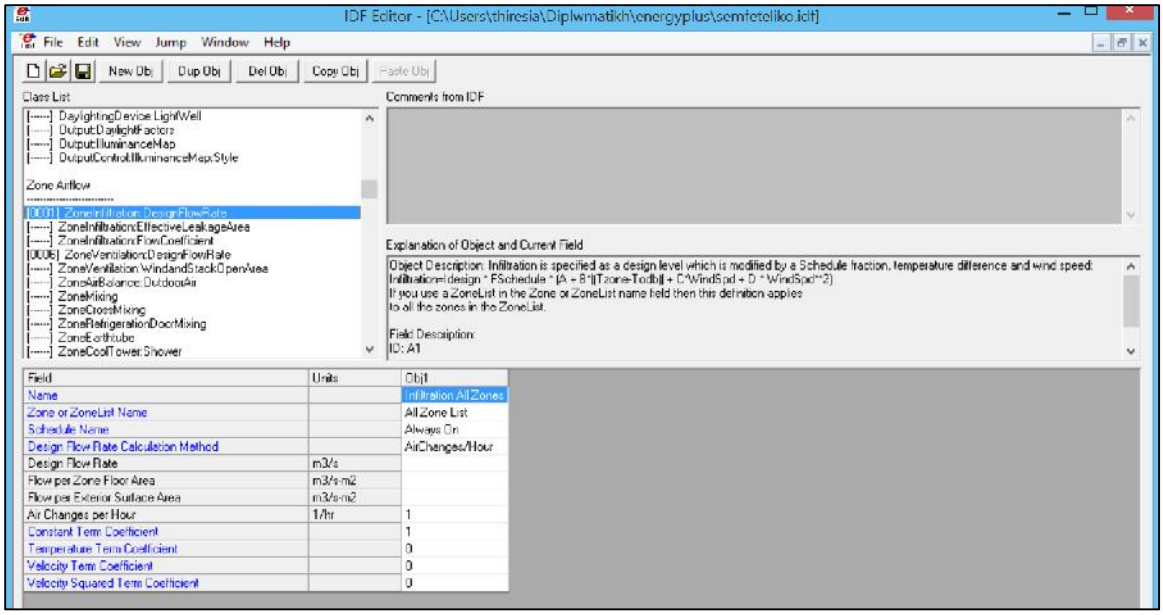


Εικόνα 4.24: Εισαγωγή Φυσικού Δροσισμού από την καρτέλα 'Zone Airflow' και 'Zone Ventilation Design Flow Rate'

4.4.8. Διείσδυση Αέρα από Τοίχους

Το επόμενο και τελευταίο βήμα είναι να εισάγουμε στο πρόγραμμα στοιχεία σχετικά με την διείσδυση αέρα από τους τοίχους, τον αθέλητο δηλαδή αερισμό που πραγματοποιείται στο κτίριο.

Η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται από την καρτέλα 'zone air flow' και 'zone infiltration design flow rate'. Στο πρόγραμμα θεωρήσαμε ότι διείσδυση αέρα στο κτίριο από τους τοίχους πραγματοποιείται καθ' όλη την διάρκεια του έτους και για όλες τις ζώνες με το μέγιστο ποσοστό της. Το χρονοδιάγραμμα που επιλέχτηκε για αυτό τον σκοπό είναι το 'schedule': 'Always on'.



Εικόνα 4.25: Εισαγωγή Διείσδυσης Αέρα από Τοίχους από την καρτέλα 'Zone Airflow' και 'Zone Infiltration Design Flow Rate'

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ 'ENERGY PLUS'

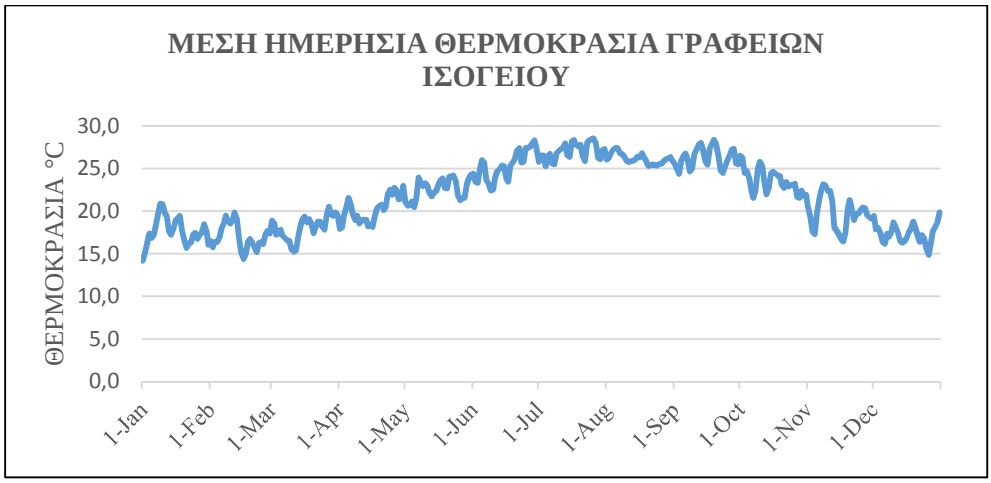
5.1. Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του κτιρίου στο πρόγραμμα 'Energy Plus'. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών για κάθε ζώνη ή ομαδοποιημένη ζώνη, τα κέρδη και οι απώλειες θερμότητας λόγω ανοιγμάτων και τα θερμικά κέρδη από χρήστες, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

5.2. Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία σε κάθε Ζώνη

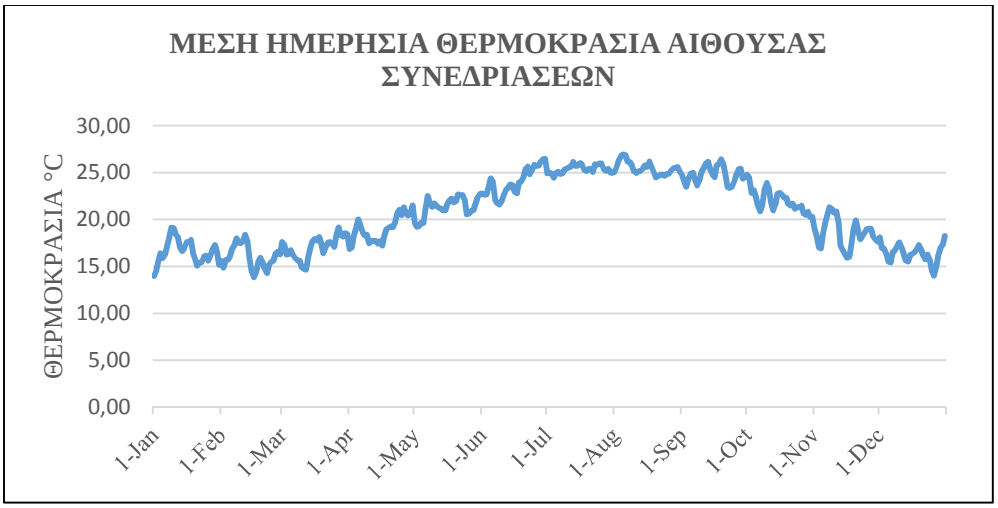
Από το πρόγραμμα 'Energy plus' αντλούμε αποτελέσματα για την μέση ημερήσια θερμοκρασία κάθε ζώνης ή ομαδοποιημένης ζώνης κατά την διάρκεια του έτους.

Ακολουθούν όλα τα αποτελέσματα υπό μορφή διαγραμμάτων.



Εικόνα 5.1: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείων ισογείου

Τα γραφεία του ισογείου βρίσκονται στην νότια πλευρά του κτιρίου με αποτέλεσμα οι θερμοκρασιακές μεταβολές να είναι σχετικά ήπιες χωρίς να παρατηρούνται πολύ χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα ή πολύ υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι.



Εικόνα 5.2: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας συνεδριάσεων

Το ίδιο ισχύει και για την αίθουσα συνεδριάσεων που βρίσκεται στην νοτιοανατολική πλευρά του ισογείου. Επίσης, το γεγονός ότι βρίσκονται στο ισόγειο και υπάρχουν δύο επίπλεον όροφοι οι οποίοι λειτουργούν ως μόνωση, συμβάλλει στην ύπαρξη ήπιων θερμοκρασιών.

Εικόνα 5.3: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κυλικείου

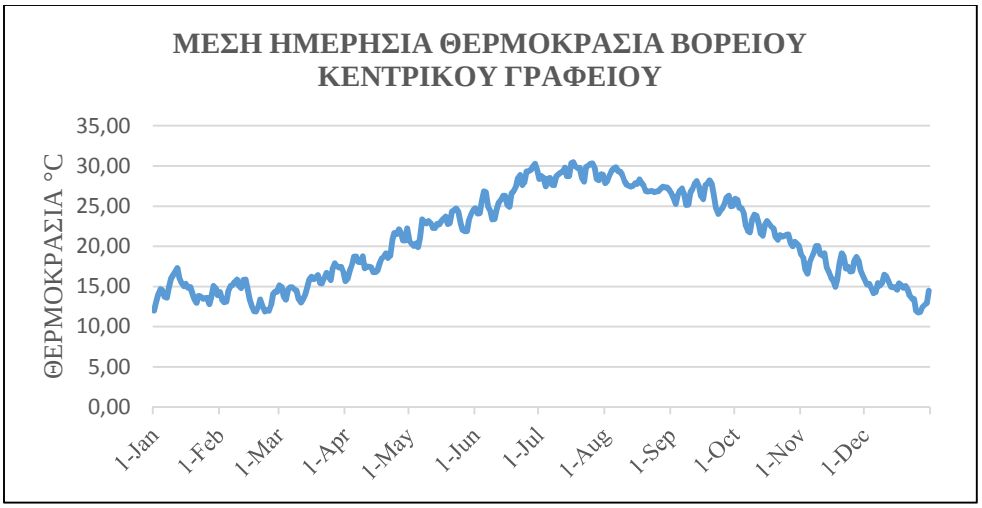
Στον χώρο του κυλικείου παρατηρούνται λίγο πιο έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές καθώς βρίσκεται στην βόρεια πλευρά του κτιρίου και οι θερμοκρασίες τον χειμώνα είναι χαμηλότερες.

Εικόνα 5.4: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου ισογείου και στεγασμένου χώρου

Στον διάδρομο και στον στεγασμένο χώρο του ισογείου, ομοίως με τους άλλους χώρους του ισογείου, τα θερμοκρασιακά άκρα δεν είναι τόσο έντονα χωρίς αυτό βέβαια να σημαίνει ότι είναι εντός των ορίων θερμικής άνεσης από 18°C έως 22°C.

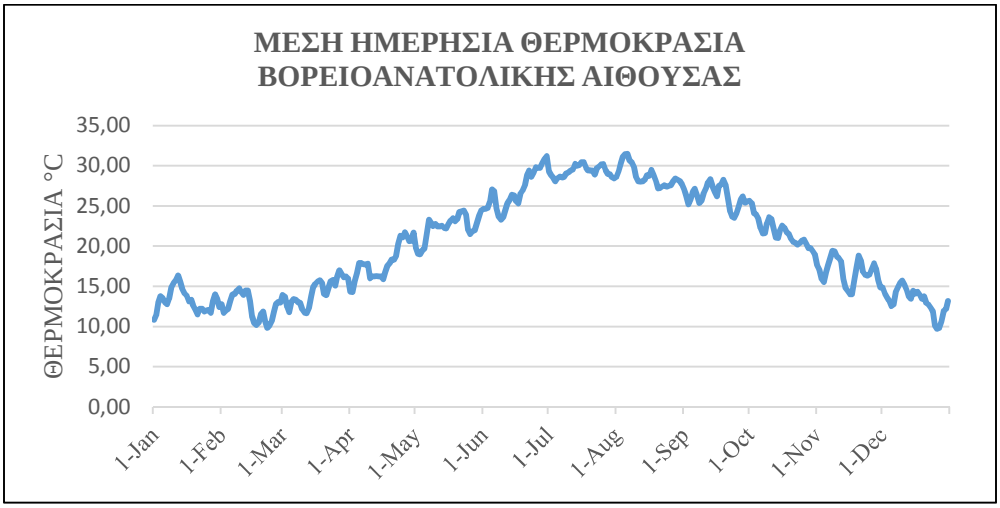
Εικόνα 5.5: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτίων γραφείων Ά ορόφου

Στα νότια γραφεία του Ά ορόφου τα θερμοκρασιακά επίπεδα ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες είναι αρκετά υψηλά με την θερμοκρασία να ξεπερνάει τους 30°C σχεδόν σε όλη την διάρκεια του καλοκαιριού.



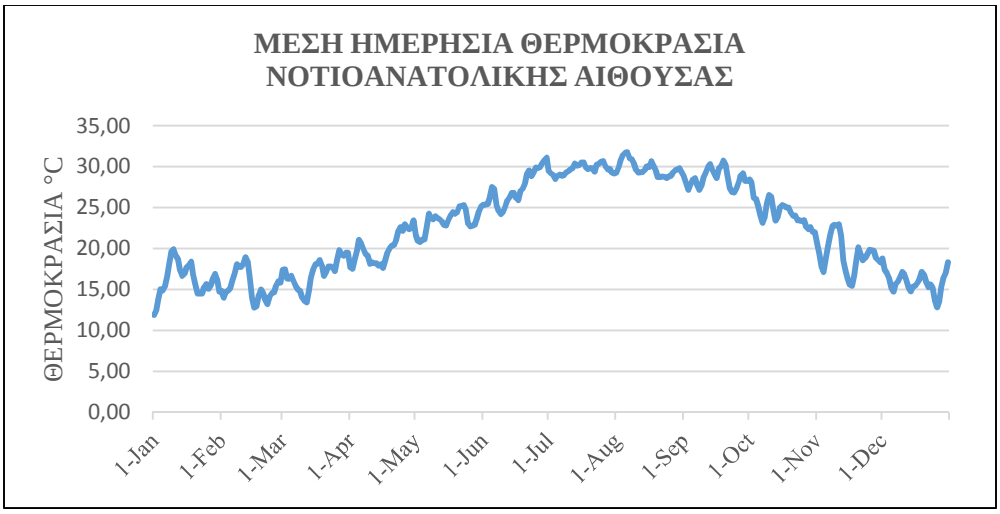
Εικόνα 5.6: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορείου κεντρικού γραφείου Ά ορόφου

Σε αντίθεση με τα νότια γραφεία το βόρειο γραφείο του Ά ορόφου παρουσιάζει ελαφρώς χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες αλλά και κατά τους χειμερινούς μήνες. Το μικρό άνοιγμα του παραθύρου αλλά και ο βόρειος προσανατολισμός του είναι στοιχεία που δημιουργούν τις δυσχερείς αυτές συνθήκες.



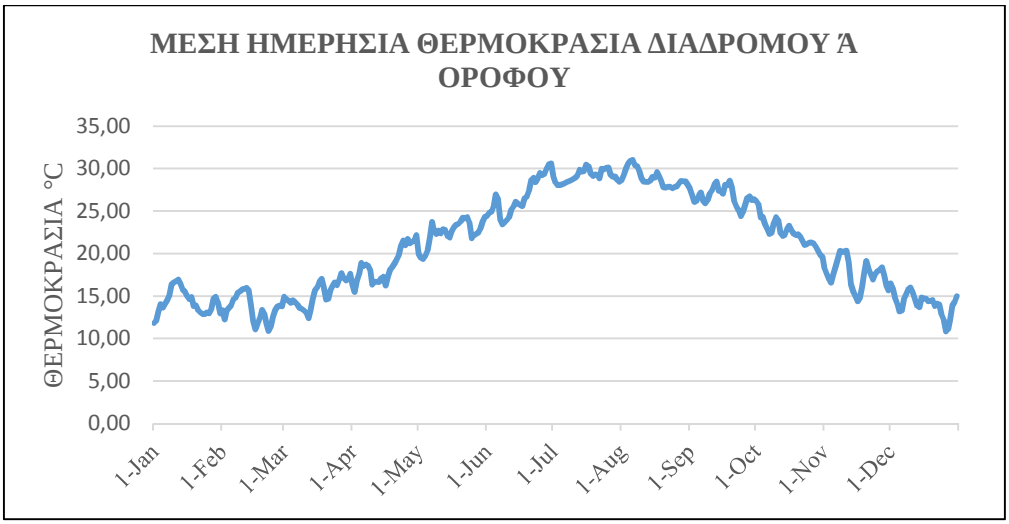
Εικόνα 5.7: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου

Στην βορειοανατολική αίθουσα η θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από τους 10°C κάποιες ημέρες του χειμώνα, φαίνεται όμως να έχει ελαφρώς υψηλότερες θερμοκρασίες από το βόρειο κεντρικό γραφείο κατά τους θερινούς εξαιτίας των μεγάλων ανοιγμάτων που λειτουργούν ως παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης συλλέγοντας ηλιακή ακτινοβολία.



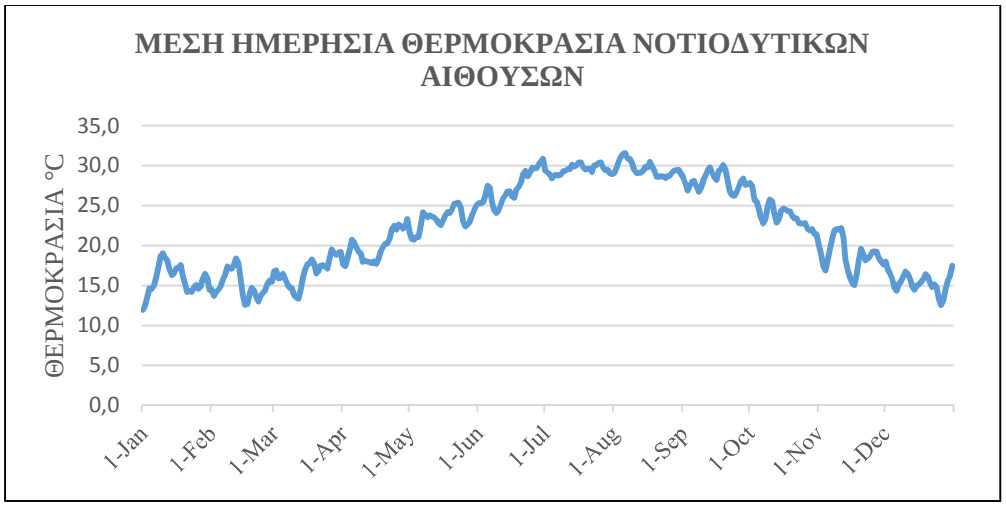
Εικόνα 5.8: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου

Στην νοτιοανατολική αίθουσα εξαιτίας του προσανατολισμού της η θερμοκρασία κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι αρκετά υψηλότερη με ελάχιστη θερμοκρασία τους 12°C. Τους θερινούς μήνες όμως η θερμοκρασία είναι πάνω από 30°C και οι συνθήκες στην αίθουσα είναι άσχημες με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται περισσότερη ενέργεια για ψύξη.



Εικόνα 5.9: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου Ά ορόφου

Τα λίγα ανοίγματα του διαδρόμου οδηγούν σε χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα κοντά στους 11°C, αρκετά χαμηλότερα από τα επίπεδα θερμικής άνεσης. Επίσης το γεγονός ότι σε ένα μεγάλο του κομμάτι του δεν υπάρχει άλλος όροφος από πάνω οδηγεί σε υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι.

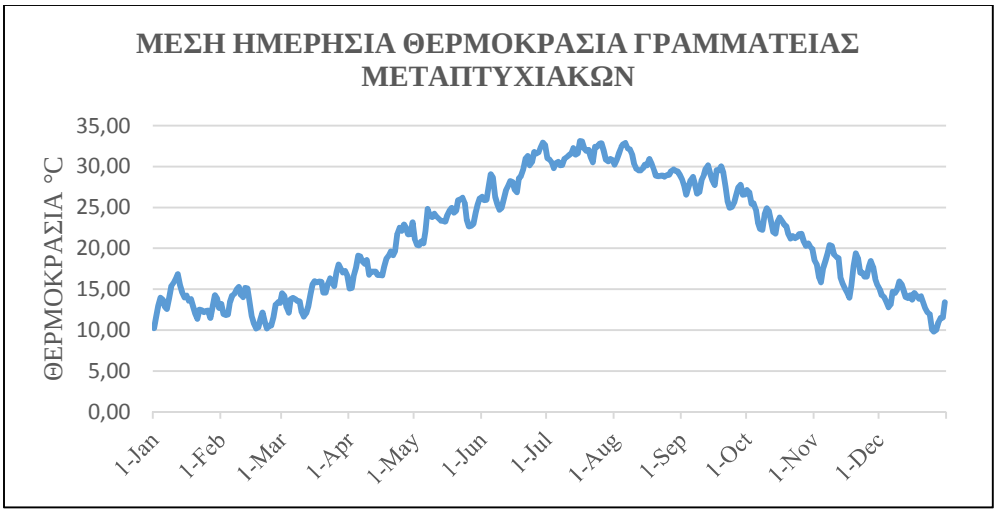


Εικόνα 5.10: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου

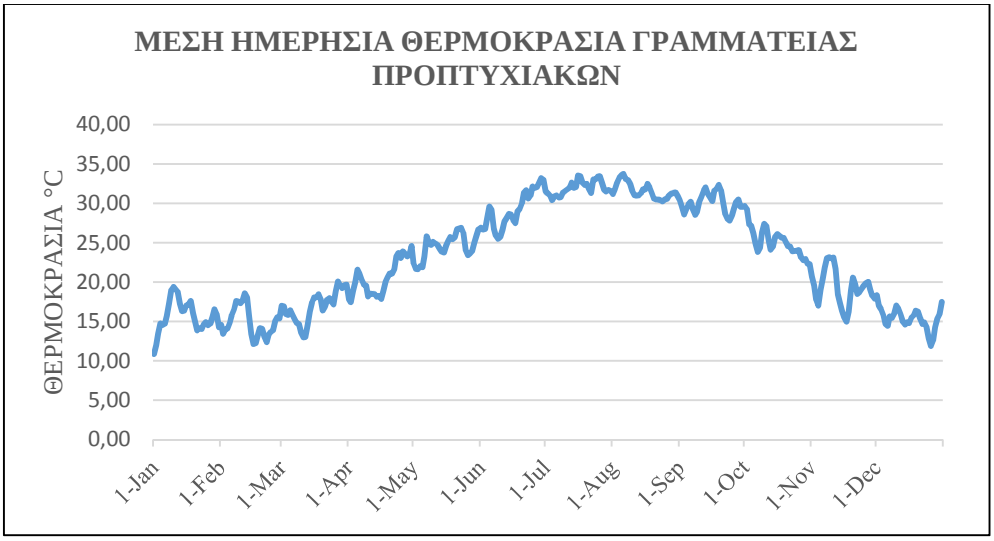
Στις νοτιοδυτικές αίθουσες τα επίπεδα της θερμοκρασίας το καλοκαίρι είναι υψηλά και η θερμοκρασία ξεπερνά τους 30°C δυσχεραίνοντας τους χρήστες και οδηγώντας σε μεγάλη ανάγκη για ψύξη του χώρου.

