



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός του κτιρίου του  
αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π  
Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου  
μέσω του λογισμικού EnergyPlus**



Γιαλίδη Δήμητρα

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

Αθήνα, Ιούλιος 2016





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός του κτιρίου του  
αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π  
Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου  
μέσω του λογισμικού EnergyPlus**

**Επιμέλεια : Γιαλίδη Δήμητρα**

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

Αθήνα, Ιούλιος 2016



Copyright © Γιαλίδη Δήμητρα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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



## Ευχαριστίες . .

Ολοκληρώνοντας την παρούσα Διπλωματική Εργασία αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά όλους εκείνους που με συμβούλεψαν, με δίδαξαν, με εμπιστεύτηκαν και με στήριξαν με τον δικό τους τρόπο.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή του τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π, για την ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Η βοήθεια, η καθοδήγηση και η υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου, ήταν πολύτιμη και ουσιαστική. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παναγιώτη Σέγκο για τη βοήθειά του στις μετρήσεις που έγιναν στο υπόγειο του κτιρίου.

Θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ, στους φίλους και συμφοιτητές μου για την κατανόηση και στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω αυτή την εργασία στην οικογένειά μου, εκφράζοντάς της τις πιο θερμές ευχαριστίες μου τόσο για την αγάπη, όσο και την ηθική και υλική συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Δήμητρα Γιαλίδη,

Ιούλιος 2016

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η μελέτη και η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου του Αμφιθεάτρου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Ύστερα από μελέτη και κατανόηση του μεγέθους της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος λόγω της μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας, κρίθηκε επιτακτική η ανάγκη εφαρμογής Βιοκλιματικού Σχεδιασμού. Προκειμένου να γίνει κάτι τέτοιο, η υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου προσομοιώθηκε μέσω του λογισμικού EnergyPlus. Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από το πρόγραμμα και συγκεκριμένα αυτά που αφορούσαν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, προτάθηκαν ορισμένες επεμβάσεις που στηρίζονται στις αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού. Για το συγκεκριμένο κτίριο, επιλέχθηκε να γίνει χρήση (i) εξωτερικής θερμομόνωσης, (ii) λαμπτήρων LED, (iii) φυτεμένου δώματος και (iv) εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στέγης στο υπό μελέτη κτίριο. Καθεμία από τις παραπάνω λύσεις προσομοιώθηκε εκ νέου στο λογισμικό προκειμένου να αξιολογηθούν η αποτελεσματικότητα και η οικονομική αποδοτικότητα των συστημάτων εφαρμογής τους.

## Abstract

The purpose of this diploma thesis is to study the energy retrofitting process of the building of the Auditorium of the Civil Engineering Department, located in the campus of the National Technical University of Athens in Zografou. Having fully understood the magnitude of the environmental burden due to the high energy consumption, it was decided that an urgent use of bioclimatic design was necessary. For the implementation, the simulation of the current situation of the Auditorium was necessary, which was implemented using the EnergyPlus software. After the analysis of the derived results, bioclimatic solutions were proposed in order to reduce the electrical consumption. For this building, four solutions were chosen to be applied: the outdoor Insulation, the LED lighting, the green roof and the rooftop Photovoltaic panels. Each of these solutions was simulated again in the software for the evaluation of both the effectiveness and the cost - efficiency.



# Περιεχόμενα

|   |     |
|---|-----|
| Ευχαριστίες .....   | ii  |
| Περίληψη .....  | iii |
| Εισαγωγή.....   | 1   |
| <b>1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο</b> : Ενεργειακό Πρόβλημα και Αειφόρος Ανάπτυξη .....   | 3   |
| 1.1 Ιστορική Αναδρομή Ενεργειακών Εξελίξεων .....                                 | 3   |
| 1.2 Ενεργειακό Πρόβλημα και τρόποι αντιμετώπισης .....                            | 4   |
| 1.2.1 Ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα .....                                      | 4   |
| 1.2.2 Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια .....                        | 5   |
| 1.2.3 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα.....                      | 7   |
| 1.3 Αειφόρος Ανάπτυξη .....   | 9   |
| <b>2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο</b> : Βιοκλιματικός Σχεδιασμός.....                     | 13  |
| 2.1 Εισαγωγή.....   | 13  |
| 2.2 Στόχος του ενεργειακού - βιοκλιματικού σχεδιασμού .....                       | 13  |
| 2.3 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού .....  | 15  |
| 2.3.1 Παθητικά συστήματα βιοκλιματικού σχεδιασμού.....                            | 19  |
| <b>3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο</b> : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....                  | 31  |
| 3.1 Ηλιακή Ενέργεια .....   | 33  |
| 3.2 Αιολική Ενέργεια.....   | 37  |
| 3.3 Γεωθερμική Ενέργεια.....  | 39  |
| 3.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....   | 41  |
| 3.5 Βιομάζα.....  | 42  |
| <b>4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο</b> : Προσομοίωση Αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών ..... | 45  |
| 4.1 Περιγραφή του κτιρίου.....  | 45  |
| 4.2 Λογισμικά Προσομοίωσης.....   | 47  |
| 4.2.1 SketchUp Make 2016 .....  | 47  |
| 4.2.2 OpenStudio plug-in.....   | 47  |
| 4.2.3 EnergyPlus .....  | 47  |
| 4.3 Δημιουργία μοντέλου στο SketchUp.....   | 50  |
| 4.4 Προσομοίωση στο EnergyPlus .....  | 53  |