Εικόνα 5.11: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου

Λόγω του βόρειου προσανατολισμού τους οι βορειοδυτικές αίθουσες έχουν σταθερά διαφορά 2°C χαμηλότερα από τις νοτιοδυτικές αίθουσες διδασκαλίας, τόσο το καλοκαίρι όσο και τον χειμώνα, γεγονός που διευκολύνει τις συνθήκες τους καλοκαιρινούς μήνες αλλά προκαλεί έντονη ανάγκη για θέρμανση κατά την διάρκεια του χειμώνα.



Εικόνα 5.12: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας μεταπτυχιακών ΄Β ορόφου



Εικόνα 5.13: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας προπτυχιακών ΄Β ορόφου

Και στις δύο γραμματείες η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή τους θερινούς μήνες φτάνοντας τους 34°C και δημιουργώντας αρκετά αυξημένες ανάγκες για ψύξη το καλοκαίρι. Αλλά και τον χειμώνα η ανάγκη για θέρμανση είναι έντονη με την θερμοκρασία στους 12°C σε αρκετές ημέρες.

Εικόνα 5.14: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου ΄Β ορόφου

Εικόνα 5.15: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας ΄Β ορόφου

Η κατάσταση είναι παρόμοια και στον διάδρομο και στην αίθουσα του ΄Β ορόφου με ανώτατη θερμοκρασία το καλοκαίρι και πάλι στους 34°C και κατώτερη στου 10°C τιμή αρκετά μακριά από το όριο θεμικής άνεσης των 18°C.

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα συνολικά συμπεραίνουμε ότι:

- Οι νότιοι χώροι και ιδιαίτερα οι χώροι του ισογείου παρουσιάζουν λόγω του προσανατολισμού τους καλύτερη συμπεριφορά τους χειμερινούς μήνες αφού η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από τον Νότο δημιουργεί ένα είδος παθητικού

ηλιακού συστήματος. Αντίθετα οι βόρειοι χώροι οι οποίοι λαμβάνουν έμμεσα την ηλιακή ακτινοβολία έχουν καθ' όλη την διάρκεια του χειμώνα χαμηλότερες θερμοκρασίες.

- Από την άλλη μεριά, οι νότιοι χώροι παρουσιάζουν φαινόμενα υπερθέρμανσης τους καλοκαιρινούς μήνες και κατ' επέκταση δυσφορίας στους χρήστες με εντονότερα προβλήματα στους χώρους του ΄Β ορόφου. Οι βορινοί χώροι συμπεριφέροντα λίγο καλυτέρα, αν και οι θερμοκρασίες και στις δύο περιπτώσεις απέχουν αρκετά από τα όρια θερμικής άνεσης των χρηστών.
- Τέλος, φαίνεται πως κανένας χώρος δεν έχει όφελος από τον νυχτερινό δροσισμό τους θερινούς μήνες μιας και κατά την διάρκεια της νύχτας τα παράθυρα παραμένουν κλειστά.

5.3. Κέρδη και Απώλειες Θερμότητας Λόγω Ανοιγμάτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα ανοίγματα λειτουργούν ως ένα είδος παθητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης προσδίδοντας θερμότητα στον χώρο όταν η ακτινοβολία του ήλιου εισέρχεται από αυτά. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού των κερδών ή των απωλειών αυτών [κατά ISO-9164 , με υποδείξεις της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) και κατά DIN 4701/77].

Κατά DIN 4701/77 οι απώλειες θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου υπολογίζονται από τη σχέση [51] :

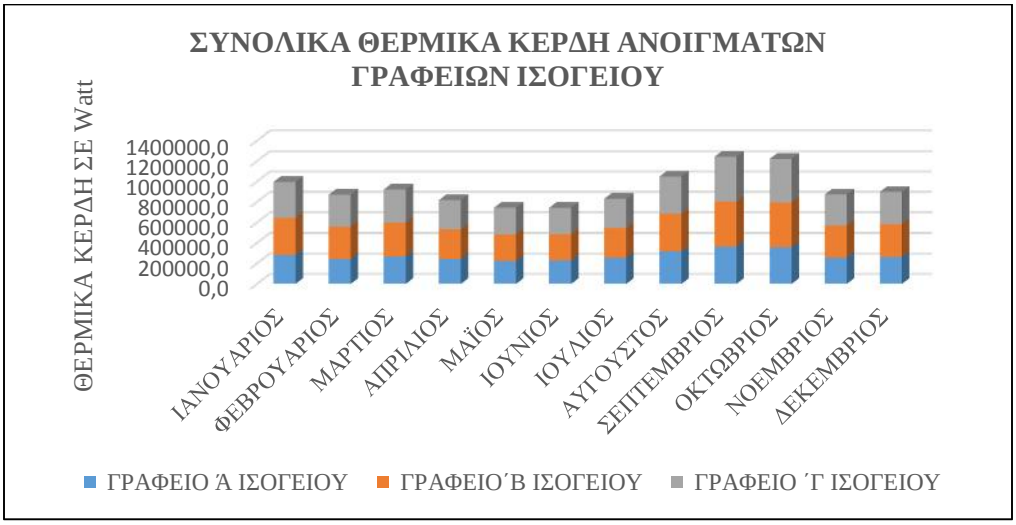
$Q_o = k * F * (t_i - t_a) + Z_H + Z_D$ (Kcal/h), όπου:

- k (kcal/m^2 ^oC) είναι ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του στοιχείου. Στην μελέτη θερμικών απωλειών ο k μπορεί να ληφθεί μεγαλύτερος από αυτόν που έχει υπολογιστεί στην μελέτη θερμομόνωσης με γνώμονα την γήρανση της μόνωσης με την πάροδο του χρόνου.
- F (m^2) είναι το εμβαδόν του στοιχείου.
- t_i (^oC) είναι η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου
- t_a (^oC) είναι η θερμοκρασία στην εξωτερικής πλευρά του στοιχείου
- Z_D : Προσαύξηση λόγω διακοπής λειτουργίας. Με βάση την τιμή *D* από τον τύπο: $D = Q_o/(F_{ges} * \Delta t)$, όπου F_{ges} η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο και Δt η διαφορά θερμοκρασίας $(t_i - t_a)$.
- Z_H : προσαύξηση λόγω προσανατολισμού με τιμές: -5 για Ν , ΝΔ, Ν
  +5 για Β, ΒΔ, ΒΑ
  0 για Δ και Α

Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα για τα συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη του κτιρίου από ανοίγματα και τα συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη για κάθε ζώνη ή ομαδοποιημένη ζώνη ξεχωριστά.

Εικόνα 5.16: Συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων

Τα συνολικά θερμικά κέρδη παρουσιάζονται ιδιαίτερα υψηλά σαν αποτέλεσμα της ύπαρξης πολλών αλλά και μεγάλων ανοιγμάτων στην νότια πλευρά του κτιρίου. Βέβαια, το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την πλήρη έλλειψη σκίασης των ανοιγμάτων οδηγεί στην ύπαρξη πολύ υψηλών θερμοκρασιών έως και 35 °C στο εσωτερικό του κτιρίου κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών.



Εικόνα 5.17: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων γραφείων ισογείου

Εικόνα 5.18: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων αίθουσας συνεδριάσεων

Τα κέρδη θερμότητας λόγω ανοιγμάτων στους νότιους χώρους του ισογείου φαίνονται αρκετά μεγάλα γεγονός που δικαιολογεί απόλυτα τις υψηλές θερμοκρασίες.

Εικόνα 5.19: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων κυλικείου

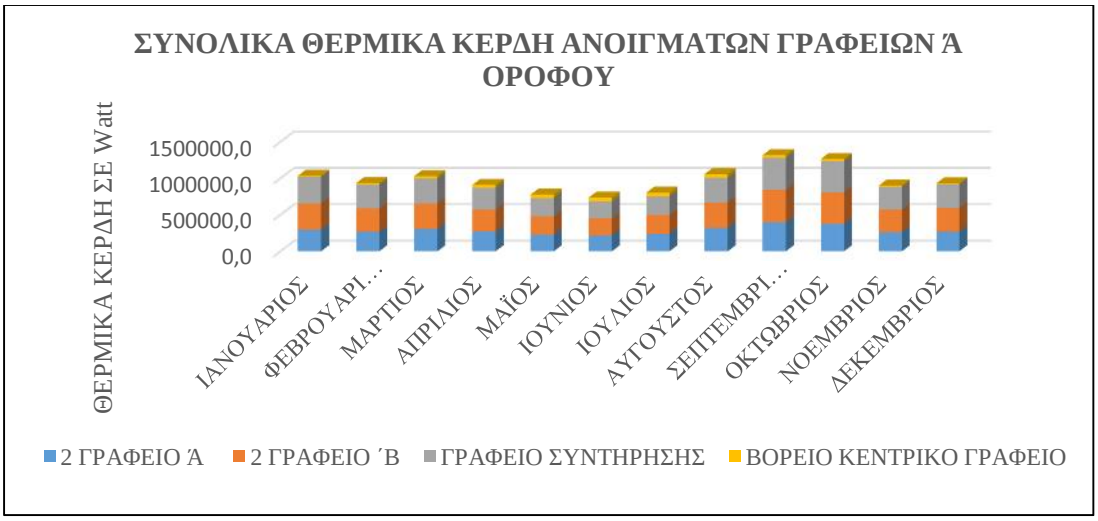
Αντίθετα, βλέπουμε ότι το κυλικείο που βρίσκεται στην βόρεια πλευρά του κτιρίου παρουσιάζει εξαιρετικά χαμηλά κέρδη θερμότητας από ανοίγματα γεγονός που εξηγεί τις χαμηλές του θερμοκρασίες κατά τον χειμώνα σε σύγκριση με τα γραφεία και την αίθουσα συνεδριάσεων.

Εικόνα 5.20: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων βορειοδυτικών αιθουσών

Αντίστοιχα και στις βορειοδυτικές αίθουσες παρουσιάζονται χαμηλά θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων. Παρά την ύπαρξη διπλών υαλοπινάκων δεν συγκρατούνται τα απαραίτητα θερμικά κέρδη και άρα η θερμοκρασία παραμένει σε χαμηλά επίπεδα.

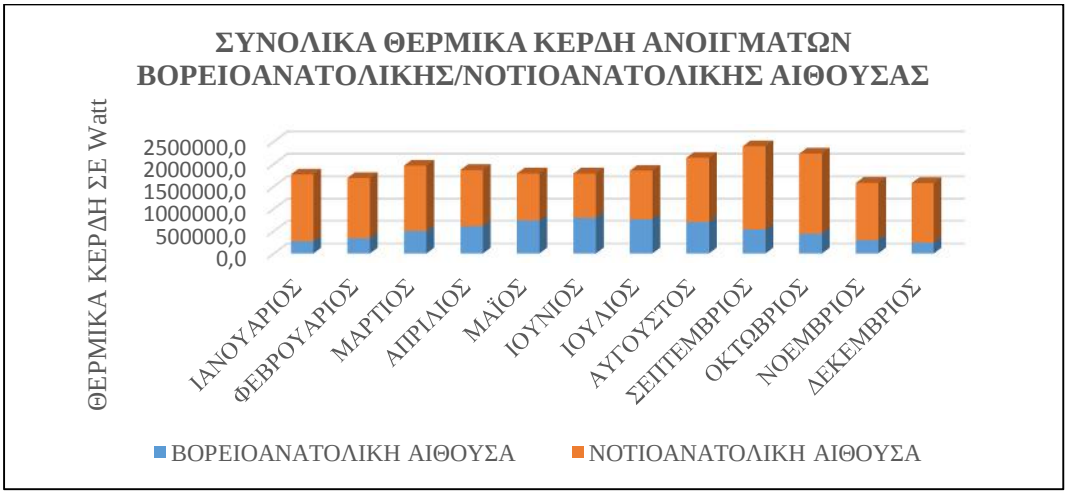
Εικόνα 5.21: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων νοτιοδυτικών αιθουσών

Οι νοτιοδυτικές αίθουσες διαθέτουν αρκετά μεγάλα ανοίματα χωρίς σκίαση με αποτέλεσμα τα θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων να είναι αρκετά υψηλά σε όλη την διάρκεια του έτους.



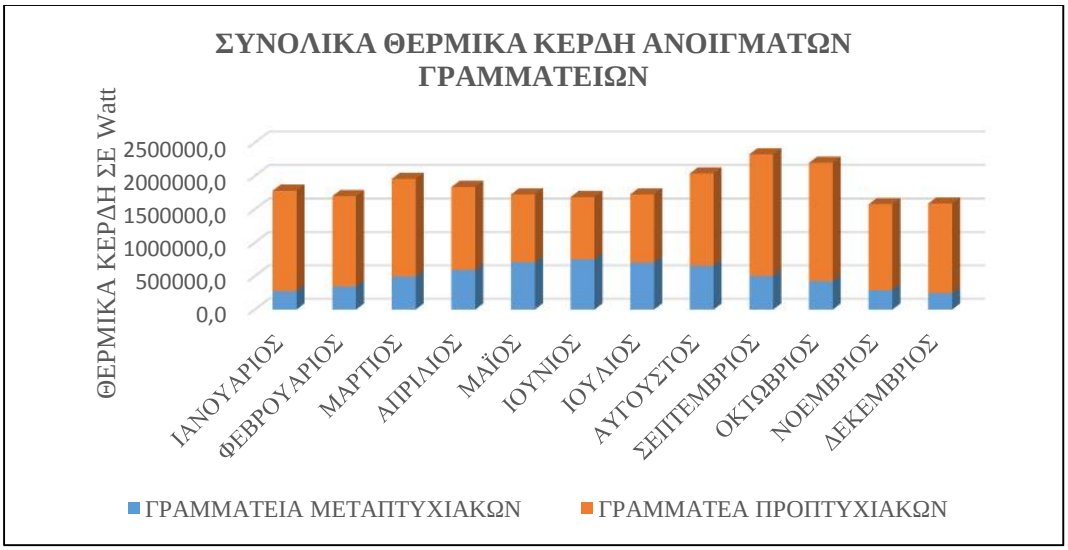
Εικόνα 5.22: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων γραφείων Ά ορόφου

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, τα νότια γραφεία εμφανίζουν μεγαλύτερα κέρδη θερμότητας λόγω ανοιγμάτων σε σχέση με το βόρειο γραφείο με σχεδόν μηδενικές τιμές θερμικών κερδών. Εκτός από τον προσανατολισμό, αυτό εξηγείται και από το γεγονός ότι το άνοιγμα του βόρειου γραφείου είναι κατά πολύ μικρότερο σε σχέση με αυτά των νοτίων γραφείων.



Εικόνα 5.23: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων βορειοανατολικής και νοτιοανατολικής αίθουσας διδασκαλίας Ά ορόφου

Παρόλο που η βορειοανατολική και η νοτιοανατολική αίθουσα έχουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό ανοιγμάτων με ίδιο μέγεθος είναι φανερό από το διάγραμμα ότι η θερμότητα που συγκρατείται στην νοτιοανατολική αίθουσα είναι μεγαλύτερη σε όλη την διάρκεια του έτους.



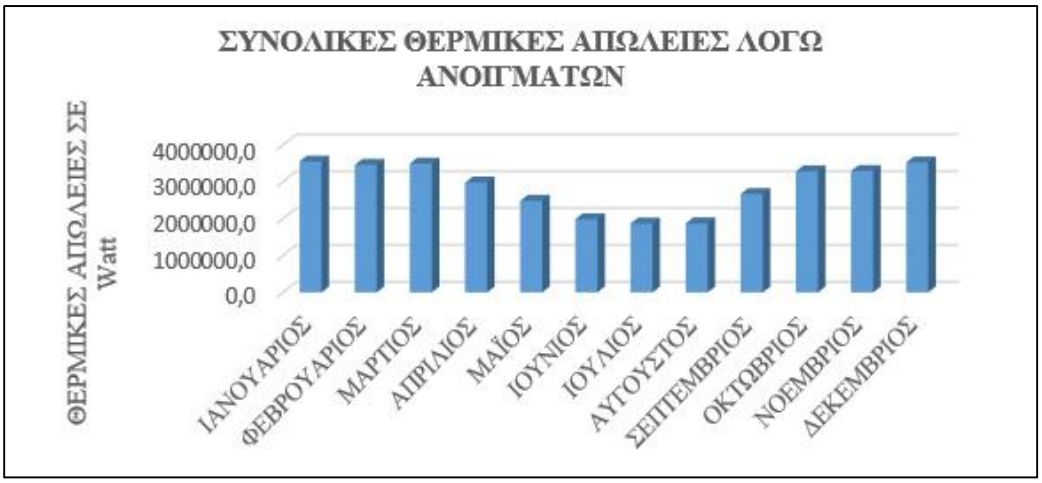
Εικόνα 5.24: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων γραμματείας μεταπτυχιακών και προπτυχιακών

Ακριβώς ίδια είναι η κατάσταση και στις γραμματείες του ΄Β ορόφου όπου οι διαφορές στα κέρδη θερμότητας μεταξύ της βόρειας γραμματείας και της νότιας είναι έντονες με αυτά της τελευταίας να είναι εξαιρετικά υψηλότερα.

Εικόνα 5.25: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων διαδρόμων ισογείου, Ά, ΄Β ορόφου και στεγασμένου χώρου ισογείου

Εικόνα 5.26: Θερμικά κέρδη λόγω ανοιγμάτων αίθουσας διδασκαλίας ΄Β ορόφου

Όπως βλέπουμε από τα διαγράμματα οι συνολικές θερμικές απώλειες διατηρούνται σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα, γεγονός που οφείλεται στην ύπαρξη διπλών υαλοπινάκων σε όλα τα ανοίγματα του κτιρίου, με αποτέλεσμα οι θερμοκρασίες στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου να μην είναι πολύ χαμηλές κατά την διάρκεια του χειμώνα. Βέβαια η περεταίρω μείωση τους θα μπορούσε να αυξήσει τις θερμοκρασίες τον χειμώνα και άρα να μειώσει την ανάγκη για θέρμανση.



Εικόνα 5.27: Συνολικές ετήσιες θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων

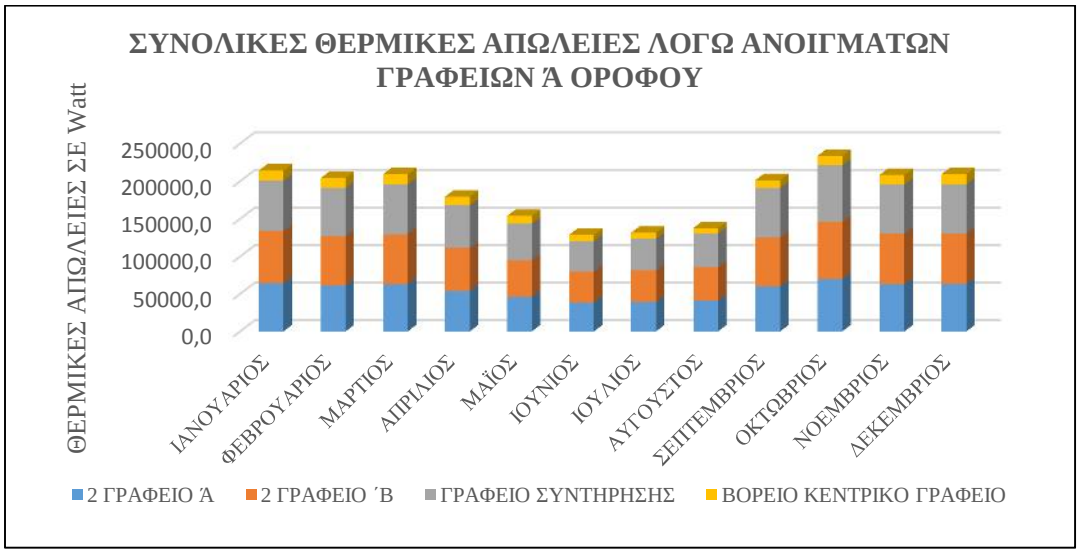
Εικόνα 5.28: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων γραφείων ισογείου

Εικόνα 5.29: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων αίθουσας συνεδριάσεων

Όπως είναι αναμενόμενο οι θερμικές απώλειες των νότιων χώρων του ισογείου παρουσιάζουν χαμηλές τιμές κατά την διάρκεια του καλοκαιριού αλλά και σχετικά περιορισμένες τιμές κατά τους χειμερινούς μήνες.

Εικόνα 5.30: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων κυλικείου

Από τα παραπάνω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι θερμικές απώλειες είναι σαφώς μικρότερες στο κυλικείο που διαθέτει μικρότερα ανοίγματα. Το καλοκαίρι τα επίπεδα των απωλειών είναι χαμηλά και για το κυλικείο.



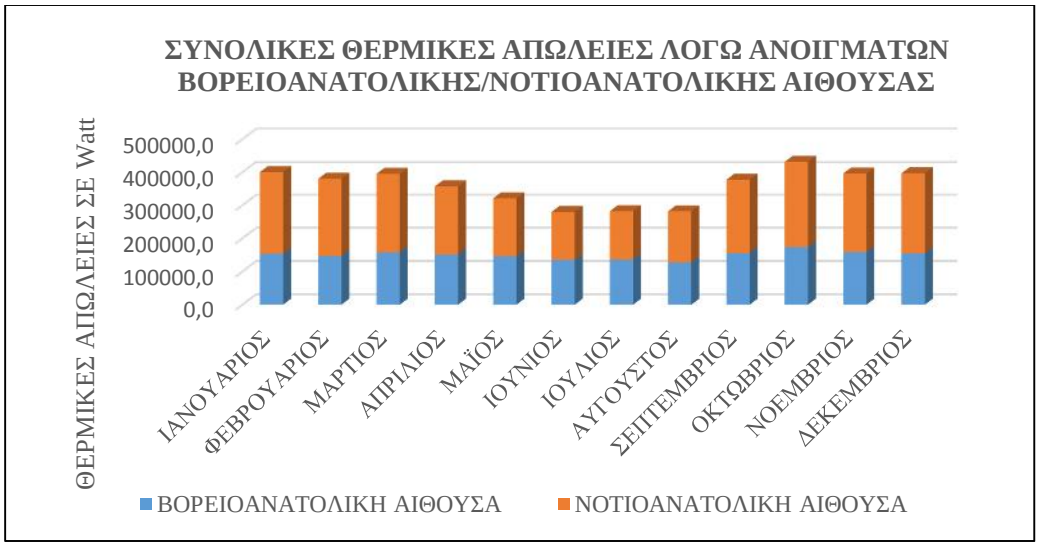
Εικόνα 5.31: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων γραφείων Ά ορόφου

Όμοια είναι η κατάσταση και στα νότια γραφεία του Ά ορόφου. Οι μικρές απώλειες θερμότητας του βορείου γραφείου εξηγούνται από το μικρό μέγεθός του ανοίγματος του.

Εικόνα 5.32: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων βορειοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου

Εικόνα 5.33: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου

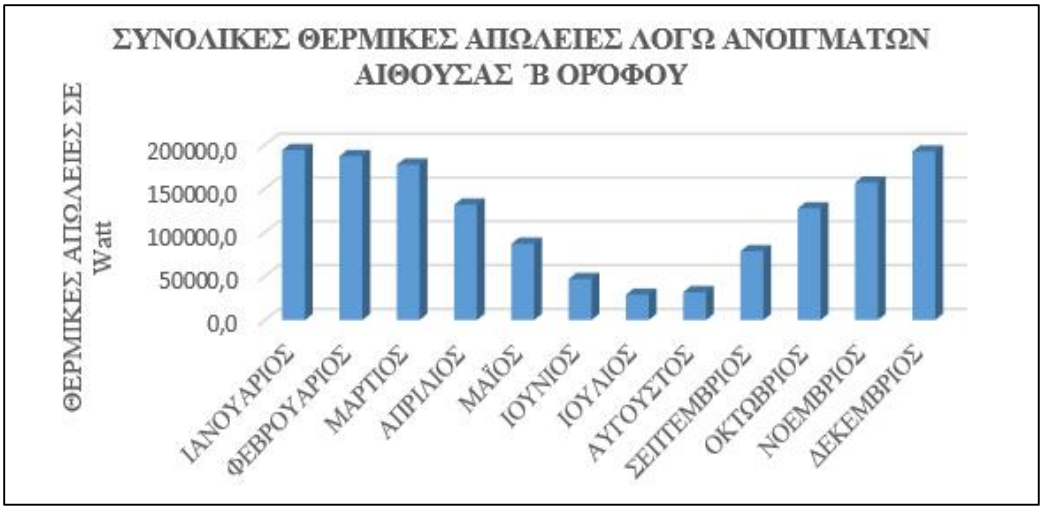
Εξίσου μεγάλες διαφοροποιήσεις στις θερμικές απώλειες παρατηρούνται και μεταξύ βορειοδυτικών και νοτιοανατολικών αιθουσών παρά το γεγονός ότι διαθέτουν ίδιο αριθμό και ίδιου μεγέθους ανοίγματα.



Εικόνα 5.34: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων βορειοανατολικής και νοτιοανατολικής αίθουσας διδασκαλίας Ά ορόφου

Εικόνα 5.35: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων γραμματείας μεταπτυχιακών και προπτυχιακών

Και στην περίπτωση των γραμματειών, η νότια γραμματεία εμφανίζει μεγαλύτερες απώλειες από την βόρεια. Βέβαια οι διπλοί υαλοπίνακες διατηρούν τις απώλειες σε χαμηλά επίπεδα.



Εικόνα 5.36: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων αίθουσας διδασκαλίας ΄Β ορόφου

Εικόνα 5.37: Θερμικές απώλειες λόγω ανοιγμάτων διαδρόμων ισογείου, Ά, ΄Β ορόφου και στεγασμένου χώρου ισογείου

5.4. Κέρδη Θερμότητας από Χρήστες / Τεχνητό Φωτισμό / Ηλεκτρονικό Εξοπλισμό

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι χρήστες, ο τεχνητός φωτισμός και ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός είναι παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική άνεση στον κάθε χώρο προσδίδοντας του θερμότητα.

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με την προσφορά θερμότητας της κάθε κατηγορίας για κάθε ομαδοποιημένη θερμική ζώνη.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ [KWatt]				
ΖΩΝΗ	**ΧΡΗΣΤΕΣ**	**ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ**	**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**	**ΣΥΝΟΛΟ**
ΓΡΑΦΕΙΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	92,1	831,0	4154,8	5077,9
ΑΙΘΟΥΣΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑΣΕΩΝ	487,9	1071,3	846,9	2406,1
ΚΥΛΙΚΕΙΟ	38,6	502,8	6623,5	7164,9
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΚΙΝΗΣΗΣ/ΣΤΕΓΑΣΜ-ΕΝΟΣ ΧΩΡΟΣ	901,8	11742,6	13193,4	25837,8
ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	460,8	1417,0	1184,8	3062,6
ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	460,8	1417,0	1184,8	3062,6
ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	487,9	1416,9	1120,1	3024,9
ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	487,9	2091,6	1653,0	4232,5
ΓΡΑΦΕΙΑ Ά ΟΡΟΦΟΥ	122,8	1074,1	4582,8	5779,7
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ	42,5	6299,4	7467,8	13809,7
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΩΝ	42,5	4267,3	5058,8	9368,6
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΄Β ΟΡΟΦΟΥ	487,9	1020,3	806,6	2314,8
ΣΥΝΟΛΟ	**4113,5**	**33151,3**	**47877,3**	**85142,1**

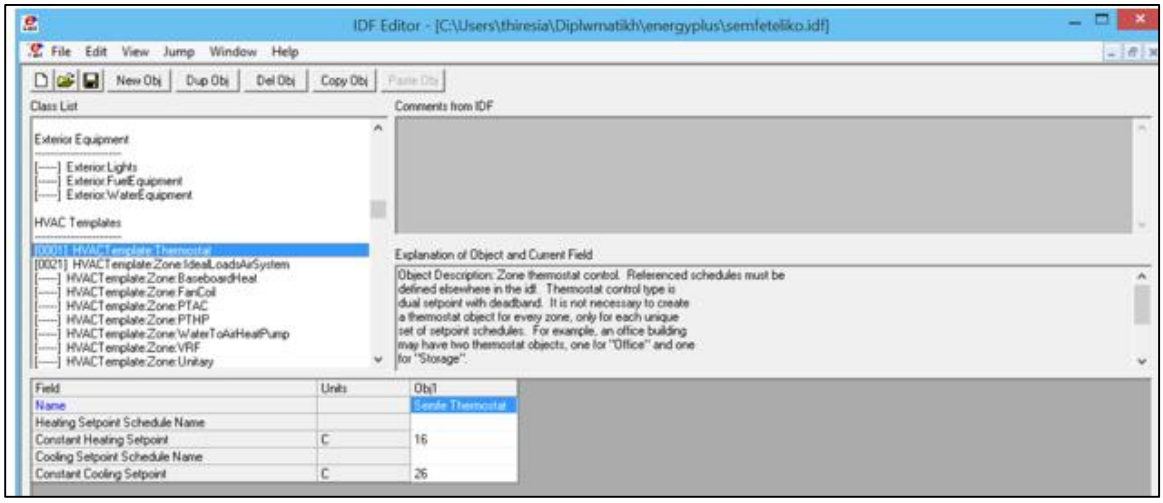
Πίνακας 5.1: Συνολικά ετήσια εσωτερικά θερμικά κέρδη κτιρίου

5.5. Ενεργειακή Κατανάλωση σε Θέρμανση και Ψύξη

Μέχρι το σημείο αυτό όλα τα αποτελέσματα που έχουν αντληθεί από το πρόγραμμα ‘Energy Plus’ δεν περιλαμβάνουν κάποιο μηχανολογικό σύστημα θέρμανσης και ψύξης. Προκειμένου λοιπόν να εξάγουμε στοιχεία από το πρόγραμμα αναφορικά με την

ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου εισάγουμε στο ‘Energy Plus’ ένα σύστημα HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning).

Η εισαγωγή των στοιχείων του μηχανολογικού αυτού συστήματος γίνεται από την καρτέλα ‘HVAC Templates’. Στην καρτέλα ‘HVAC Template : Thermostat’ δημιουργούμε τον θερμοστάτη ο οποίος ρυθμίζει τις θερμοκρασίες στις οποίες ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης και ψύξης.

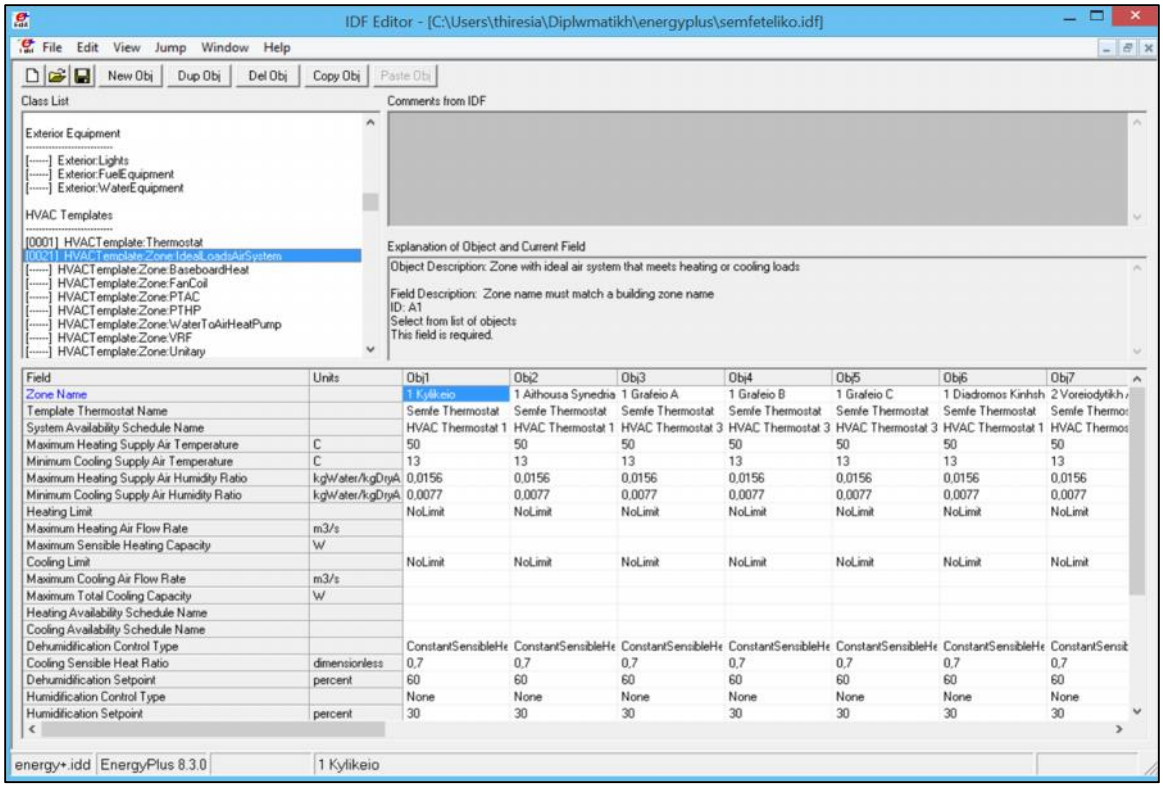


Εικόνα 5.38: Δημιουργία θερμοστάτη στην καρτέλα ‘HVAC Templates’ και ‘HVAC Template : Thermostat’

Στο πεδίο ‘Constant Heating Setpoint’ ορίζουμε την θερμοκρασία στην οποία ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης. Στην προσομοίωση μας η θερμοκρασία αυτή ορίστηκε στους 16°C. Αντίστοιχα στο πεδίο ‘Constant Cooling Setpoint’ ορίζουμε την θερμοκρασία στην οποία ενεργοποιείται το σύστημα ψύξης. Στην προσομοίωση μας η θερμοκρασία αυτή ορίστηκε στους 26°C.

Πρέπει ακόμα να αναφερθεί ότι το σύστημα ψύξης και θέρμανσης παραμένει εκτός λειτουργίας τις βραδινές ώρες αλλά και κατά την διάρκεια του Αυγούστου όπου το κτίριο δεν λειτουργεί. Για την παραπάνω λειτουργία του HVAC συστήματος δημιουργήθηκε κατάλληλο χρονοδιάγραμμα στην καρτέλα ‘schedules’.

Στην συνέχεια εισάγουμε στοιχεία στο πρόγραμμα σχετικά με το σε ποιες ζώνες λειτουργεί το HVAC σύστημα. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στην καρτέλα ‘HVAC Templates’ και ‘HVAC Templates: Zone: Ideal Loads Air System’.

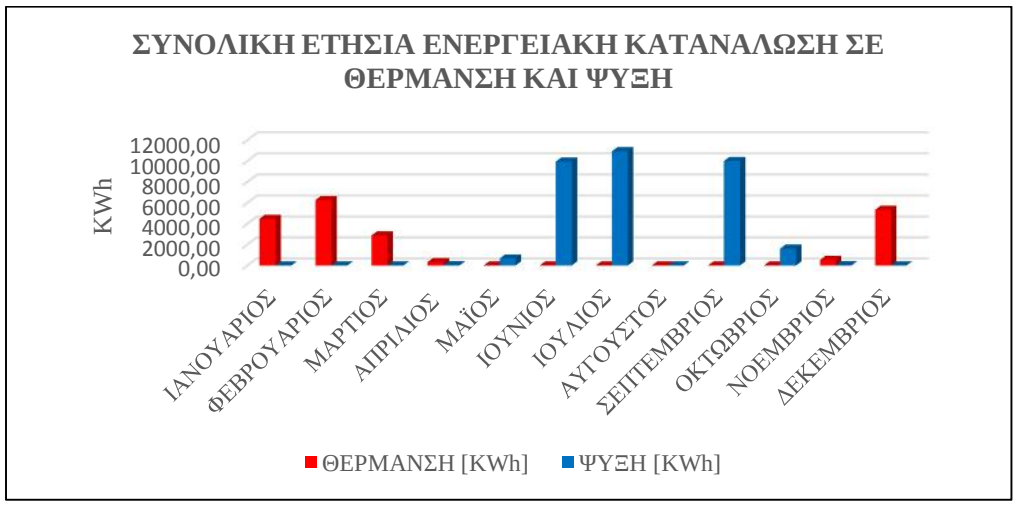


Εικόνα 5.39: Εισαγωγή δεδομένων στην καρτέλα 'HVAC Templates' και 'HVAC Templates: Zone: Ideal Loads Air System'

Παρακάτω εμφανίζονται πίνακες και διαγράμματα που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης και ψύξης συνολικά αλλά και για κάθε ζώνη ή ομαδοποιημένη ζώνη ξεχωριστά.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4457,09	0,00	4457,10
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6258,84	0,02	6258,86
ΜΑΡΤΙΟΣ	2867,14	0,01	2867,15
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	330,34	20,47	350,81
ΜΑΪΟΣ	0,19	670,47	670,67
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,02	9931,19	9931,21
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,01	10920,77	10920,78
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	9995,86	9995,86
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	1604,58	1604,58
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	528,01	15,36	543,37
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5321,16	0,04	5321,20
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**19762,81**	**33158,77**	**52921,58**

Πίνακας 5.2: Συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη



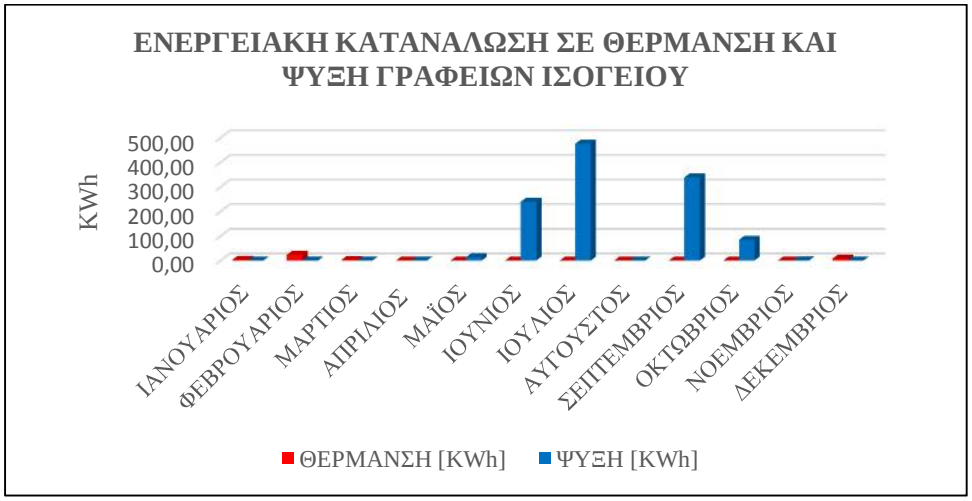
Εικόνα 5.40: Συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 5.2 το κτίριο καταναλώνει συνολικά 19762.81 KWh προκειμένου να θερμανθεί και 33158.77 KWh προκειμένου να ψυχθεί.

Αναλυτικά η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε κάθε ζώνη ή ομαδοποιημένη ζώνη φαίνεται παρακάτω.

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3,14	0,00	3,14
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	23,61	0,00	23,61
ΜΑΡΤΙΟΣ	2,60	0,00	2,60
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,03	0,12	0,15
ΜΑΪΟΣ	0,00	14,07	14,07
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	239,25	239,26
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	475,61	475,61
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	338,67	338,67
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	84,15	84,15
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,82	0,82
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7,63	0,00	7,63
ΣΥΝΟΛΟ[KWh]	**37,00**	**1152,69**	**1189,70**

Πίνακας 5.3: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση γραφείων ισογείου σε θέρμανση και ψύξη

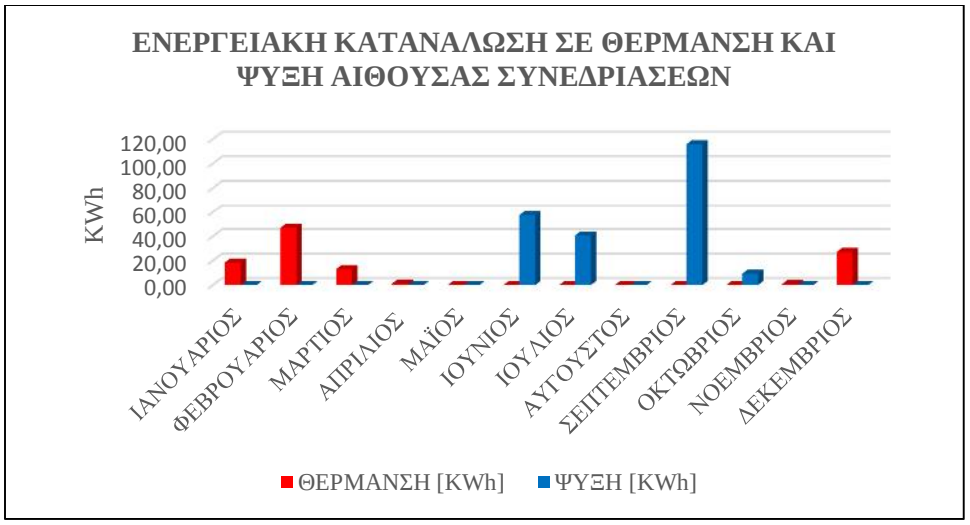


Εικόνα 5.41: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση γραφείων ισογείου σε θέρμανση και ψύξη

Παρατηρούμε ότι τα ήπια θερμοκρασιακά επίπεδα στους χώρους των γραφείων του ισογείου δεν απαιτούν μεγάλη κατανάλωση για θέρμανση παρά μόνο για ψύξη τους καλοκαιρινούς μήνες και τον Σεπτέμβριο.