|       |                                     |    |
|-------|-------------------------------------|----|
| 4.4.1 | Simulation Parameters .....         | 53 |
| 4.4.2 | Location and Climate.....           | 53 |
| 4.4.3 | Surface Construction Elements ..... | 54 |
| 4.4.4 | Thermal Zones and Surfaces .....    | 58 |
| 4.4.5 | Schedules .....                     | 61 |
| 4.4.6 | Internal Gains.....                 | 66 |
| 4.4.7 | Zone Airflow .....                  | 68 |
| 4.4.8 | HVAC Templates .....                | 70 |
| 4.4.9 | Output Reporting.....               | 71 |
| 4.5   | Αποτελέσματα Προσομοίωσης .....     | 73 |

|                               |   |           |
|-------------------------------|---|-----------|
| <b>5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο</b> | <b>: Σενάρια Ενεργειακής Βελτίωσης Αμφιθεάτρου_ Πολιτικών Μηχανικών .....</b> | <b>79</b> |
| 5.1                           | Γενική αναφορά επεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης.....                          | 79        |
| 5.2                           | Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης.....   | 79        |
| 5.2.1                         | Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus .....  | 79        |
| 5.2.2                         | Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης....               | 82        |
| 5.3                           | Τοποθέτηση Λαμπτήρων Εξοικονόμησης Ενέργειας .....                            | 90        |
| 5.3.1                         | Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus .....  | 90        |
| 5.3.2                         | Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης....               | 91        |
| 5.4                           | Τοποθέτηση Φυτεμένου Δώματος.....   | 92        |
| 5.4.1                         | Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus .....  | 93        |
| 5.4.2                         | Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης....               | 94        |
| 5.5                           | Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων .....                                     | 96        |
| 5.5.1                         | Εισαγωγή Παραμέτρων στο Πρόγραμμα PVGIS.....                                  | 97        |
| 5.5.2                         | Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης....               | 98        |
| 5.6                           | Συνολικά Αποτελέσματα Επεμβάσεων.....   | 100       |

|                               |  |            |
|-------------------------------|--|------------|
| <b>6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο</b> | <b>: Συμπεράσματα και Προτάσεις.....</b> | <b>103</b> |
|-------------------------------|--|------------|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Βιβλιογραφία ..... | 105 |
|--------------------|-----|

# Εισαγωγή

## **Αντικείμενο εργασίας**

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτιρίου του Αμφιθεάτρου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Οι πρακτικές που αναπτύσσονται αφορούν την επίτευξη θερμοκρασιακής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους και την ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου. Επίσης, μελετάται και η εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, το οποίο θα καλύπτει σε πολύ μεγάλο ποσοστό τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούνται για τη λειτουργία του κτιρίου.

Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι η κατανόηση της χρησιμότητας και της αποτελεσματικότητας υιοθέτησης αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Η μελέτη καλείται να αποδείξει ότι, ακόμη και σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις, υπάρχει δυνατότητα να εφαρμοστούν οικολογικές μέθοδοι και να εκμεταλλευτούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η ενεργειακή συμπεριφορά τους και να εξοικονομηθούν χρήματα με την πάροδο του χρόνου.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου του Αμφιθεάτρου, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης SketchUp Make 2016, με την προσθήκη της ηλεκτρονικής εργαλειοθήκης OpenStudio plug-in for SketchUp. Προκειμένου να γίνει η ενεργειακή ανάλυση, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό EnergyPlus. Επιπλέον, έγινε χρήση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας PVGIS για τον υπολογισμό του φωτοβολταϊκού συστήματος. Τέλος, προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα και να δημιουργηθούν τα διαγράμματα θερμοκρασιών και ενεργειακής κατανάλωσης, χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel.