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΣΥΝΕΔΡΙΑΣΕΩΝ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	18,45	0,00	18,45
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	47,06	0,00	47,06
ΜΑΡΤΙΟΣ	13,11	0,00	13,11
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1,12	0,00	1,12
ΜΑΪΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	57,42	57,42
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	40,69	40,69
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	115,81	115,81
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	9,23	9,23
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,76	0,00	0,76
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	27,22	0,00	27,22
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**107,72**	**223,16**	**330,88**

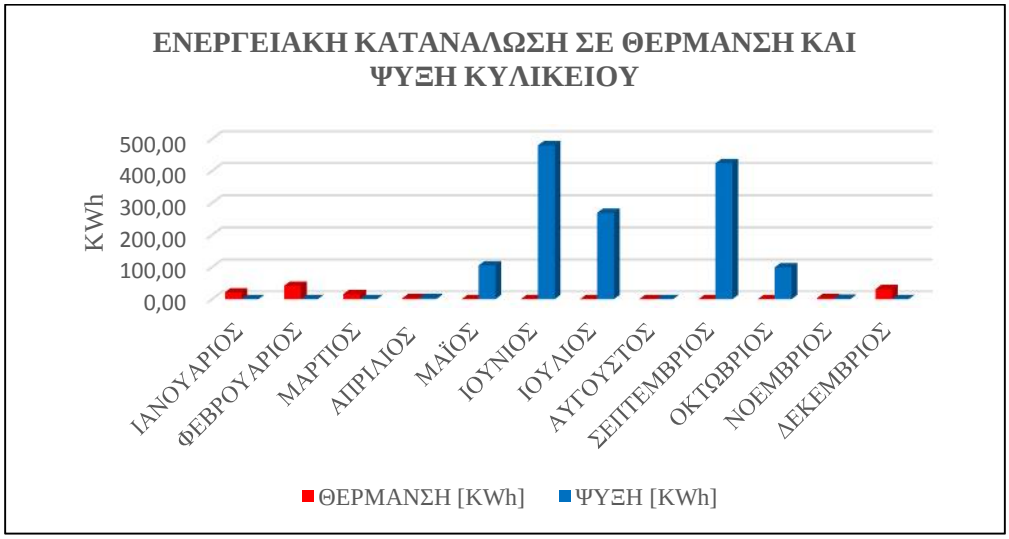
Πίνακας 5.4: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση αίθουσας συνεδριάσεων σε θέρμανση και ψύξη



Εικόνα 5.42: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση αίθουσας συνεδριάσεων σε θέρμανση και ψύξη

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΚΥΛΙΚΕΙΟΥ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	21,04	0,00	21,04
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	41,46	0,00	41,46
ΜΑΡΤΙΟΣ	15,54	0,00	15,54
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3,13	3,91	7,04
ΜΑΪΟΣ	0,00	105,08	105,08
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	479,24	479,24
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	268,60	268,60
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	423,60	423,60
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	99,01	99,01
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3,38	1,23	4,62
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31,17	0,00	31,17
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**115,72**	**1.380,68**	**1.496,40**

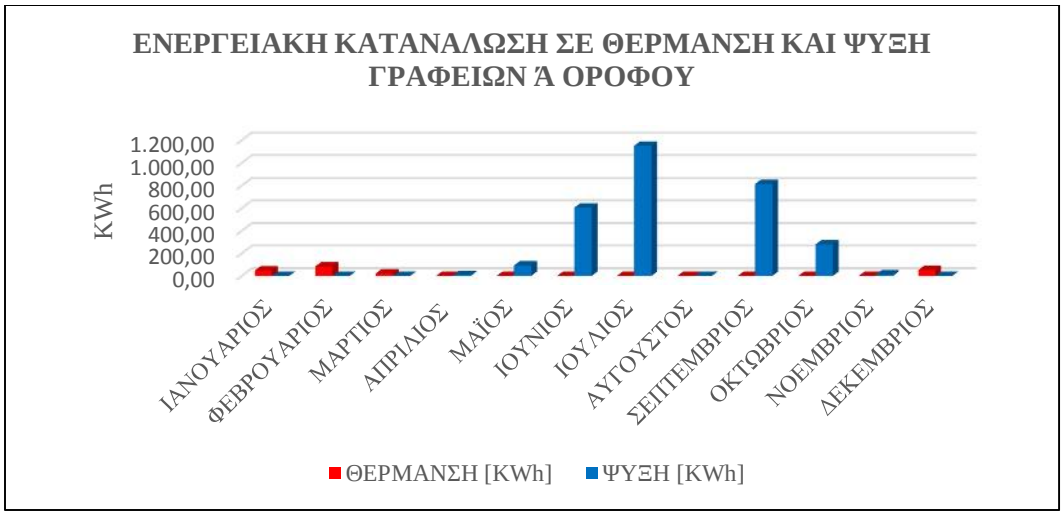
Πίνακας 5.5: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κυλικείου σε θέρμανση και ψύξη



Εικόνα 5.43: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κυλικείου σε θέρμανση και ψύξη

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΝΟΤΙΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ Ά ΟΡΟΦΟΥ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	46,97	0,00	46,97
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	83,34	0,00	83,34
ΜΑΡΤΙΟΣ	21,22	0,00	21,22
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,66	7,44	8,10
ΜΑΪΟΣ	0,00	92,31	92,31
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	605,33	605,33
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	1.150,97	1.150,97
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	814,20	814,20
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	279,15	279,15
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,01	13,25	13,26
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	52,71	0,00	52,71
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**204,91**	**2.962,64**	**3.167,55**

Πίνακας 5.6: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση γραφείων Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

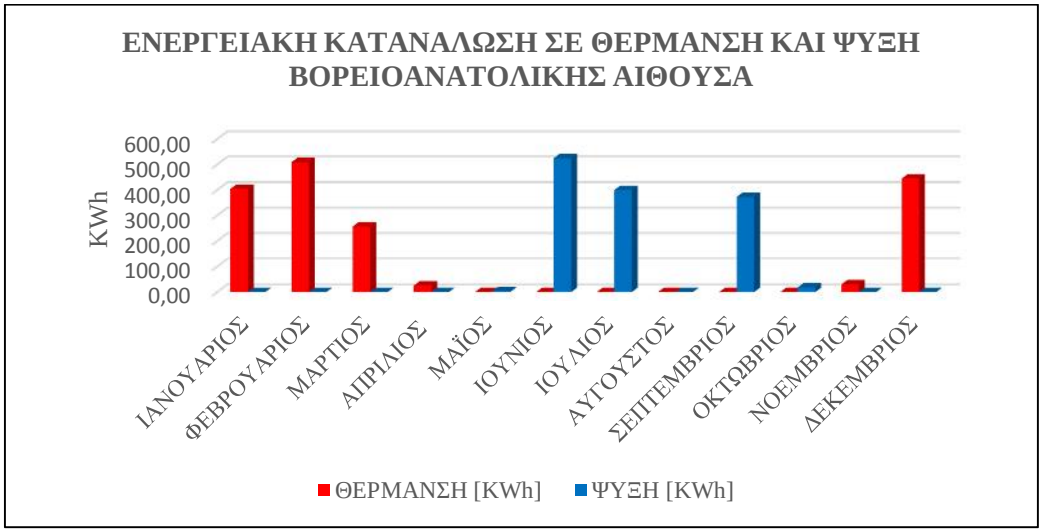


Εικόνα 5.44: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση γραφείων Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

Από τα αναλυτικά αποτελέσματα προκύπτει ότι το βόρειο γραφείο απαιτεί μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για θέρμανση από τα νότια γραφεία ενώ αντίθετα τα νότια γραφεία απαιτούν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για ψύξη.

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	404,10	0,00	404,10
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	509,24	0,00	509,24
ΜΑΡΤΙΟΣ	256,69	0,00	256,69
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	25,94	0,00	25,94
ΜΑΪΟΣ	0,00	3,97	3,97
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	524,62	524,63
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	399,59	399,59
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	372,59	372,59
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	18,67	18,67
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30,61	0,00	30,61
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	445,25	0,00	445,26
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**1671,83**	**1319,45**	**2991,28**

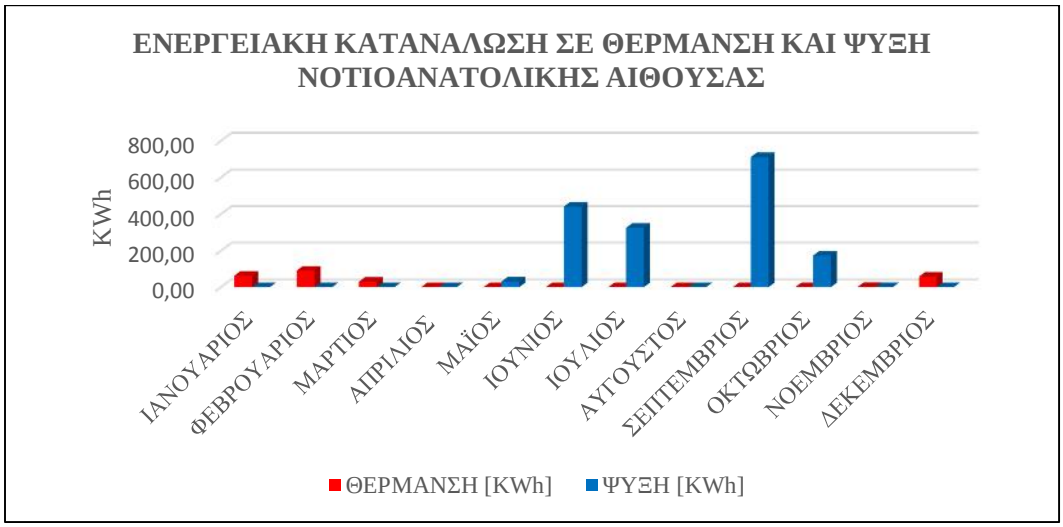
Πίνακας 5.7 Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση βορειοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη



Εικόνα 5.45: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση βορειοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	62,50	0,00	62,50
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	90,12	0,00	90,12
ΜΑΡΤΙΟΣ	30,06	0,00	30,06
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,41	0,19	0,60
ΜΑΪΟΣ	0,00	30,74	30,74
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	441,08	441,09
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	325,31	325,31
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	711,34	711,34
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	172,88	172,88
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,13	0,00	1,13
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	57,74	0,00	57,74
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**241,95**	**1681,55**	**1923,49**

Πίνακας 5.8: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση νοτιοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

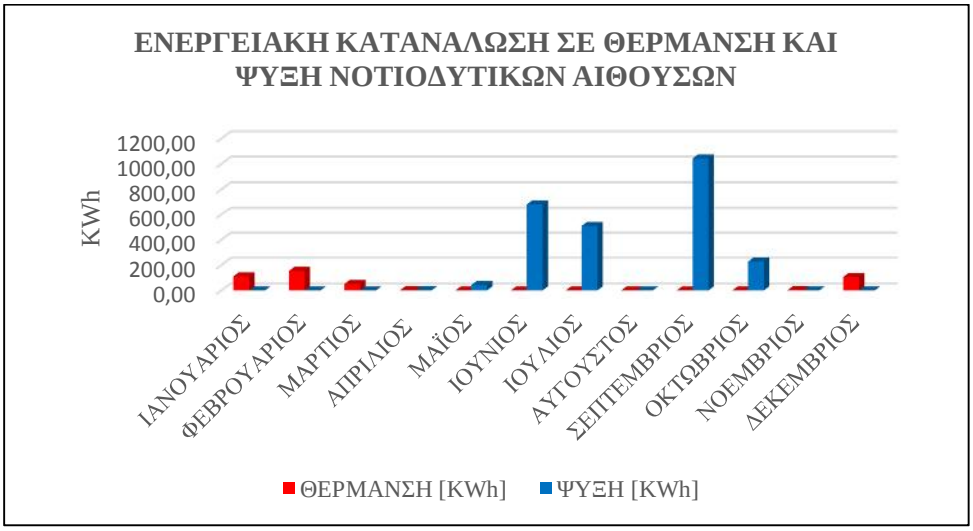


Εικόνα 5.46 : Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση νοτιοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και σε στις βορειοανατολική και νοτιοανατολική αίθουσες διδασκαλίας του Ά ορόφου. Οι ανάγκες της πρώτης για θέρμανση κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι φανερά μεγαλύτερες από εκείνες της δεύτερης. Από την άλλη πλευρά οι ανάγκες της νοτιοανατολικής αίθουσας για ψύξη ξεπερνάνε κατά πολύ αυτές της βορειοανατολικής.

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	110,79	0,00	110,79
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	153,03	0,00	153,03
ΜΑΡΤΙΟΣ	50,62	0,00	50,62
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,55	0,19	0,74
ΜΑΪΟΣ	0,00	41,67	41,67
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	681,38	681,38
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	507,21	507,21
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	1042,83	1042,83
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	227,18	227,18
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2,39	0,00	2,39
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	105,88	0,00	105,88
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**423,26**	**2500,44**	**2923,71**

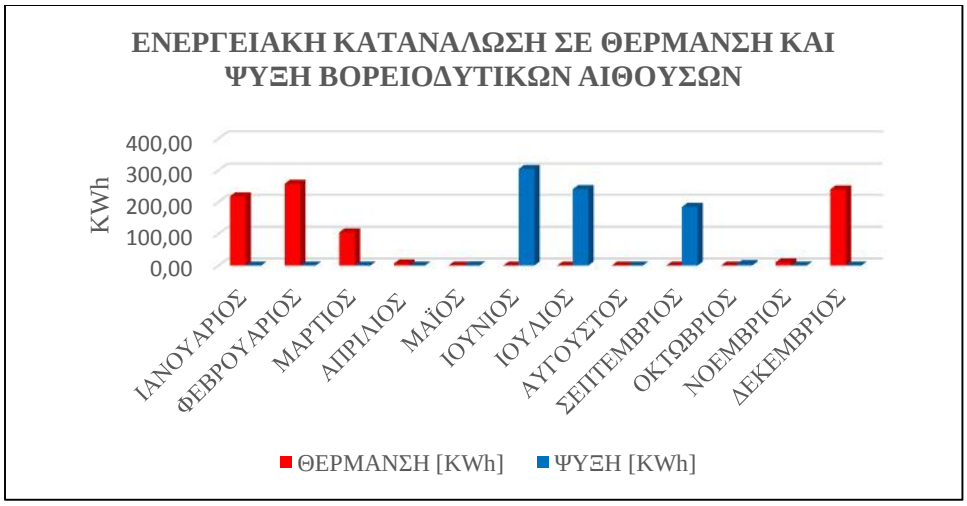
Πίνακας 5.9: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη



Εικόνα 5.47 : Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	218,45	0,00	218,45
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	258,20	0,00	258,20
ΜΑΡΤΙΟΣ	104,81	0,00	104,81
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6,43	0,00	6,43
ΜΑΪΟΣ	0,00	0,32	0,32
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	305,07	305,07
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	241,03	241,03
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	185,10	185,10
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	4,81	4,81
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	10,17	0,00	10,17
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	240,25	0,00	240,26
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**838,32**	**736,33**	**1574,66**

Πίνακας 5.10: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση βορειοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

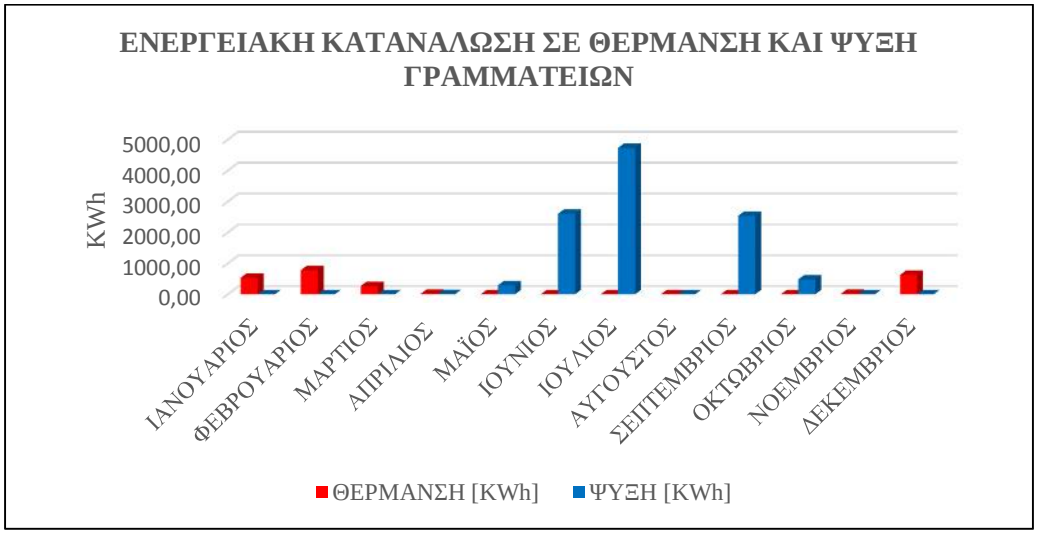


Εικόνα 5.48 : Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση βορειοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα, οι βορειοδυτικές αίθουσες φαίνεται πάλι να είναι περισσότερο ενεργοβόρες από τις νοτιοδυτικές όσον αφορά την θέρμανση ενώ το αντίθετο συμβαίνει όσον αφορά την ψύξη.

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΩΝ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	534,39	0,00	534,39
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	776,82	0,00	776,82
ΜΑΡΤΙΟΣ	265,96	0,00	265,96
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	16,50	7,52	24,02
ΜΑΪΟΣ	0,00	288,93	288,93
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	2605,75	2605,76
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	4732,73	4732,73
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	2538,80	2538,80
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	478,75	478,75
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	17,30	0,05	17,35
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	628,68	0,01	628,68
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**2239,66**	**10652,54**	**12892,20**

Πίνακας 5.11: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση γραμματειών ΄Β ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

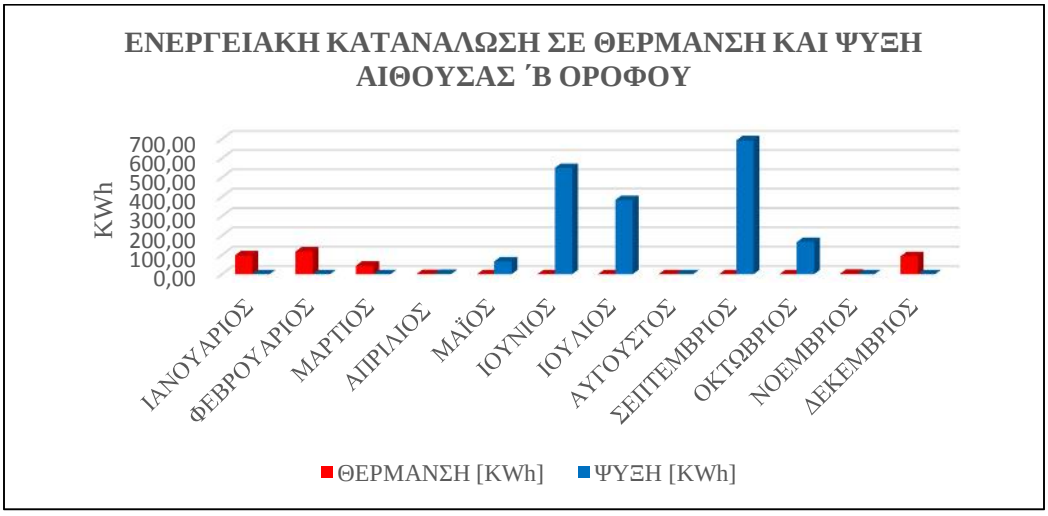


Εικόνα 5.49 : Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση γραμματειών ΄Β ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

Οι γραμματείες του ΄Β ορόφου παρουσιάζουν συνολικά εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση σε ψύξη φτάνοντας τις 10652,54 KWh ετησίως. Αυτό εξηγείται απόλυτα αφού όπως είδαμε και παραπάνω οι γραμματείες είναι οι χώροι του κτιρίου με τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες.

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΄Β ΟΡΟΦΟΥ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]	**ΨΥΞΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΟ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	97,48	0,00	97,48
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	117,18	0,00	117,18
ΜΑΡΤΙΟΣ	44,14	0,00	44,14
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,65	1,28	1,93
ΜΑΪΟΣ	0,00	66,60	66,60
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	549,46	549,46
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	383,18	383,18
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	692,44	692,44
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	165,93	165,93
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2,45	0,00	2,45
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	92,69	0,00	92,69
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**354,58**	**1858,89**	**2213,47**

Πίνακας 5.12: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση αίθουσας διδασκαλίας ΄Β ορόφου σε θέρμανση και ψύξη



Εικόνα 5.50 : Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση αίθουσας διδασκαλίας ΄Β ορόφου σε θέρμανση και ψύξη

Τέλος, αρκετά ενεργοβόρα όσον αφορά την ψύξη είναι και η αίθουσα του ΄Β ορόφου με ανάγκες που πλησιάζουν τις 1900 KWh ετησίως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΣΕΜΦΕ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

6.1. Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται μια σειρά από πιθανές επεμβάσεις που στόχο έχουν την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Κάθε μια από τις παρακάτω προτάσεις εξετάζεται ως αυτοτελής και σε κάθε πρόταση γίνεται σύγκριση των επιπέδων θερμοκρασίας που προκύπτουν με αυτά της παρούσας κατάστασης. Επιπλέον, υπολογίζονται εκ νέου οι απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου και κατ' επέκταση η εξοικονόμηση ενέργειας από την επέμβαση. Επίσης υπολογίζεται το κόστος της επέμβασης και το οικονομικό όφελος που προκύπτει από αυτή ώστε να διαπιστωθεί αν τελικά είναι επικερδής ή όχι.

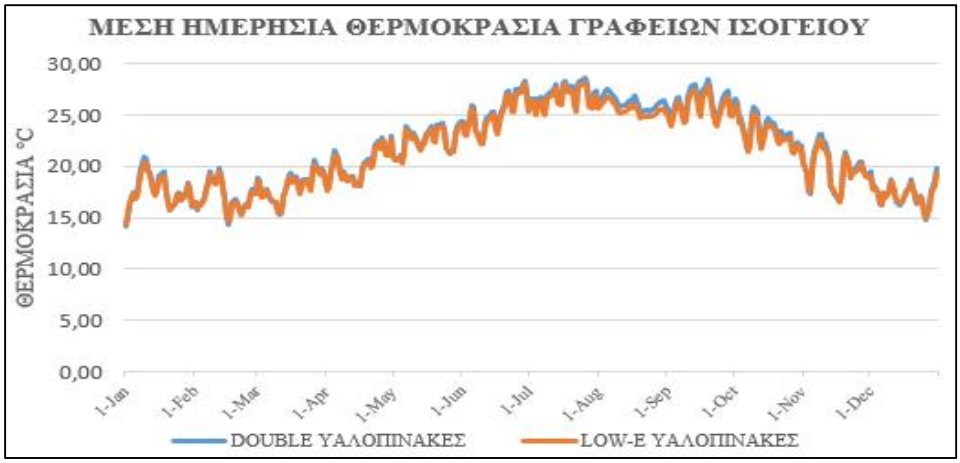
6.2. Αντικατάσταση Υπαρχόντων Υαλοπινάκων με Ενεργειακούς Υαλοπίνακες Χαμηλής Εκπομπής Low-E

Στην παρούσα του κατάσταση, το κτίριο αιθουσών διδασκαλίας της ΣΕΜΦΕ διαθέτει όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 4 διπλούς υαλοπίνακες σε όλα του τα ανοίγματα με πάχος 3mm καθαρό τζάμι στην εξωτερική τους πλευρά, 6mm συμπιεσμένο αέρα και 3mm καθαρό τζάμι στην εσωτερική τους πλευρά.

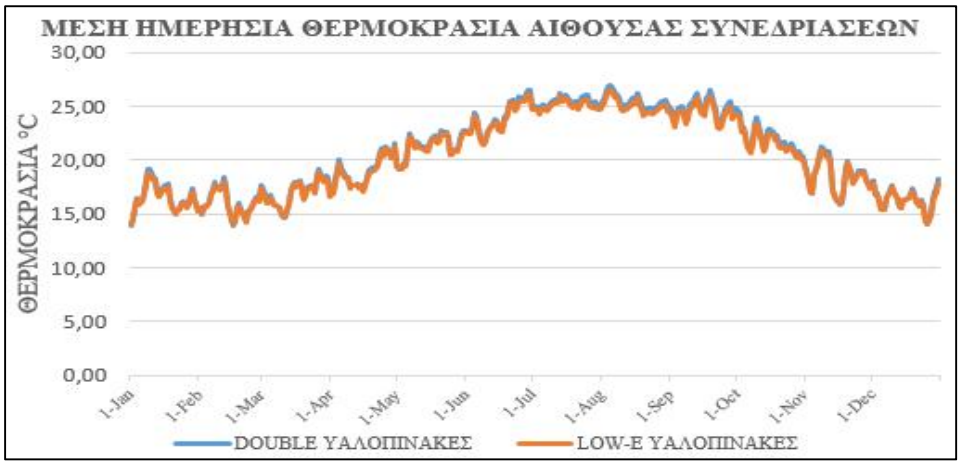
Προκειμένου το κτίριο να βελτιωθεί ενεργειακά εξετάζεται η αντικατάσταση των υπαρχόντων υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής Low-E. Οι ενεργειακοί υαλοπίνακες Low-E αποτελούνται από 6mm υαλοπέτασμα χαμηλής εκπομπής στην εξωτερική τους πλευρά, 13mm Αργό και 6mm καθαρό τζάμι στην εσωτερική τους πλευρά.