## **Διάρθρωση**

Δομή εργασίας : Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας παρουσιάζεται το ενεργειακό πρόβλημα και η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης. Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύονται οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύονται οι διάφορες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου καθώς και της διαδικασίας προσομοίωσης, δηλαδή ο σχεδιασμός του κτιρίου μέσω του προγράμματος SketchUp και του OpenStudio plug-in, η ενεργειακή προσομοίωση στο EnergyPlus για την εξαγωγή

των αποτελεσμάτων και ο υπολογισμός του φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτιρίου μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας PVGIS. Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο εξετάζονται ορισμένα σενάρια για ενεργειακή βελτίωση και εξοικονόμηση ενέργειας, για τα οποία γίνεται εκ νέου προσομοίωση και μελετάται η αποτελεσματικότητά τους. Τέλος, στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και κάποιες μελλοντικές προτάσεις για το συγκεκριμένο κτίριο.

# 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο : Ενεργειακό Πρόβλημα και Αειφόρος Ανάπτυξη

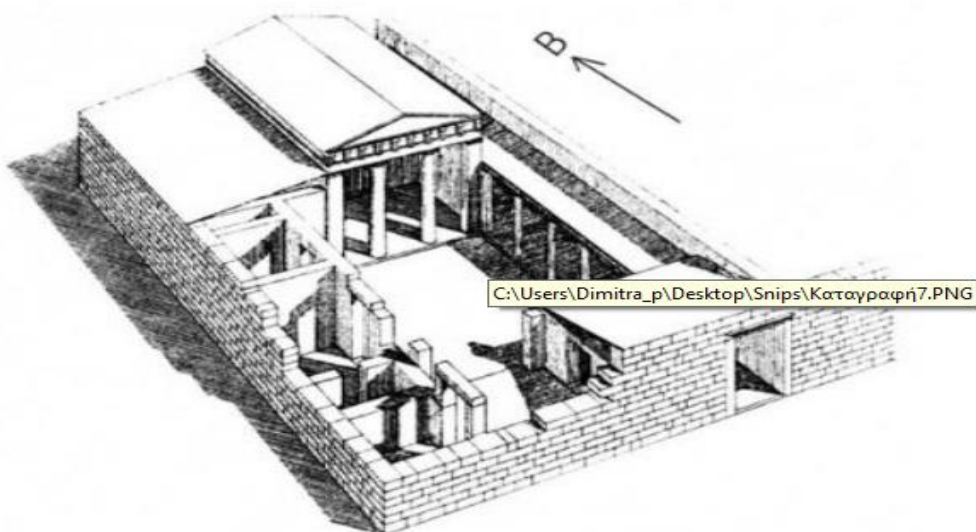
## 1.1 Ιστορική Αναδρομή Ενεργειακών Εξελίξεων

Αναμφίβολα η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι άμεσα συνδεδεμένη με την χρήση της ενέργειας. Δεν είναι καθόλου τυχαίο ότι ακόμα και τα ονόματα των εποχών προέρχονται από την ικανότητα του ανθρώπινου είδους να διαχειρίζεται τις διάφορες μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η λίθινη εποχή, η εποχή του σιδήρου όπως και η εποχή του χαλκού. [1]

Από τη λίθινη ακόμη εποχή, είναι γνωστό, ότι οι κάτοικοι των σπηλαίων χρησιμοποιούσαν την ενέργεια της φωτιάς αρχικά για το φωτισμό, τη θέρμανση και τη μαγειρική και με το πέρασμα των χιλιετιών για τη μεταλλουργία και την υαλουργία. Ωστόσο τα πρώτα καύσιμα ήταν τα ξερά χόρτα, το ξύλο, η κοπριά και στη συνέχεια το φυτικό και ζωικό λίπος (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

Με την πάροδο του χρόνου ο άνθρωπος ανακάλυψε τη δύναμη του ανέμου, δηλαδή την αιολική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως “μηχανική ενέργεια” για τις ανάγκες της ύδρευσης και άρδευσης, για την άλεση δημητριακών όσο και για την πραγματοποίηση των θαλάσσιων μεταφορών.

Με την ανακάλυψη του τροχού του νερού, περίπου το 200 π.Χ., αξιοποιείται η ενέργεια του νερού που έρρεε ή έπεφτε, για την άλεση των διάφορων σπόρων, δηλαδή την υδραυλική ενέργεια και σήμερα χρησιμοποιούμε τον σύγχρονο υδροστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως ο πρωτόγονος άνθρωπος αξιοποίησε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις διάφορες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). [2]



Εικόνα 1.1 : Εφαρμογή ενεργειακού σχεδιασμού στην αρχαία Ελλάδα [1]