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων των Low-E υαλοπετασμάτων στο πρόγραμμα λαμβάνουμε εκ νέου τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες της κάθε ζώνης ή ομαδοποιημένης ζώνης και τις συγκρίνουμε με εκείνες της προηγούμενης κατάστασης.

Παρακάτω παρατίθενται συγκριτικά διαγράμματα θερμοκρασιών πριν και μετά τη τοποθέτηση των ενεργειακών υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (Low-E) για κάθε θερμική ζώνη η ομαδοποιημένη ζώνη.



Εικόνα 6.1 : Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείων ισογείου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων



Εικόνα 6.2 : Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας συνεδριάσεων πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.3 : Μέση ημερήσια θερμοκρασία κυλικείου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

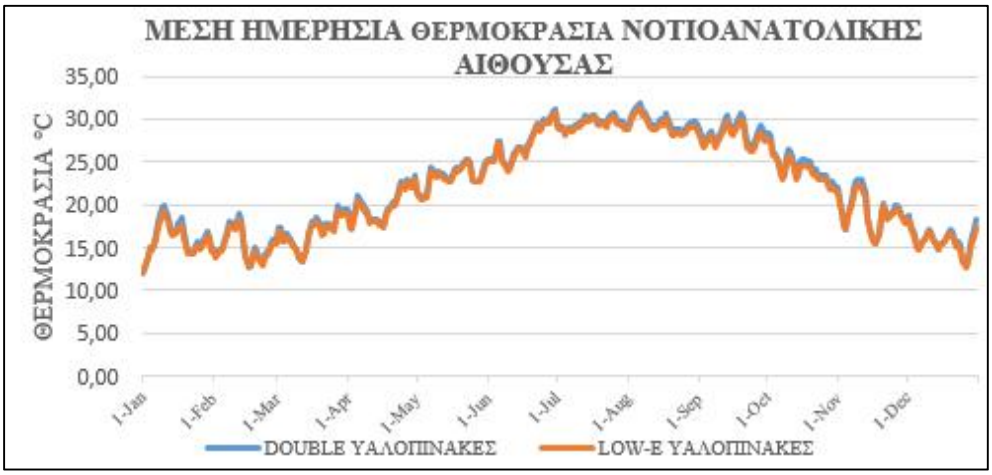
Εικόνα 6.4 : Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου/στεγασμένου χώρου ισογείου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.5 : Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτίων γραφείων Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

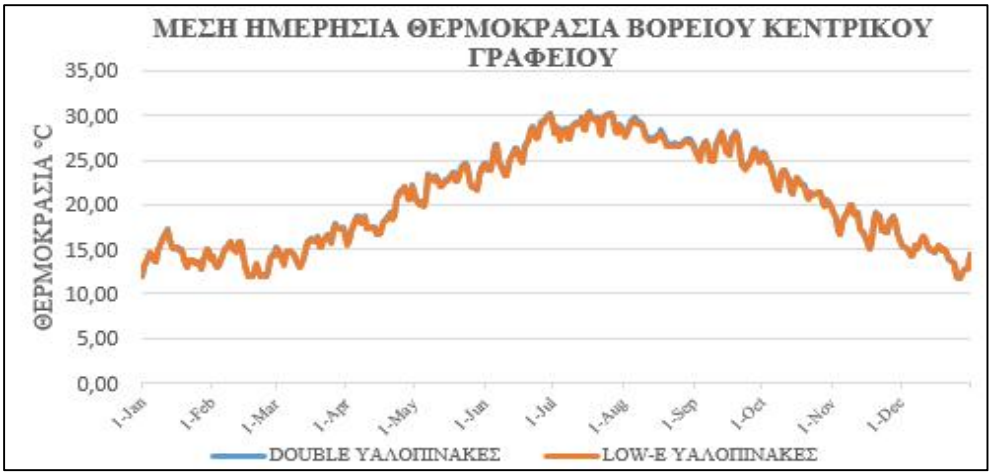
Εικόνα 6.6 : Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.7: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.8: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων



Εικόνα 6.9: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων



Εικόνα 6.10: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βόρειου γραφείου Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.11: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.12: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας ΄Β ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.13: Μέση ημερήσια γραμματείας μεταπτυχιακών πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.14: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας προπτυχιακών πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων

Εικόνα 6.15: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου ΄Β ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκω

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι οι ενεργειακοί Low-E υαλοπίνακες εμποδίζουν μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας να εξέλθει στην ατμόσφαιρα διατηρώντας την θερμοκρασία σταθερά υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες. Επίσης διατηρούν την θερμοκρασία ελαφρώς χαμηλότερα κατά την διάρκεια των θερινών μηνών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τόσο οι ανάγκες για ψύξη όσο και οι ανάγκες για θέρμανση να μειώνονται.

Παρακάτω παρουσιάζεται συγκεντρωτικός πίνακας με την ετήσια ενεργειακή απαίτηση για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-E υαλοπινάκων.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]		**ΨΥΞΗ [KWh]**	
	DOUBLE ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	**LOW-E ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ**	**DOUBLE ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ**	**LOW-E ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4457,09	3424,23	0,00	0,00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6258,84	5167,27	0,02	0,02
ΜΑΡΤΙΟΣ	2867,14	2104,49	0,01	0,01
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	330,34	189,69	20,47	11,13
ΜΑΪΟΣ	0,19	0,00	670,47	527,70
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,02	0,02	9931,19	9156,46
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,01	0,01	10920,77	10203,29
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	9995,86	8772,75
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	1604,58	1210,12
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	528,01	293,12	15,36	5,24
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5321,16	4182,67	0,04	0,04
ΣΥΝΟΛΟ	**19762,81**	**15361,50**	**33158,77**	**29886,76**

Πίνακας 6.1: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη πριν και μετά την τοποθέτηση των *Low_E υαλοπινάκων*

Επιπλέον, υπολογίζεται το όφελος σε € που προκύπτει από την εξοικονόμηση της ενεργειακής κατανάλωσης με εκτιμώμενη τιμή KWh ίση με 0.14446 € σύμφωνα με τα τιμολόγια της ΔΕΗ κατά το έτος 2015.

	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [KWh]		ΟΦΕΛΟΣ [€]	
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	**ΨΥΞΗ**	**ΘΕΡΜΑΝΣΗ**	**ΨΥΞΗ**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1032,86	0,00	149,21	0,00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1091,56	0,00	157,69	0,00
ΜΑΡΤΙΟΣ	762,64	0,00	110,17	0,00
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	140,65	9,34	20,32	1,35
ΜΑΪΟΣ	0,19	142,77	0,03	20,62
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	774,73	0,00	111,92
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	717,48	0,00	103,65
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	1223,11	0,00	176,69
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	394,46	0,00	56,98
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	234,89	10,12	33,93	1,46
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1138,50	0,00	164,47	0,00
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	4401,31	3272,01	635,81	472,68
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [KWh]		7673,33	**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [€]**	1108,49

Πίνακας 6.2: Ετήσια συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και όφελος σε € από την τοποθέτηση Low-E υαλοπινάκων.

Το κόστος της αγοράς και τοποθέτησης των ενεργειακών υαλοπετασμάτων Low-E εκτιμάται στα 60 €/τ.μ. Η συνολική επιφάνεια των υαλοπινάκων που προτείνεται να αντικατασταθεί είναι 325.7 τ.μ. και άρα το κόστος αγοράς και τοποθέτησης τους ανέρχεται στα 19542 €.

Το συνολικό ετήσιο ενεργειακό όφελος από την τοποθέτηση των υαλοπινάκων Low-E είναι 7673,33 KWh και άρα το συνολικό ετήσιο όφελος τους είναι 1108,49 €. Το αναμενόμενο επομένως συνολικό όφελος σε βάθος 20ετίας είναι 22169,8 €.

Επομένως η πρόταση αντικατάστασης των υαλοπινάκων αποδεικνύεται κερδοφόρα με το συνολικό κέρδος από την επένδυση αυτή να ανέρχεται σε ορίζοντα 20ετίας στα 2627,8 €.

6.3. Νυχτερινός Δροσισμός κατά τους Θερινούς Μήνες

Μέχρι σήμερα το προς μελέτη κτίριο δεν εκμεταλλεύεται τα οφέλη του νυχτερινού δροσισμού καθώς τα παράθυρα παραμένουν κλειστά τις νυχτερινές ώρες κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Ο νυχτερινός δροσισμός είναι ένα σύστημα το οποίο μέσω ενός αυτοματοποιημένου μηχανισμού μας δίνει την δυνατότητα να ανοίγουμε τα παράθυρα του κτιρίου κατά τις βραδινές ώρες από τις 12:00 έως τις 06:00 καθ’ όλη την διάρκεια του καλοκαιριού αλλά και τον Σεπτέμβριο. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας

θεωρούμε ότι ο αερισμός πραγματοποιείται φυσιολογικά σύμφωνα με τις προτιμήσεις των χρηστών.

Για τις ανάγκες της μελέτης δημιουργήθηκε κατάλληλο χρονοδιάγραμμα στην καρτέλα ‘schedules’ που προσομοιώνει το πρόγραμμα του νυχτερινού δροσισμού από 31/05 έως και 30/09 τις βραδινές ώρες, διατηρώντας τον ημερήσιο αερισμό όπως και πριν.

Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματα με την σύγκριση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών πριν και μετά την εφαρμογή του συστήματος του νυχτερινού δροσισμού.

Εικόνα 6.16: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείων ισογείου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.17: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας συνεδριάσεων πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.18: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κυλικείου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.19: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου και στεγασμένου ισογείου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.20: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτίων γραφείων Ά ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.21: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βόρειου γραφείου Ά ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.22: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.23: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.24: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.25: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.26: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου Ά ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.27: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας μεταπτυχιακών πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.28: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας προπτυχιακών πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.29: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας ΄Β ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Εικόνα 6.30: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου ΄Β ορόφου πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

Από τα παραπάνω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι με την εφαρμογή του συστήματος νυχτερινού αερισμού στο κτίριο η μέση ημερήσια θερμοκρασία για κάθε ζώνη ή ομαδοποιημένη ζώνη μειώνεται από 0.2 έως και 1.2 °C σε όλες τις ημέρες εφαρμογής του.

Επίσης φαίνεται πως οι διαφορές της θερμοκρασίας έχουν την μεγαλύτερη τιμή στους χώρους του ΄Β ορόφου, που όπως είδαμε νωρίτερα είναι οι πιο ενεργοβόροι σε ψύξη.

Παρουσιάζεται συγκεντρωτικός πίνακας με τα οφέλη σε θέρμανση και ψύξη από την εφαρμογή του νυχτερινού δροσισμού καθώς και συγκεντρωτικός πίνακας με το όφελος της πρότασης ενεργειακής αναβάθμισης σε Ευρώ.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]		**ΨΥΞΗ [KWh]**	
	ΧΩΡΙΣ ΝΥΧΤΕΡΙΝΟ ΔΡΟΣΙΣΜΟ	**ΜΕ ΝΥΧΤΕΡΙΝΟ ΔΡΟΣΙΣΜΟ**	**ΧΩΡΙΣ ΝΥΧΤΕΡΙΝΟ ΔΡΟΣΙΣΜΟ**	**ΜΕ ΝΥΧΤΕΡΙΝΟ ΔΡΟΣΙΣΜΟ**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4457,09	4457,09	0,00	0,00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6258,84	6258,84	0,02	0,02
ΜΑΡΤΙΟΣ	2867,14	2867,14	0,01	0,01
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	330,34	330,34	20,47	20,47
ΜΑΪΟΣ	0,19	0,19	670,47	666,41
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,02	0,02	9931,19	9347,14
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,01	0,01	10920,77	10492,97
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	9995,86	9341,16
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	1604,58	1582,10
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	528,01	528,01	15,36	15,36
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5321,16	5321,16	0,04	0,04
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**19762,81**	**19762,81**	**33158,77**	**31465,68**

Πίνακας 6.3: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη πριν και μετά τον νυχτερινό δροσισμό

	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [KWh]		ΟΦΕΛΟΣ [€]	
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	**ΨΥΞΗ**	**ΘΕΡΜΑΝΣΗ**	**ΨΥΞΗ**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΜΑΪΟΣ	0,00	4,07	0,00	0,59
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	584,04	0,00	84,37
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	427,80	0,00	61,80
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	654,70	0,00	94,58
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	22,48	0,00	3,25
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	0,00	1693,09	0,00	244,58
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [KWh]		**1693,09**	**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [€]**	**244,58**

Πίνακας 6.4: Ετήσια συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και όφελος σε € από τον νυχτερινό δροσισμό

Όπως ήταν αναμενόμενο δεν υπάρχει κάποια διαφοροποίηση στην απαίτηση ενεργειακής κατανάλωσης σε θέρμανση μετά την εφαρμογή συστήματος νυχτερινού δροσισμού.

Όσον αφορά την απαίτηση ενέργειας σε ψύξη, το συνολικό ετήσιο όφελος από τον νυχτερινό δροσισμό είναι 1639.09 KWh και άρα το αντίστοιχο οικονομικό όφελος είναι 244.58 €/έτος με ενδεικτική τιμή 0.14446 €/KWh. Επομένως το συνολικό όφελος σε ορίζοντα 20ετίας αναμένεται να είναι 4891,6 €.

Το κόστος αγοράς και τοποθέτησης των αυτοματοποιημένων μηχανισμών εκτιμάται περίπου στα 60 €/μηχανισμό. Ο συνολικός αριθμός των μηχανισμών αυτών που λειτουργούν με χρονοδιακόπτη εκτιμάται να είναι συνολικά 61 για όλο το κτίριο και συνεπώς το συνολικό τους κόστος ανέρχεται στα 3660 €.

Η επένδυση για τους μηχανισμούς του νυχτερινού δροσισμού κρίνεται κερδοφόρα και το τελικό οικονομικό της όφελος ισούται με 1231.6 €.

6.4. Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Το κτίριο αιθουσών διδασκαλίας ΣΕΜΦΕ διαθέτει, όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 4, εξωτερική τοιχοποιία με θερμομόνωση πετροβάμβακα. Παρ’ όλα αυτά, για την περεταίρω ενεργειακή του αναβάθμιση εξετάζεται επιπλέον η τοποθέτηση εξωτερικών θερμομονωτικών πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης συνολικού πάχους 6cm.

Τα θερμικά χαρακτηριστικά της πλάκας εξηλασμένης πολυστερίνης είναι :

- Πάχος : 6 cm
- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ : 0.030 W/m*K
- Πυκνότητα ρ : 30 kg/m^3
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα : 1500 J/kg*k

Μετά την εισαγωγή των νέων δεδομένων στο πρόγραμμα 'Energy Plus' γίνεται ξανά σύγκριση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών πριν και μετά την προσθήκη της εξωτερικής θερμομόνωσης αλλά και των αναγκών για θέρμανση και ψύξη.

Εικόνα 6.31: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείων ισογείου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.32: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας συνεδριάσεων πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.33: Μέση ημερήσια θερμοκρασία κυλικείου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.34: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου/στεγασμένου ισογείου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.35: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νότιων γραφείων Ά ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.36: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.37: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.38: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βόρειου γραφείου Ά ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.39: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.40: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.41: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου Ά ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.42: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας μεταπτυχιακών πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.43: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας προπτυχιακών πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.44: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας ΄Β ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Εικόνα 6.45: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας ΄Β ορόφου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Με την προσθήκη της εξωτερικής θερμομόνωσης σε όλους τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου παρατηρήθηκαν μικρές διαφοροποιήσεις στα θερμοκρασιακά επίπεδα όλων των ομαδοποιημένων ζωνών από 0.1 έως και 0.5 °C. Οι διαφοροποιήσεις αυτές βέβαια λαμβάνουν χώνα σε όλη την διάρκεια του έτους και αποτυπώνονται στις απαιτήσεις ενέργειας.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας με την συνολική διαφοροποίηση στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση πριν και μετά την τοποθέτηση των πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης στην εξωτερική επιφάνεια της εξωτερικής τοιχοποιίας.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]		**ΨΥΞΗ [KWh]**	
	ΧΩΡΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	**ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ**	**ΧΩΡΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ**	**ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4457,09	4028,04	0,00	0,00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6258,84	5761,21	0,02	0,02
ΜΑΡΤΙΟΣ	2867,14	2536,71	0,01	0,01
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	330,34	270,48	20,47	16,03
ΜΑΪΟΣ	0,19	0,01	670,47	580,71
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,02	0,02	9931,19	9366,61
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,01	0,01	10920,77	10467,19
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	9995,86	9536,89
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	1604,58	1533,37
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	528,01	413,11	15,36	12,97
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5321,16	4789,59	0,04	0,04
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**19762,81**	**17799,18**	**33158,77**	**31513,84**

Πίνακας 6.5: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωση

	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [KWh]		ΟΦΕΛΟΣ [€]	
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	**ΨΥΞΗ**	**ΘΕΡΜΑΝΣΗ**	**ΨΥΞΗ**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	429,05	0,00	61,98	0,00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	497,63	0,00	71,89	0,00
ΜΑΡΤΙΟΣ	330,43	0,00	47,73	0,00
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	59,87	4,43	8,65	0,64
ΜΑΪΟΣ	0,19	89,76	0,03	12,97
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	564,58	0,00	81,56
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	453,59	0,00	65,53
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	458,96	0,00	66,30
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	71,21	0,00	10,29
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	114,90	2,39	16,60	0,34
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	531,57	0,00	76,79	0,00
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**1963,63**	**1644,93**	**283,67**	**237,63**
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [KWh]		**3608,56**	**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [€]**	**521,29**

Πίνακας 6.6: Ετήσια συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και όφελος σε € μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης.

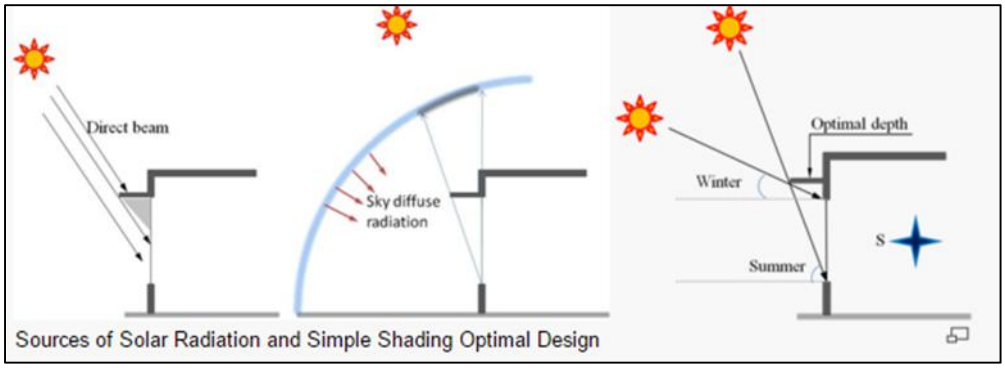
Με βάση τον παραπάνω πίνακα οι απαιτήσεις ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη μειώθηκαν συνολικά κατά 3608.56 KWh εκ των οποίων οι 1963.63 KWh αφορούν την θέρμανση ενώ οι 1644.93 KWh αφορούν την ψύξη του κτιρίου. Το οικονομικό όφελος από την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης με ενδεικτική τιμή 0,14446 €/ KWh ισούται με 521.09 €/έτος και σε βάθος χρόνου 20 ετών το συνολικό όφελος θα είναι 10421.8 €.

Η συνολική επιφάνεια που προτείνεται να καλυφθεί με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης υπολογίζεται σε 1292.05 τ.μ ενώ η τοποθέτηση της εξωτερικής θερμομόνωσης εκτιμάται στα 30 €/τ.μ. Το συνολικό κόστος συνεπώς της επέμβασης αυτής υπολογίζεται στα 38761.5 €.

Όσον αφορά επομένως την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης η πρόταση αποδεικνύεται ζημιογόνος με ζημία 28339.7 €.

6.5. Τοποθέτηση Σκιάστρων στην Νότια και Ανατολική Πλευρά του Κτιρίου

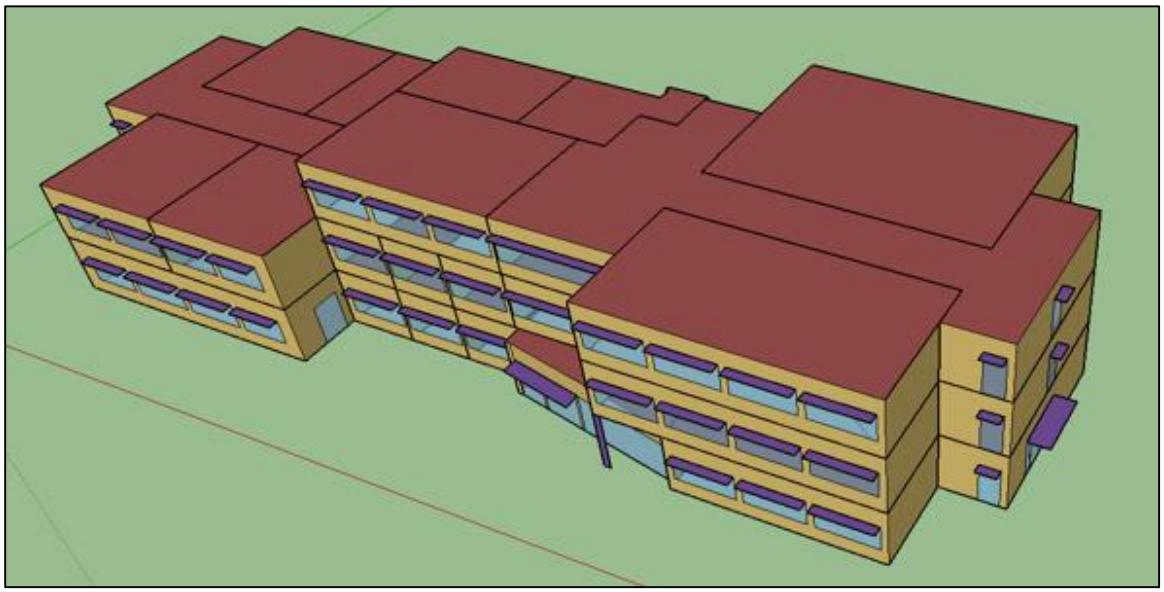
Η επόμενη λύση που εξετάζεται είναι η τοποθέτηση μεταλλικών σκιάστρων στην νότια πλευρά του κτιρίου, καθώς όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 4, οι θερμοκρασίες στους νότιους χώρους ξεπερνάνε τους 30 °C κατά τους θερινούς μήνες ενώ κάποιες μέρες πλησιάζουν τους 35 °C. Έχοντας ως στόχο την προφύλαξη των χώρων αυτών κρίνεται σωστό να τοποθετηθούν σκίαστρα σε όλα τα νότια και ανατολικά ανοίγματα προκειμένου να αποτρέπουν σε σημαντικό μέρος της θερμικής ακτινοβολίας να εισέλθει στο κτίριο.



Εικόνα 6.46 : Λειτουργία σκιάστρου (Πηγή: http://www.bembook.ibpsa.us/)

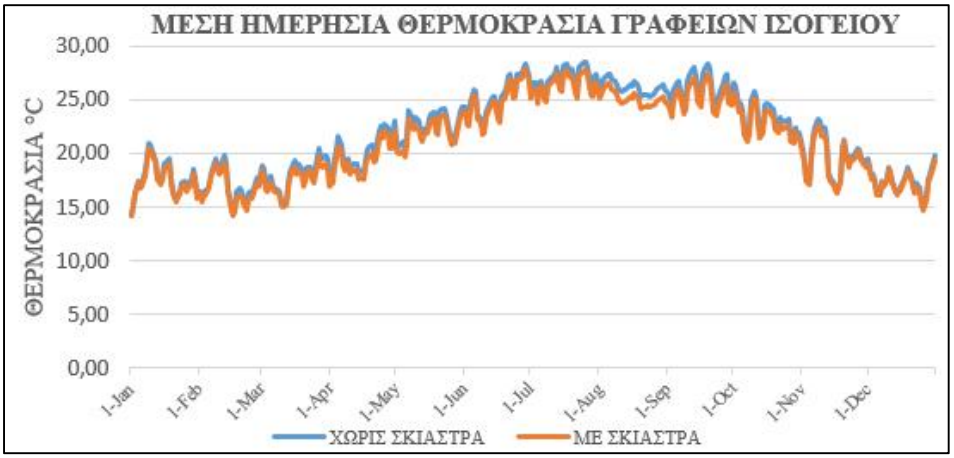
Αποφασίστηκε να τοποθετηθούν συνολικά 37 σκίαστρα με πλάτος 0.60m σε όλα τα νότια και ανατολικά ανοίγματα και 1 σκίαστρο στην κεντρική νότια είσοδο με πλάτος 1m.

Ο σχεδιασμός των σκιάστρων πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος 'Sketch-up' και 'Open Studio'.



Εικόνα 6.47 : Τοποθέτηση σκιάστρων στην νοτιοανατολική πλευρά του κτιρίου στο πρόγραμμα Sketch-up' και 'Open Studio'

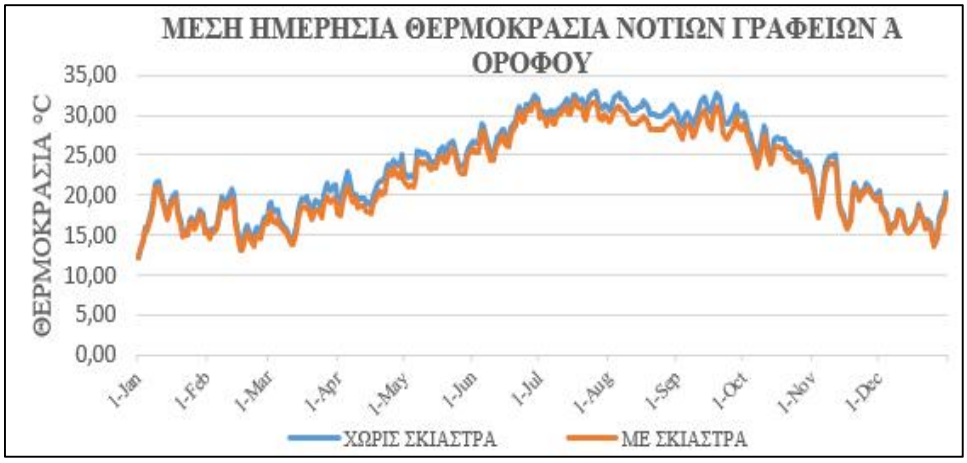
Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών των χώρων όπου τοποθετήθηκαν τα σκίαστρα σε σύγκριση με τις θερμοκρασίες τους πριν την τοποθέτηση των σκιάστρων.



Εικόνα 6.48: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείων ισογείου πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Εικόνα 6.49: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας συνεδριάσεων πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Εικόνα 6.50: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου/στεγασμένου ισογείου πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

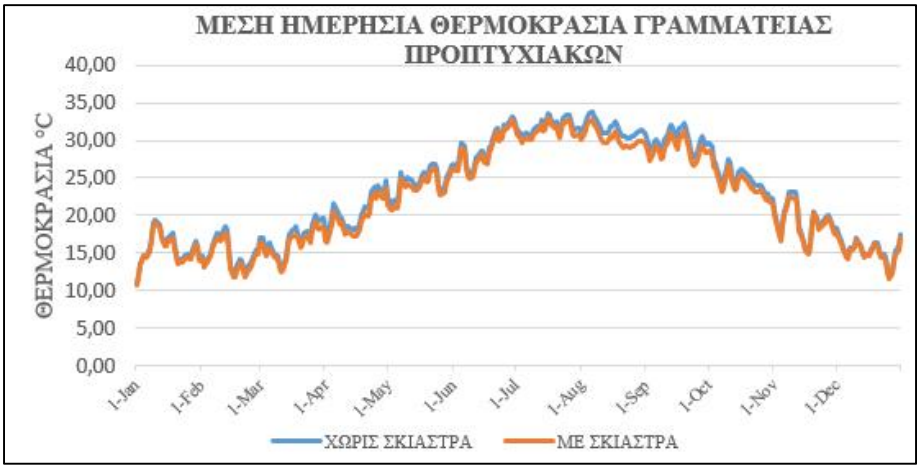


Εικόνα 6.51: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νότιων γραφείων Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Εικόνα 6.52: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Εικόνα 6.53: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Εικόνα 6.54: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοανατολικής αίθουσας Ά ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων



Εικόνα 6.55: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας προπτυχιακών πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Εικόνα 6.56: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας ΄Β ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Εικόνα 6.57: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου Ά Β ορόφου πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα, τα σκίαστρα μείωσαν αρκετά τις θερμοκρασίες σε όλους τους χώρους κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών αλλά και κατά την διάρκεια των χειμερινών καθώς εμποδίζουν την ηλιακή θερμική ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εξοικονομείται μεν ενέργεια σε ψύξη το καλοκαίρι, αλλά να αυξάνεται η απαίτηση σε ενεργειακή κατανάλωση τον χειμώνα.

Παρακάτω παρατίθεται συγκεντρωτικός πίνακας με την κατανάλωση ενέργειας σε ψύξη και θέρμανση καθώς και πίνακας με το ενεργειακό όφελος από την τοποθέτηση των σκιάστρων.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]		**ΨΥΞΗ [KWh]**	
	ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΑ	**ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΑ**	**ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΑ**	**ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΑ**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4457,09	4687,65	0,00	0,00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6258,84	6623,88	0,02	0,02
ΜΑΡΤΙΟΣ	2867,14	3183,94	0,01	0,01
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	330,34	418,58	20,47	3,84
ΜΑΪΟΣ	0,19	0,32	670,47	385,37
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,02	0,02	9931,19	8984,11
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,01	0,01	10920,77	9999,01
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	9995,86	8091,32
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	1604,58	1030,40
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	528,01	577,67	15,36	4,35
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5321,16	5552,91	0,04	0,04
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**19762,81**	**21044,98**	**33158,77**	**28498,48**

Πίνακας 6.7: Συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [KWh]		ΟΦΕΛΟΣ [€]	
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	**ΨΥΞΗ**	**ΘΕΡΜΑΝΣΗ**	**ΨΥΞΗ**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	-230,56	0,00	-33,31	0,00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	-365,04	0,00	-52,73	0,00
ΜΑΡΤΙΟΣ	-316,80	0,00	-45,77	0,00
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	-88,24	16,63	-12,75	2,40
ΜΑΪΟΣ	-0,13	285,11	-0,02	41,19
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	947,08	0,00	136,81
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	921,76	0,00	133,16
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	1904,53	0,00	275,13
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	574,17	0,00	82,95
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	-49,65	11,01	-7,17	1,59
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	-231,75	0,00	-33,48	0,00
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**-1282,17**	**4660,28**	**-185,22**	**673,22**
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [KWh]		**3378,11**	**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [€]**	**488,00**

Πίνακας 6.8: Ετήσια συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και όφελος σε € μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων

Όπως φαίνεται και στους πίνακες τα θερμικά φορτία αυξήθηκαν από 19762,81 σε 21044,98 KWh ενώ υπήρξε εξοικονόμηση ενέργειας αναφορικά με την ψύξη του χώρου από 33158,77 σε 28498,48 KWh. Το τελικό ετήσιο όφελος ενέργειας είναι 3378.11 KWh που ισοδυναμεί με 488 € ετησίως. Σε ορίζοντα 20ετίας το συνολικό οικονομικό όφελος που προκύπτει από την τοποθέτηση των σκίαστρων είναι 9760 €.

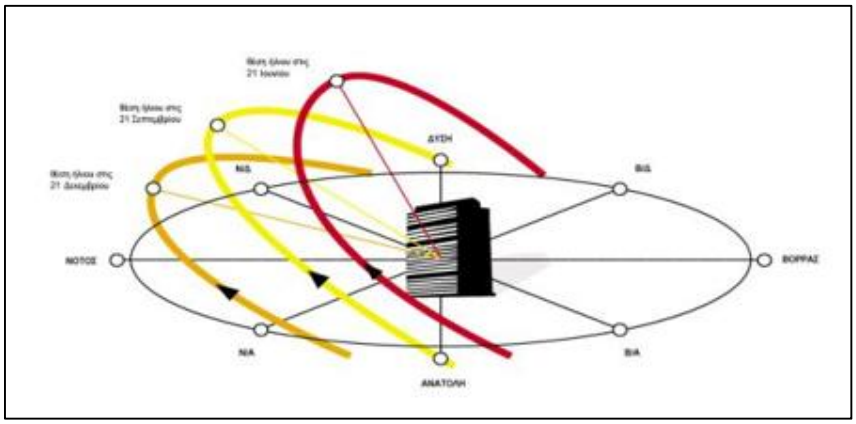
Η αγορά και τοποθέτηση των σκιάστρων αναμένεται να κοστίσει περίπου 65 €/τ.μ. Η συνολική έκταση των σκιάστρων υπολογίστηκε σε 77.78 τ.μ και άρα η το συνολικό κόστος της τοποθέτησες τους ισούται με 5055.7 €.

Τελικώς η τοποθέτηση των σκιάστρων κρίνεται κερδοφόρα με συνολικό κέρδος στα 20 χρόνια ίσο με 4704.3 €.

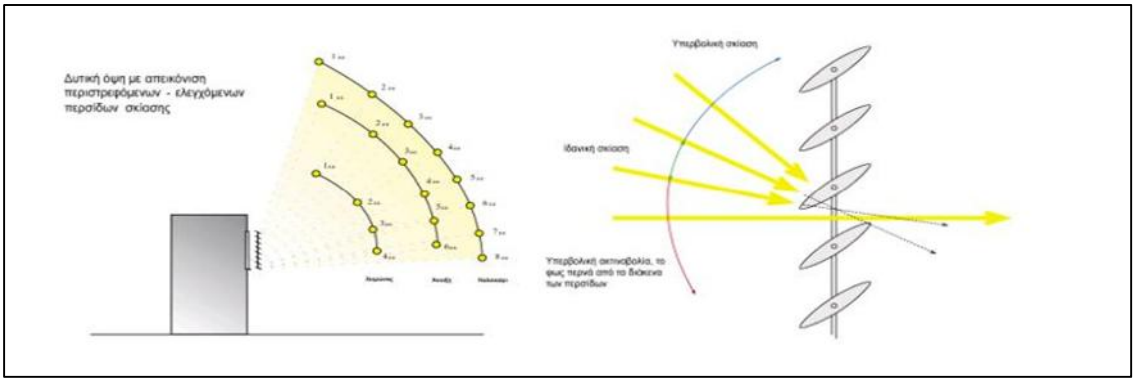
6.6. Τοποθέτηση Οριζοντίων Περσίδων με Φωτοβολταϊκό Σύστημα στην Νότια Πλευρά του Κτιρίου

Ο ήλιος κινείται κατά μήκος ενός τόξου φτάνοντας το υψηλότερο σημείο του στο νότο. Βασικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού ενός κτιρίου είναι η εξασφάλιση της σκίασης του όσο το δυνατόν περισσότερες ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους. Ωστόσο όμως, θα πρέπει να διασφαλισθεί ισορροπία έτσι ώστε το φως που εισέρχεται στο κτίριο να μην πέφτει κάτω από τα επιτρεπτά επίπεδα. Για μία νότια δεσπόζουσα όψη κτιρίου, αποτελεσματική σκίαση μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση σταθερών ή περιστρεφόμενων οριζόντιων περσίδων. Οι

περσίδες εμποδίζουν τις αντανακλάσεις και προστατεύουν το εσωτερικό του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία επιτρέποντας παράλληλα τον αερισμό του [53].



Εικόνα 6.58: Κίνηση ήλιου κατά μήκος ενός τόξου (Πηγή: http://www.colt.gr/)

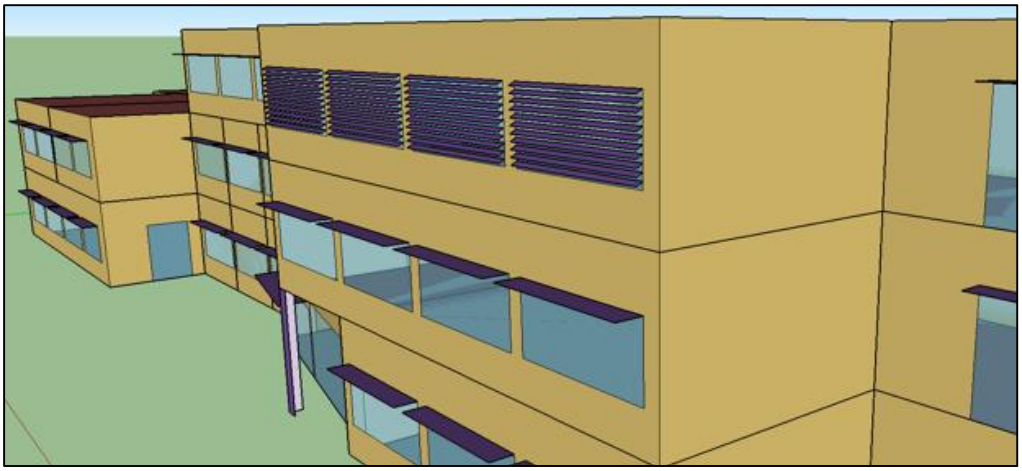


Εικόνα 6.59: Λειτουργία οριζοντίων περσίδων (Πηγή: http://www.colt.gr/)

Ως τελευταία λοιπόν πρόταση και σε αντιδιαστολή με την προηγούμενη επέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου, προτείνεται η τοποθέτηση οριζοντίων περσίδων στα ανοίγματα της γραμματείας προπτυχιακών του ΄Β ορόφου και η διατήρηση των σκιάστρων στους υπόλοιπους νότιους και ανατολικούς χώρους.

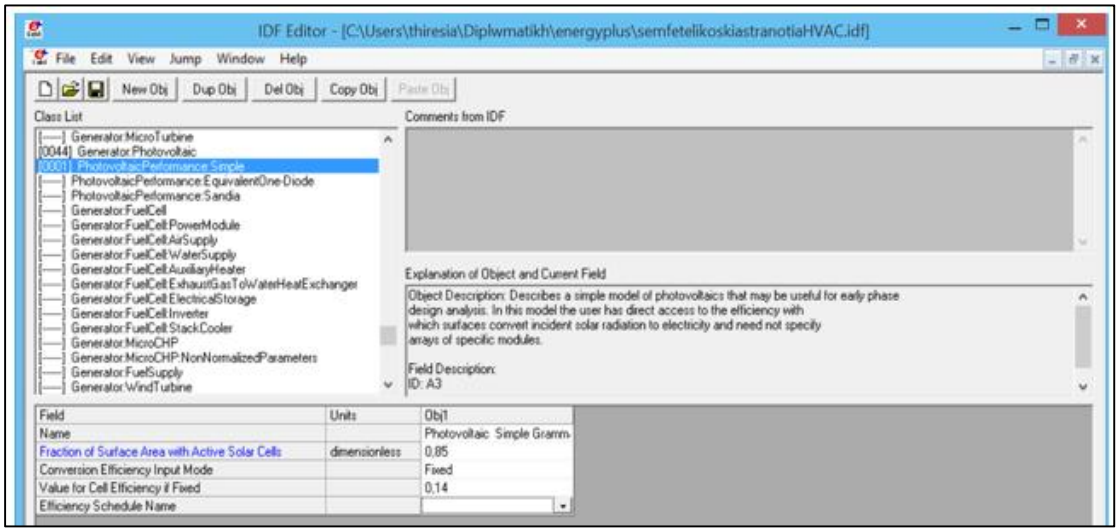
Ταυτόχρονα αποφασίζεται η τοποθέτηση οριζοντίων περσίδων με φωτοβολταϊκό σύστημα οι οποίες όχι μόνο αποτρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο αλλά επίσης παράγουν ηλεκτρική ενέργεια την οποία αποδίδουν σε αυτό, εκμεταλλευόμενες το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Συνολικά δημιουργήθηκαν 44 ίδιου μεγέθους περσίδες, με πλάτος 0.15 m που τοποθετήθηκαν υπό γωνία 30^{o}, η προσομοίωση των οποίων γίνεται μέσω του προγράμματος ‘Sketch-up’ και ‘Open Studio’.



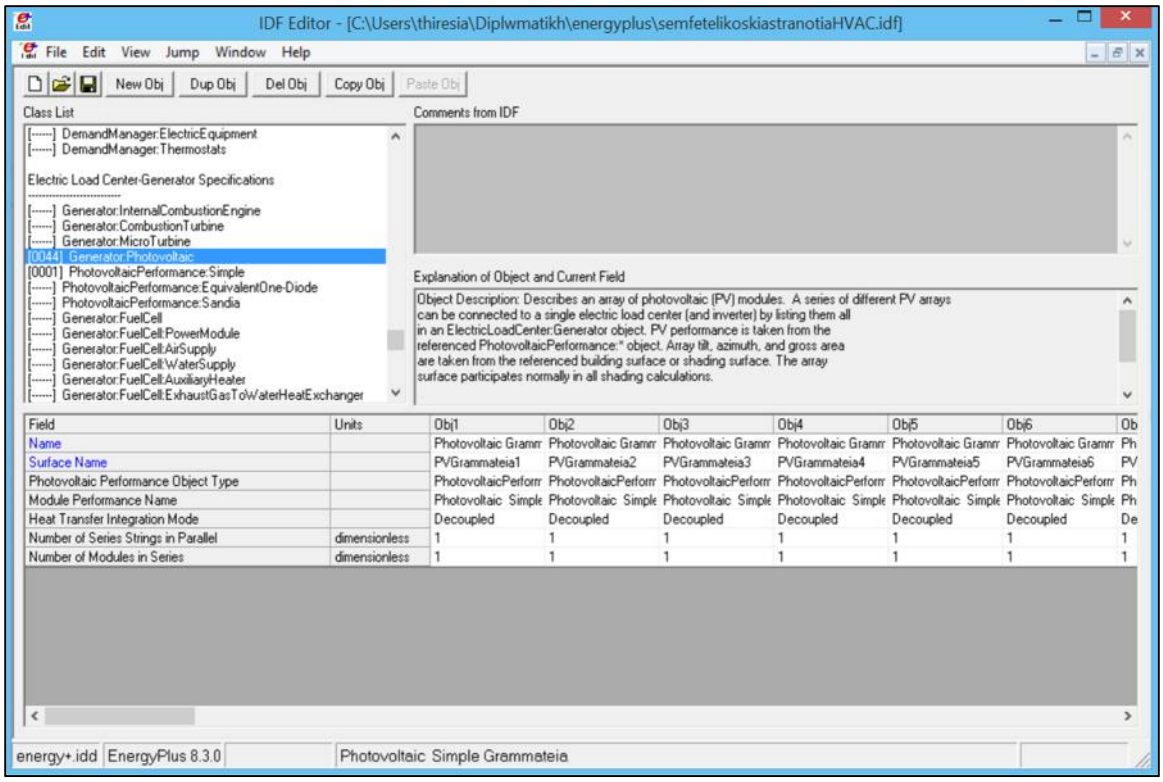
Εικόνα 6.60: Οριζόντιες περσίδες με φωτοβολταϊκό σύστημα στο πρόγραμμα 'Sketch-up' και 'Open Studio'

Μετα την ολοκλήρωση του σχεδιασμού των περσίδων εισάγουμε δεδομένα στο πρόγραμμα 'Energy Plus' ώστε να δημιουργηθεί το φωτοβολταϊκό σύστημα. Αρχικά, δηλώνουμε στο πρόγραμμα από την καρτέλα 'Electric Load Center –Generator Specifications' και 'Photovoltaic: Performance Simple' το ποσοστό της επιφάνειας των περσίδων με ενεργά ηλιακά κύταρρα και την απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Θεωρώντας ότι χρησιμοποιούνται φτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου με τιμές απόδοσης από 0.13 έως και 0.17 επιλέγουμε ασφαλώς σταθερή τιμή απόδοσης 0.14 και ποσοστό ενεργών ηλιακών κυτάρρων ίσο με 85%.



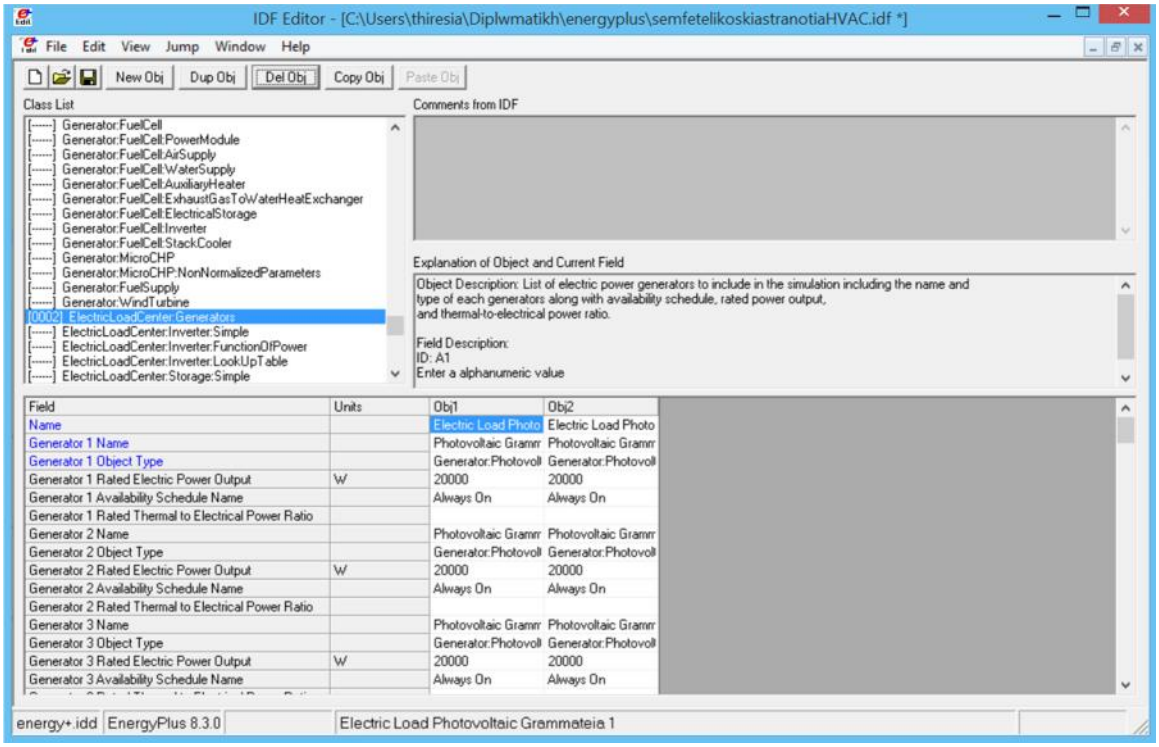
Εικόνα 6.61: Εισαγωγή δεδομένων στην καρτέλα 'Electric Load Center –Generator Specifications' και 'Photovoltaic: Performance Simple'

Στην συνέχεια δηλώνεται στο πρόγραμμα ποιες επιφάνειες διαθέτουν φωτοβολταϊκά στοιχεία μέσω της καρτέλας ‘Electric Load Center –Generator Specifications’ και ‘Generator Photovoltaic’ ορίζοντας στο πεδίο ‘Surface Name’ την επιφάνεια που λειτουργεί ως φωτοβολταϊκό.



Εικόνα 6.62: Εισαγωγή δεδομένων στην καρτέλα ‘Electric Load Center –Generator Specifications’ και ‘Generator Photovoltaic’

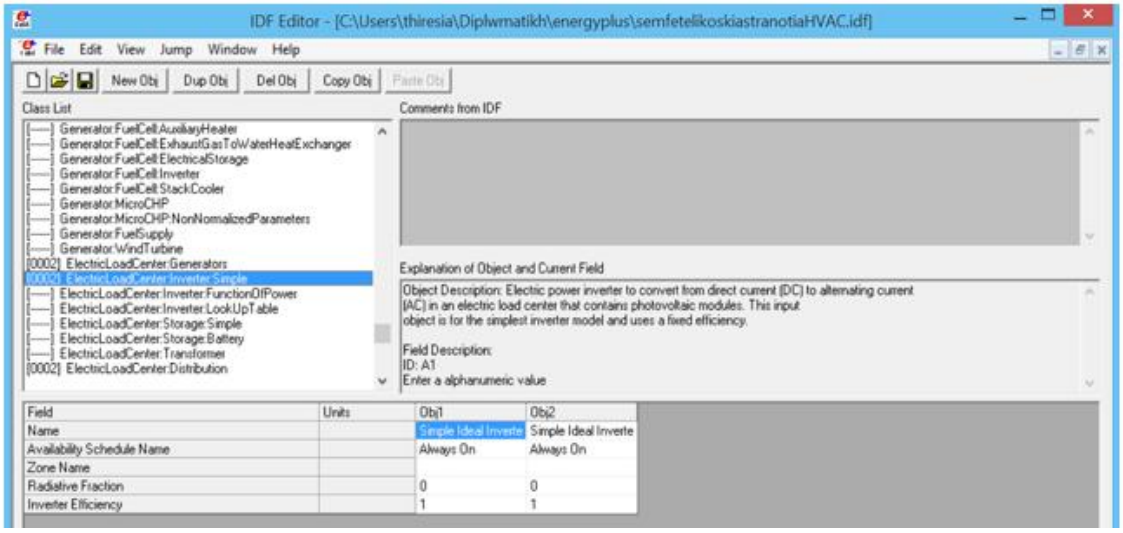
Ακολούθως δηλώνεται στον ‘IDF Editor’ η ονομαστική ισχύς του κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος σε Watt από την καρτέλα ‘Electric Load Center –Generator Specifications’ και ‘Electric Load Center Generators’. Στο πεδίο ‘Generator 1 Name’ ορίζεται το όνομα του φωτοβολταικού όπως αυτό δημιουργήθηκε στο προηγούμενο βήμα. Στο πεδίο ‘Generator 1 Rated Electric Power Output’ δηλώνεται η ονομαστική ισχύς του φωτοβολταϊκού και τέλος στο πεδίο ‘Generator 1 Availability Schedule Name’ δίνονται στοιχεία σχετικά με το πρόγραμμα με το οποίο λειτουργεί το σύστημα των φωτοβολταϊκών. Στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε ότι τα συστήματα λειτουργούν καθ’ όλη την διάρκεια του έτους και άρα επελέγει το χρονοδιάγραμμα ‘Always on’.



Εικόνα 6.63: Εισαγωγή δεδομένων στην καρτέλα 'Electric Load Center –Generator Specifications' και 'Electric Load Center Generators'

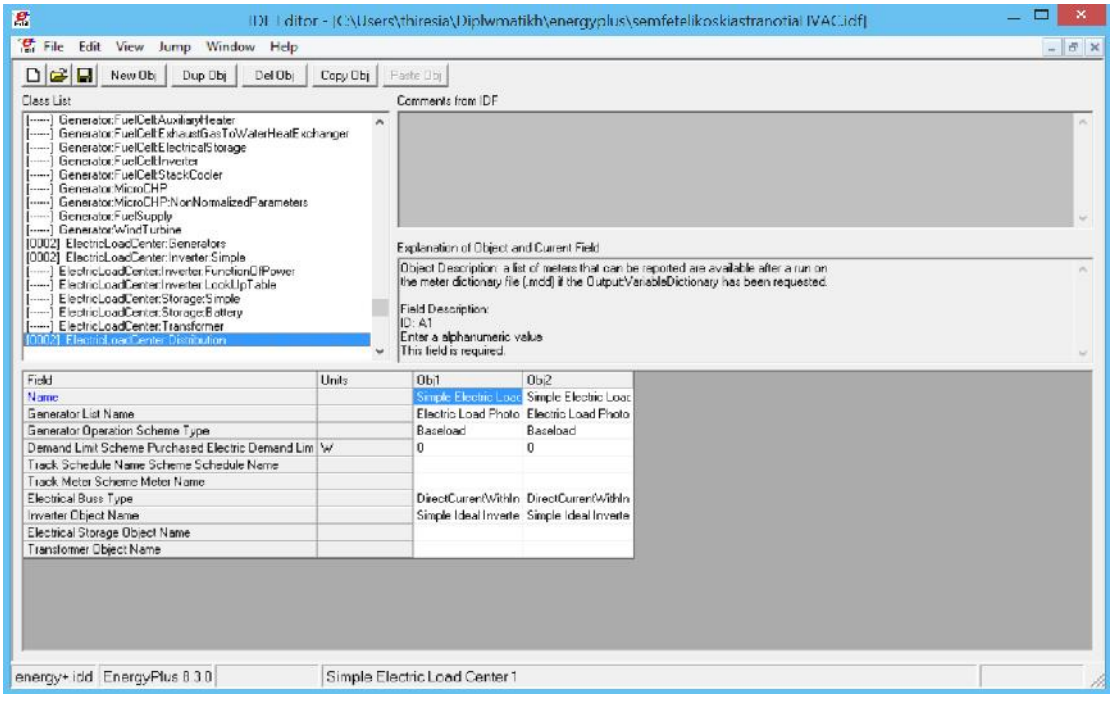
Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές - οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της φωτοβολταϊκής συστοιχίας σε εναλλασσόμενη. Με τον τρόπο αυτό, το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει το κτίριο με ηλεκτρικό ρεύμα.

Η δημιουργία του αναστροφέα αυτού γίνεται από την καρτέλα 'Electric Load Center - Generator Specifications' και 'Electric Load Center Inverter: Simple'. Στο πρόγραμμα δηλώνεται το όνομα του αναστροφέα στο πεδίο 'Name', το χρονοδιάγραμμα με το οποίο λειτουργεί και η απόδοση του αναστροφέα όπου θεωρείται σταθερή και ιση με 100%.



Εικόνα 6.64: Εισαγωγή δεδομένων στην καρτέλα 'Electric Load Center –Generator Specifications' και 'Electric Load Center Inverter: Simple'

Τέλος, από την καρτέλα 'Electric Load Center –Generator Specifications' και 'Electric Load Center Distribution' συνδέεται ο κάθε αναστροφέας με την γεννήτρια των φωτοβολταϊκων στοιχείων στην οποία αντιστοιχεί.



Εικόνα 6.65: Εισαγωγή δεδομένων στην καρτέλα 'Electric Load Center –Generator Specifications' και 'Electric Load Center Distribution'

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας με την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος και του συνόλου αυτών.

	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΈΝΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΝΕΛ [KWh]	**ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ [KWh]**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	5,39	237,22
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5,23	230,09
ΜΑΡΤΙΟΣ	6,07	267,28
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5,54	243,78
ΜΑΪΟΣ	4,83	212,56
ΙΟΥΝΙΟΣ	4,71	207,34
ΙΟΥΛΙΟΣ	5,16	226,98
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	6,37	280,27
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7,72	339,66
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	6,88	302,80
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	4,74	208,74
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4,56	200,76
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	**67,22**	**2957,49**

Πίνακας 6.9: Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των περσίδων με φωτοβολταϊκό σύστημα

Από τον πίνακα 6.9 φαίνεται πως ο δυσμενέστερος μήνας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ο Δεκέμβριος με σύνολο 200.76 KWh. Για κάθε περσίδα με φωτοβολταϊκό σύστημα η συνολική ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι 67.22 KWh, ενώ από το σύνολο των περσίδων η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται φτάνει τις 2957.49 KWh ετησίως.

Επιπλέον υπολογίστηκαν τα συνολικά ετήσια θερμικά και ψυκτικά φορτία του κτιρίου μετά την τοποθέτηση των εξωτερικών οριζόντιων περσίδων σε συνδυασμό με τα υπάρχοντα (από την προηγούμενη παρέμβαση) σκίαστρα καθώς και το ενεργειακό και οικονομικό όφελος της τοποθέτησής τους.

Στον πίνακα 6.10 φαίνονται όλα τα παραπάνω στοιχεία.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ					
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ [KWh]		ΨΥΞΗ [KWh]			
	ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΑ/ ΠΕΡΣΙΔΕΣ	ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΑ/ ΠΕΡΣΙΔΕΣ	ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΑ/ ΠΕΡΣΙΔΕΣ	ΜΕ ΣΚΙΑΣΤΡΑ/ ΠΕΡΣΙΔΕΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΌ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ [KWh]	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4457,09	4874,78	0,00	0,00	237,22	4637,56
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6258,84	6839,32	0,02	0,02	230,09	6609,25
ΜΑΡΤΙΟΣ	2867,14	3308,18	0,01	0,01	267,28	3040,91
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	330,34	437,44	20,47	3,54	243,78	197,20
ΜΑΪΟΣ	0,19	0,33	670,47	361,85	212,56	149,62
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,02	0,02	9931,19	8900,06	207,34	8692,74
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,01	0,01	10920,77	9916,39	226,98	9689,42
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	0,00	0,00	280,27	-280,27
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	9995,86	7688,75	339,66	7349,09
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	0,00	1604,58	846,86	302,80	544,06
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	528,01	606,77	15,36	4,17	208,74	402,20
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5321,16	5758,39	0,04	0,04	200,76	5557,68
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	19762,81	21825,24	33158,77	27721,70	2957,49	46589,44

Πίνακας 6.10: Συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη πριν και μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων και των οριζόντιων εξωτερικών περσίδων με φωτοβολταϊκή λειτουργία

	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [KWh]			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΌ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ [KWh]	ΟΦΕΛΟΣ [€]
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	-417,69	0,00	237,22	-26,07
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	-580,48	0,00	230,09	-50,62
ΜΑΡΤΙΟΣ	-441,05	0,00	267,28	-25,10
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	-107,10	16,93	243,78	22,19
ΜΑΪΟΣ	-0,14	308,62	212,56	75,27
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,00	1031,13	207,34	178,91
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,00	1004,38	226,98	177,88
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,00	0,00	280,27	40,49
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	2307,11	339,66	382,35
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	757,71	302,80	153,20
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	-78,75	11,18	208,74	20,39
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	-437,23	0,00	200,76	-34,16
ΣΥΝΟΛΟ [KWh]	-2062,42	5437,07	2957,49	914,74
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [KWh]	**6332,13**		**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ [€]**	**914,74**

Πίνακας 6.11: Ετήσια συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και όφελος σε € μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων και των οριζόντιων εξωτερικών περσίδων με φωτοβολταϊκή λειτουργία

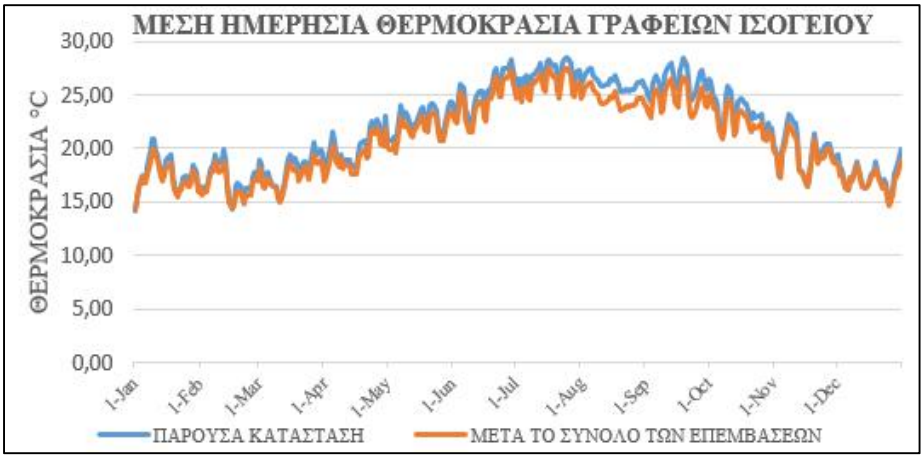
Με την τοποθέτηση των οριζόντιων εξωτερικών περσίδων αυξήθηκε επιπλέον η απαίτηση ενέργειας για θέρμανση αφού οι περσίδες δεν επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών. Βέβαια, η ενεργειακή κατανάλωση σε ψύξη μειώθηκε περεταίρω, από 28498.48 KWh που ήταν με την τοποθέτηση μόνο των σκιάστρων σε 27721.70 KWh με την αντικατάσταση των σκιάστρων της γραμματείας προπτυχιακών από τις οριζόντιες περσίδες. Τελικά, το συνολικό ενεργειακό όφελος μειώθηκε κατά 3.46 KWh από 3378.11 KWh σε 3374.65 KWh, συνυπολογίζοντας όμως και την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες το συνολικό ενεργειακό κέρδος του κτιρίου είναι 6332.13 KWh και το αντίστοιχο ανά έτος οικονομικό του κέρδος ισούται με 914.74 €. Σε ορίζοντα 20 ετών το συνολικό οικονομικό όφελος από την πρόταση αυτή ανασχεδιασμού εκτιμάται στα 18294.80 €.

Για την αγορά και τοποθέτηση των 44 περσίδων με φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου και του αναστροφέα τάσης εκτιμάται συνολικό κόστος 11000 €. Επιπρόσθετα συνυπολογίζεται και το κόστος των σκιάστρων το οποίο εκτιμάται στα 4494.10 € με τιμή 65 €/τ.μ.

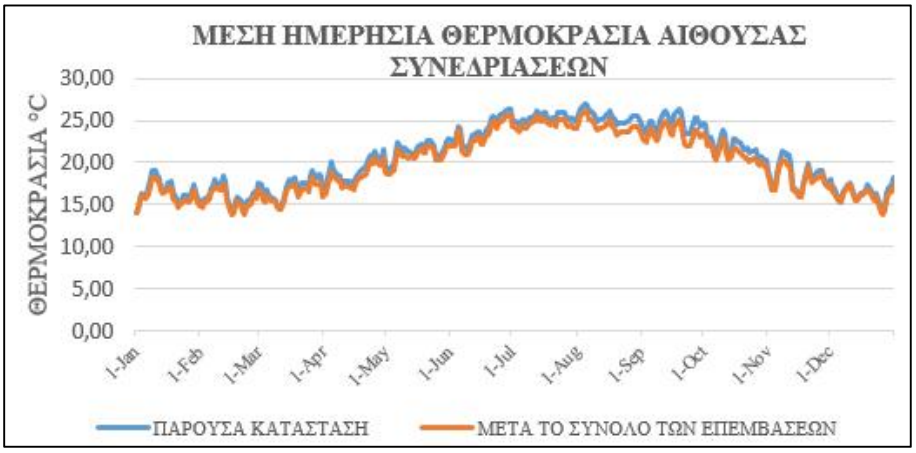
Επομένως η επένδυση αυτή αναμένεται να κοστίσει 15494.10 € και άρα αποδεικνύεται κερδοφόρα κατά 3430.70 €. Παράλληλα, ένα επιπλέον κέρδος είναι ότι με την τοποθέτηση των περσίδων με φωτοβολταϊκά στοιχεία δημιουργήθηκε μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στο κτίριο, γεγονός που αποτελεί βασικό στοιχείο του σύγχρονου βιοκλιματικού σχεδιασμού.

6.7. Σύγκριση των Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών των Θερμικών Ζωνών Πριν και Μετά το Σύνολο των Κερδοφόρων Επεμβάσεων.

Αφού εξετάστηκε η κάθε πρόταση ανασχεδιασμού ως μεμονωμένη, γίνεται μία σύγκριση των ημερήσιων θερμοκρασιών της παρούσας κατάστασης με τις θερμοκρασίες της κάθε ομαδοποιημένης θερμικής ζώνης μετά την εφαρμογή όλων των κερδοφόρων προτάσεων. Συγκεκριμένα, αντλούμε στοιχεία σχετικά με τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην περίπτωση που ταυτόχρονα αντικαταστήσουμε τους υαλοπίνακες με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής Low-E, τοποθετήσουμε τους μηχανισμούς του νυχτερινού δροσισμού, τοποθετήσουμε τις οριζόντιες εξωτερικές περσίδες με φωτοβολταϊκά στοιχεία στα ανοίγματα της γραμματείας προπτυχιακών και τοποθετήσουμε σκίαστρα στα ανοίγματα των υπόλοιπων χώρων της νότιας και ανατολικής πλευράς του κτιρίου.



Εικόνα 6.66: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραφείων ισογείου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων



Εικόνα 6.67: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας συνεδριάσεων πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

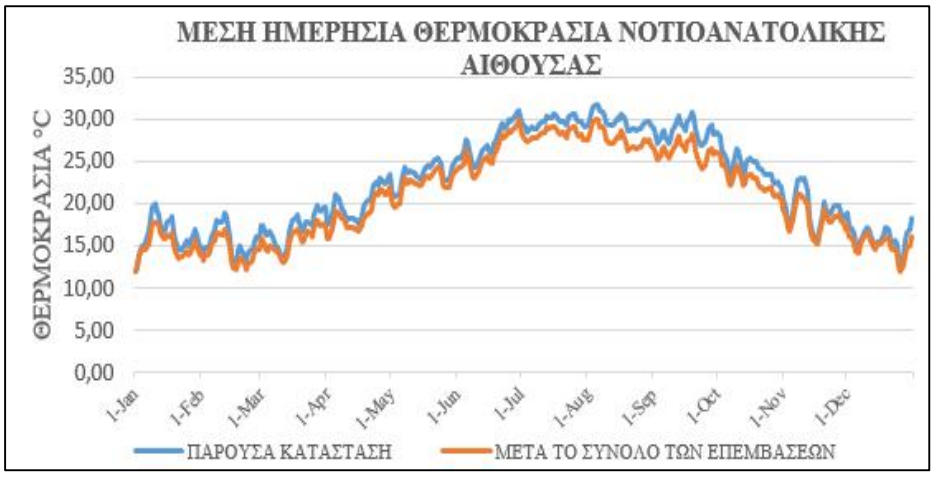
Εικόνα 6.68: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας συνεδριάσεων πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Εικόνα 6.69: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου/στεγασμένου χώρου ισογείου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Εικόνα 6.70: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νότιων γραφείων Ά ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

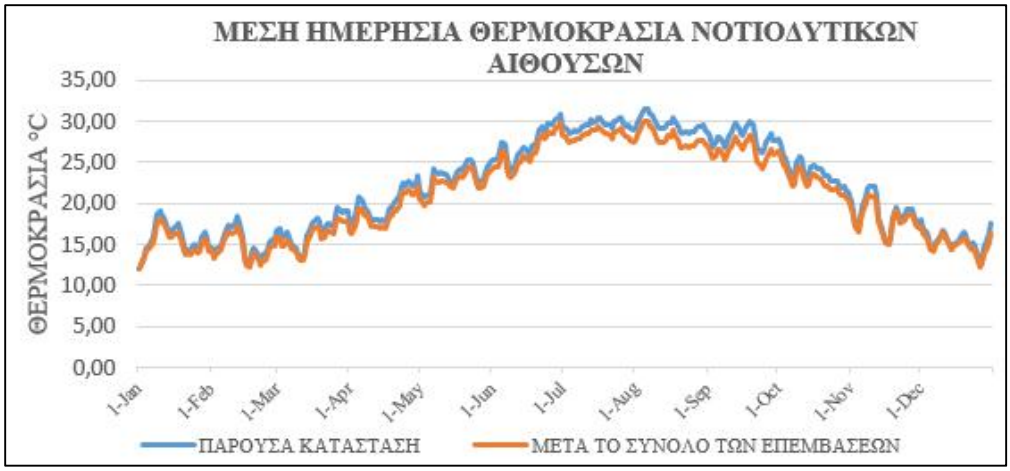
Εικόνα 6.71: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου Ά ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Εικόνα 6.72: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοανατολικής Ά ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων



Εικόνα 6.73: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοανατολικής Ά ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Εικόνα 6.74: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βόρειου γραφείου Ά ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

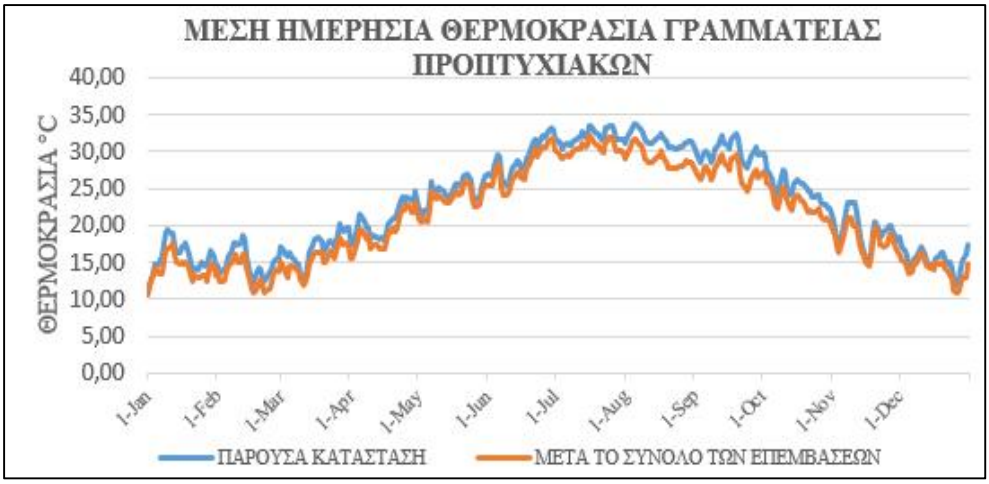


Εικόνα 6.75: Μέση ημερήσια θερμοκρασία νοτιοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Εικόνα 6.76: Μέση ημερήσια θερμοκρασία βορειοδυτικών αιθουσών Ά ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Εικόνα 6.77: Μέση ημερήσια θερμοκρασία αίθουσας διδασκαλίας Ά Β ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Εικόνα 6.78: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας μεταπτυχιακών πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων



Εικόνα 6.79: Μέση ημερήσια θερμοκρασία γραμματείας προπτυχιακών πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Εικόνα 6.80: Μέση ημερήσια θερμοκρασία διαδρόμου ΄Β ορόφου πριν και μετά το σύνολο των επεμβάσεων

Όπως παρατηρούμε από τα διαγράμματα τους καλοκαιρινούς μήνες η διαφοροποίηση της θερμοκρασίας είναι αξιοσημείωτη με μέγιστη μείωση έως και τους 3.25 °C στην γραμματεία προπτυχιακών όπου τοποθετήθηκαν οι περσίδες.

Ιδιαίτερη μείωση στην θερμοκρασία παρατηρείται και στα νότια γραφεία του Ά ορόφου με 3.10 °C, στην νοτιοανατολική αίθουσα με 2.80 °C, στον διάδρομο του ΄Β ορόφου με 2.35 °C αλλά και στην αίθουσα του ΄Β ορόφου με 2.26 °C . Επίσης η διαφορά φτάνει τους 1.9 °C στον διάδρομο του Ά ορόφου , και τους 1.84 °C στις νοτιοδυτικές αίθουσες και στα γραφεία του ισογείου.

Βέβαια όπως ήταν αναμενόμενο παρατηρούνται και κάποιες ελαφριές μειώσεις στην θερμοκρασία κατά την διάρκεια και των χειμερινών μηνών εξαιτίας της τοποθέτησης των σκιάστρων τα οποία εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο εσωτερικό του κτιρίου.

Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται εντονότερα όπως είναι φυσικό στην γραμματεία προπτυχιακών με την μείωση να αγγίζει τους 2 °C. Επίσης και στις νοτιοδυτικές αίθουσες, στον διάδρομο του ΄Β ορόφου και στην νοτιοανατολική αίθουσα του Ά ορόφου όπου η μείωση φτάνει τους 0.7 °C.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ				
ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ [KWh]	**ΜΕΤΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ [KWh]**	**ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΌ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ [KWh]**	**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΑ 20 ΕΤΩΝ [€]**
52921,58	**40180,52**	**2957,49**	**15698,55**	**7290,10**

Πίνακας 6.12: Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας και Οικονομικό Όφελος μετά το σύνολο των προτάσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

7.1. Παθητικά Συστήματα

Ως πρώτη πρόταση ανασχεδιασμού του κτιρίου με βιοκλιματικά κριτήρια εξετάστηκε η αντικατάσταση των υπαρχόντων διπλών υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής Low-E. Η πρόταση αυτή κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα καθώς επιφέρει θετικά αποτελέσματα κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Συγκρατώντας μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας εντός του κτιρίου διατηρεί την θερμοκρασία σε υψηλότερα επίπεδα σε όλους τους χώρους του από 0.1 °C έως και 0.5 °C. Ή διαφοροποίηση αυτή υπήρχε σε όλες τις ημέρες του χειμώνα και για όλους τους χώρους με αποτέλεσμα οι ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση να μειωθούν κατά 4401,31 KWh. Επιπλέον η θερμοκρασία παραμένει ελαφρώς χαμηλότερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και σαν αποτέλεσμα παρουσιάστηκε μείωση στις ανάγκες για ψύξη ίση με 3272,01KWh ανά έτος. Το κόστος της αντικατάστασης του υαλοστασίου του κτιρίου εκτιμήθηκε στα 19542 ευρώ με αντικατάσταση 325.7 τ.μ υαλοπινάκων ενώ το συνολικό κέρδος της επένδυσης ανέρχεται στα 2627.80 € σε ορίζοντα 20 ετών.

Για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου προτάθηκε και η τοποθέτηση αυτοματοποιημένων μηχανισμών για τον νυχτερινό αερισμό και δροσισμό του κτιρίου από το τέλος του Μαΐου έως και το τέλος του Σεπτεμβρίου για τις ώρες 12:00-06:00. Η πρόταση αυτή είχε εξαιρετικά αποτελέσματα στην μείωση της θερμοκρασίας σε όλους τους χώρους τους κτιρίου κατά την διάρκεια του καλοκαιριού όπου είναι η περίοδος κατά την οποία το κτίριο πάσχει εμφανίζοντας θερμοκρασίες έως και 35 °C. Ιδιαίτερα στο διάδρομο του ‘Β ορόφου υπήρξε μείωση μεγαλύτερη των 1.4 °C. Αλλά και στους διαδρόμους των άλλων ορόφων καθώς και στην γραμματεία προπτυχιακών η μείωση έφτασε τους 1.15 °C Το συνολικό όφελος σε ενέργεια ήταν 1693.09 KWh καθώς τα ψυκτικά φορτία μειώθηκαν από 33158.77 σε 31465.68 KWh. Η επένδυση για την αγορά των 61 μηχανισμών που απαιτούνται εκτιμήθηκε στα 3360 € ενώ το οικονομικό όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας για 20 χρόνια ανέρχεται στα 4891.60 €. Συνεπώς με την επέμβαση αυτή γίνεται απόσβεση και επιπλέον υπάρχει συνολικό κέρδος 1231,60 € στα 20 έτη.

Παρά το γεγονός ότι το κτίριο διαθέτει εξωτερική τοιχοποιία με θερμομόνωση πετροβάμβακα μεταξύ των οπτοπλινθοδομών, εξετάστηκε η περίπτωση τοποθέτησης πρόσθετης εξωτερικής θερμομόνωσης από πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Οι διαφορές της θερμοκρασίας δεν ξεπέρασαν τους 0.4 °C, ούτε για την περίοδο του χειμώνα αλλά ούτε και για την περίοδο του καλοκαιριού, σε κανέναν χώρο του κτιρίου κάτι που αποτυπώθηκε στις συνολικές ανάγκες του για θέρμανση και ψύξη οι οποίες διαφοροποιήθηκαν μονάχα ελαφρώς. Συγκεκριμένα τα θερμικά φορτία μειώθηκαν κατά 1963.63 KWh από 19762.81 σε 17799.18 KWh, ενώ τα ψυκτικά κατά 1644.93 KWh από 33158.77 σε 31513.84 KWh. Η συνολική ετήσια μείωση ισούται με 3608.56 KWh ποσό που μεταφράζεται σε 521.09 € ετησίως και 10421.80 € για 20 χρόνια. Η τοποθέτηση των

πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης ήταν η μοναδική ζημιογόνος πρόταση ανασχεδιασμού αφού το κόστος της εκτιμήθηκε στα 38761.50 € και άρα υπολογίζεται να υπάρξει ζημία ίση με 28339.70 €

Μία επιπλέον πρόταση που εξετάστηκε ήταν η τοποθέτηση σκιάστρων στην ανατολική και νότια πλευρά του κτιρίου καθώς εμφανίζουν εξαιρετικά μεγάλες θερμοκρασίες το καλοκαίρι και άρα μεγάλη ανάγκη για ψύξη. Οι διαφοροποιήσεις στην θερμοκρασία των χώρων όπου τοποθετήθηκαν ήταν έντονες ξεπερνώντας τον 1 °C με την μέγιστη διαφορά να φτάνει τον 2.1 °C στα νότια γραφεία του Ά ορόφου και τον 1.51 °C στην γραμματεία προπτυχιακών του ΄Β ορόφου και στην νοτιοανατολική αίθουσα του Ά ορόφου. Βέβαια παρουσιάστηκε μια μείωση των θερμοκρασιών και κατά την διάρκεια του χειμώνα με την μέγιστη τιμή της να φτάνει τους 0.45°C που οδήγησε σε αύξηση των αναγκών για θέρμανση κατά 1282.17 KWh από 19762.81 σε 21044.98 KWh. Η μεγάλη όμως μείωση των ψυκτικών φορτίων κατά 4660.28 KWh την αντισταθμίζει και τελικώς το ενεργειακό όφελος 3378.11 KWh ανά έτος που αντιστοιχεί σε 488 €/έτος και συνολικά σε 9760 € σε ορίζοντα 20ετίας. Το εκτιμώμενο κόστος της αγοράς και τοποθέτησης των σκίαστρων είναι 5055.70 € με αποτέλεσμα η επένδυση να είναι κερδοφόρα κατά 4704.30 € στα 20 χρόνια.

7.2. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τέλος, για την περεταίρω βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου αιθουσών διδασκαλίας ΣΕΜΦΕ, εξετάστηκε η τοποθέτηση σκιάστρων στα ανοίγματα των νότιων και ανατολικών χώρων του κτιρίου και η η τοποθέτηση εξωτερικών οριζόντιων περσίδων με φωτοβολταϊκές συστοιχίες στα ανοίγματα της γραμματείας προπτυχιακών του ΄Β ορόφου σε αντιδιαστολή με την προηγούμενη πρόταση. Από την προσομοίωση στο πρόγραμμα ‘Energy Plus’ προέκυψε ότι με την πρόταση αυτή οι ανάγκες για θέρμανση και ψύξη μειώνονται από 52921.58 σε 49546.94 KWh ετησίως με μείωση κατά 5437.07 KWh στις ανάγκες για ψύξη αλλά αύξηση κατά 2062.43 KWh στις ανάγκες για θέρμανση. Από τα φωτοβολταϊκά πάνελ αναμένεται να παράγεται συνολική ενέργεια 2957.49 KWh ετησίως με αποτέλεσμα να έχουμε συνολικό ετήσιο ενεργειακό όφελος ίσο με 6332.13 KWh ποσό που ισοδυναμεί με 914.74 €/έτος και 18294.80 € σε σύνολο 20 ετών. Η αγορά και τοποθέτηση των σκιάστρων και των φωτοβολταϊκών πάνελ εκτιμήθηκε να έχει κόστος 15494.10 € και επομένως η τοποθέτηση τους έχει διπλό όφελος για το κτίριο αφού όχι μόνο εξοικονομούνται 3430.70 € σε 20 χρόνια αλλά παράλληλα δημιουργείται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας σε αυτό.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΔΟΜΗΣΗΣ

ΟΝΟΜΑ ΥΛΙΚΟΥ	**ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ/ ROUGHNESS**	**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ/CONDUCTIVITY [W/m*k]**	**ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ρ/ DENSITY [Kg/m^3]**	**ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗ-ΤΙΚΟΤΗΤΑ/ SPECIFIC HEAT [J/Kg*K]**
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	MEDIUM ROUGH	2,50	2400	1000
ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	MEDIUM ROUGH	0,87	1800	1000
ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΛΑΚΕΣ	MEDIUM ROUGH	0,30	1250	1000
ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ	MEDIUM ROUGH	1,84	2000	840
ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	MEDIUM ROUGH	1,40	2000	1100
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΠΑΝΕΛ ΠΕΤΡΟΒΆΜΒΑΚΑ	MEDIUM SMOOTH	0,026	40	1210
ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	MEDIUM SMOOTH	45,28	7824	500
ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΦΥΛΛΟ	MEDIUM ROUGH	0,23	1100	1000
ΜΑΡΜΑΡΟ	MEDIUM SMOOTH	3,5	2800	1000
ΓΕΩΥΦΑΣΜΑ	SMOOTH	0,04	120	1030
ΚΥΨΕΛΩΤΟ ΜΠΕΤΟ	MEDIUM ROUGH	0,23	600	1000
ΠΛΑΚΙΔΙΑ LINOLEUM	SMOOTH	0,17	1200	1400
DOW ROOFMATE	MEDIUM ROUGH	0,35	35	1450
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	MEDIUM ROUGH	0,03	30	1500
ΓΑΡΜΠΙΛΟΜΩΣΑΪΚΟ	MEDIUM ROUGH	1,40	2000	1100
ΚΡΟΚΑΛΕΣ	ROUGH	2,30	2600	1000
ΕΠΟΞΕΪΔΙΚΗ ΡΗΤΙΝΗ	MEDIUM SMOOTH	0,20	1200	1400
ΡΑΒΔΩΤΟ ΜΠΕΤΟ	MEDIUM ROUGH	2,50	2400	1000
ΞΥΛΟ	MEDIUM SMOOTH	0,15	608	1630
ΦΑΙΝΟΠΛΑΣΤΙΚΌ ΦΥΛΛΟ	SMOOTH	0,17	1390	900
ΠΕΤΡΟΒΆΜΒΑΚΑΣ	SMOOTH	0,04	60	840
ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ	ROUGH	0,60	1500	1000

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ/ Ά ΟΡΟΦΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ Ά ΟΡΟΦΟΣ
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΔΙΠΛΗ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΗ ΠΕΡΣΙΔΑ ΑΠΌ ΜΑΤ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ 4x18W	18	23
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΔΙΠΛΗ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΗ ΠΕΡΣΙΔΑ ΑΠΌ ΜΑΤ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ 2x36W	28	58
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ DOWNLIGHT ΧΩΝΕΥΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΕ ΔΥΟ ΣΥΜΠΑΓΕΙΣ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ 2x18W	3	2
ΣΤΕΓΑΝΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ DOWNLIGHT ΜΕ ΓΥΑΛΙΝΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΧΩΝΕΥΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΕ ΔΥΟ ΣΥΜΠΑΓΕΙΣ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ 2x18W	13	7
ΣΤΕΓΑΝΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΟΦΗΣ ΜΕ ΔΙΑΦΑΝΕΣ ΚΑΛΥΜΑ ΑΠΌ ΧΥΤΟΠΡΕΣΣΑΡΙΣΤΟ ΠΟΛΥΜΕΤΑΚΡΥΛΙΚΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ 2x36W	26	2
ΣΤΕΓΑΝΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΕ ΈΝΑ ΛΑΜΠΤΗΡΑ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ 18W	5	3

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΄Β ΟΡΟΦΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ SPOT ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΑ COMPACT ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ 18W	4
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ 36W ΜΕ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΟ ΑΝΤΑΥΓΑΣΤΗΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΣΙΔΕΣ	8
ΓΥΜΝΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ 36W	30
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΧΩΝΕΥΤΟ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΑ COMPACT ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ PL-50W	14
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΤΥΠΟΥ ΠΛΑΦΟΝΙΕΡΑΣ ΓΙΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΣΕ ΣΤΥΛΟ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΑ FLOOD-75W	6
ΑΠΛΙΚΑ ΕΠΙΤΟΙΧΗ ΣΤΕΓΑΝΗ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΑ COMPACT ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ PL-26W	3
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ DOWNNLIGHTER ΜΕ 2 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ COMPACT ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ 18W ΜΕ ΑΝΤΑΥΓΑΣΤΗΡΑ ΑΠΌ ΜΑΤ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΧΩΡΙΣ ΓΥΑΛΙ	52
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΜΕ 4 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ 18W ΜΕ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΟ ΑΝΤΑΥΓΑΣΤΗΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΣΙΔΕΣ	104
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΜΕ ΔΥΟ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ COMPACT ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ PL-18W	9
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΑ 11W ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ Ni-Cd	5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΧΩΡΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ [KWatt/συσκ]
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ / PC	43	0,25
ΔΥΚΤΙΑΚΟΣ ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ	5	0,70
ΠΡΟΤΖΕΚΤΟΡΑΣ	4	0,20
ΨΤΓΕΙΟ	3	0,06
ΦΟΥΡΝΟΣ	2	5
ΦΟΥΡΝΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ	1	0,30
ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ	1	2
ΤΑΧΥΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ	1	6
ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ	2	0,45
ΕΣΠΡΟΣΟΜΗΧΑΝΗ	1	0,80
ΑΣΑΝΣΕΡ	2	8,50
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΣΠΡΕΣΟΜΗΧΑΝΗ	1	1,15

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Αρχές Βιοκλιματής Αρχιτεκτονικής – Πράσινα Κτίρια, Στεφανία Τσαγκαρίδου-Λαζάρου
2. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα, Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής, ΚΑΠΕ, Πικέρμι 2002
3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΑΙ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ, Μ.Φυτίκας, Ν.Ανδριτσος, Ρ.Δρακούλης, Αθήνα 2008
4. Διδακτορική Διατριβή «Ενέργεια και Πράσινη Ανάπτυξη: Το Ενεργειακό Πρόβλημα στην Ελλάδα και οι πολιτικές για την μετάβαση στην πράσινη οικονομία», Καρβούνης Κ. Γεώργιος, Αθήνα 2014
5. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: Ενεργειακή Αναβάθμιση του Κτιρίου Φυσικής Ε.Μ.Π, στην περιοχή ζωγράφου με Βιοκλιματικά Κριτήρια, Εμμανουήλ Κακούρης, Αθήνα, Οκτώβριος 2012
6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ, ΚΛΕΙΩ Ν. ΑΞΑΡΛΗ
7. Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων και Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού , Ευγενία Α. Λάζαρη, Ημερίδα ENERGY-RES, 09/03/2007
8. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΠΟΧΗ, Αλεξάνδρα Καπλάνη
9. ΟΔΗΓΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Υπουργείο Εμπορίας, Βιομηχανίας και Τουρισμού, 2η Έκδοση, Σεπτέμβριος 2010
10. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Η ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, Μενέλαος Ξενάκης
11. Πρόγραμμα: Πράσινα Δώματα σε Δημόσια Κτίρια, Προδιαγραφές, Νοέμβριος 2011
12. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ, Ανδρέας Ανδρουτσόπουλος
13. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, ΄Β ΕΚΔΟΣΗ, Αθήνα, Απρίλιος 2012
14. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ, Ά ΕΚΔΟΣΗ, Αθήνα, Ιούλιος 2010
15. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ, ΄Β ΕΚΔΟΣΗ, Αθήνα, Απρίλιος 2012
16. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-5/2010 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ, Ά ΕΚΔΟΣΗ, Αθήνα Ιανουάριος 2011

17. ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ, ΦΕΥΡΟΥΑΡΙΟΣ 2009

ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΙΣΤΟΤΟΠΟΥΣ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ- INTERNET

[1]: http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu1-1-6

[2]: http://users.sch.gr/imarinakis/energy_history.htm

[3]: http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu2-1-1

[4]: http://www.allaboutenergy.gr/Piges22.html

[5]: 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

[6]: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285&language=el-GR

[7]: http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu2-1-3

[8]: http://www.cres.gr/energy-saving/technologies_exikonomisis_ener.htm

[9]: 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

[10]: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

[11]: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AC_%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1

[12]: 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

[13]: http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu2-3-1

[14]: http://users.sch.gr/imarinakis/solar_energy.htm

[15]: http://www.allaboutenergy.gr/HliakiEnergeia.html

[16]: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=286&language=el-GR

[17]: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

[18]: http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu2-3-2

[19]: http://users.sch.gr/imarinakis/aeolian_energy.htm

[20]: http://www.allaboutenergy.gr/AiolikiEnergeia.html

[21]: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=287&language=el-GR

[22]: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1

[23]: http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu2-3-3

[24]: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=483&language=el-GR

[25]: http://users.sch.gr/imarinakis/geothermal_energy.htm

[26]: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CE%B8%CE%B1%CE%BB%CF%80%CE%AF%CE%B1

[27]: http://www.proteus-powertech.gr/index.php/services-greek/energy-production-greek

[28]: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288&language=el-GR

[29]: http://renewablegreece.wikispaces.com/%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1+%CE%B1%CF%80%CF%8C+%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1

[30]: http://users.sch.gr/imarinakis/biomass_energy.htm

[31]: http://www.eunice-group.com/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=169&lang=el

[32]: http://abcfinancialgroup.gr/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1/

[33]: http://renewablegreece.wikispaces.com/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE+%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

[34]: http://users.sch.gr/imarinakis/hydraulic_energy.htm

[35]: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

[36]: http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484&language=el-GR

[37]: http://www.allaboutenergy.gr/YdravlikiEnergeia.html

[38]: 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

[39]: http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/eksoikonomhsh-energeias/stratigikes_exoikonomisis/bioklimatikos_sxediasmos/

[40]: http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu2-3-1-1

[41]: http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html

[42]: http://www.sts.gr/?page_id=11435

[43]: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses#TOC--

[44]: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_fragma.htm

[45]: http://www.sts.gr/?page_id=8636

[46]: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm

[47]: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm

[48]: http://www.econ3.gr/readmore.php?article_id=471295617172

[49]: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_yalopinakes.htm

[50]: http://4myhouse.gr/464/23/157/%CE%A0%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D

[51]: http://www.4m.gr/support/webhelpapol/methodgen.htm

[52]: http://renewablegreece.wikispaces.com/%CE%9F%CE%B9+%CE%91%CE%A0%CE%95+%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD+%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1+%CF%83%CE%AE%CE%BC%CE%B5%CF%81%CE%B1

[53]: http://www.colt.gr/products-and-systems/architectural-products/solar-shading-systems/overview.htm