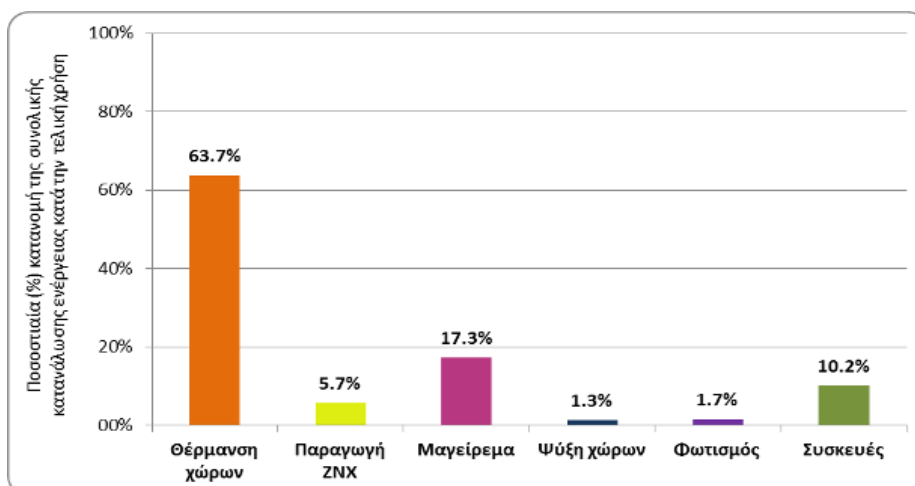
## 1.2 Ενεργειακό Πρόβλημα και τρόποι αντιμετώπισης

### 1.2.1 Ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα ο κανονισμός της θερμομόνωσης εισήχθη το 1979, ακολουθώντας το παράδειγμα των πρώτων γερμανικών προτύπων, καθορίζοντας μια μέγιστη τιμή θερμικής μετάδοσης για τα οικοδομικά στοιχεία, όπως τα παράθυρα, τους τοίχους, τις οροφές κλπ., για το κέλυφος και τις διάφορες γεωμετρίες των κτιρίων και για τις κλιματικές ζώνες. Κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας εφαρμογής του, η πλειοψηφία των κτιρίων δεν ήταν σωστά μονωμένα και μόνο πρόσφατα η οικοδόμηση των νέων κτιρίων περιλαμβάνει την προβλεπόμενη θερμική μόνωση των εξωτερικών τοίχων και των οροφών. [6]

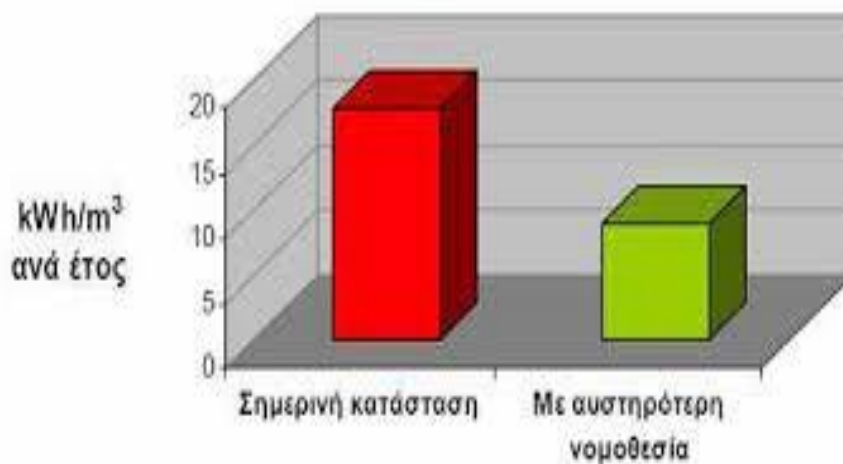
Μία κοινή πρακτική σε όλα τα νέα κτίρια αποτελούν τα διπλά τζάμια που είναι και η πιο συχνή πρακτική αποκατάστασης σε υπάρχοντα κτίρια. Ο μέσος όρος ζήτησης θερμικής ενέργειας των Ελληνικών κατοικημένων κτιρίων που χτίστηκαν πριν το 1980 είναι περίπου 140 kWh/m<sup>2</sup> σε σπίτια και 96 kWh/m<sup>2</sup> σε διαμερίσματα ενώ για τα σύγχρονα κτίρια εκτιμάται σε 92 - 123 kWh/m<sup>2</sup> και 75 - 94 kWh/m<sup>2</sup> αντίστοιχα. [6]

Ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής) καταναλώνει περίπου το ένα τρίτο των συνολικών ενεργειακών πόρων στη χώρα, συμβάλλοντας σχεδόν κατά 40% στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Περίπου 7,5 εκατ. τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ) καταναλώνονται ετησίως στον κτιριακό τομέα για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη και λειτουργία των απαραίτητων ηλεκτρικών συσκευών. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει πως κατανέμεται η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά νοικοκυριά. [7]



Εικόνα 1.2 : Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση [2]

Μέχρι σήμερα οι προσπάθειες εξοικονόμησης ενέργειας και εξορθολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης δυστυχώς απέτυχαν γιατί δεν υπήρξε ένα σαφές, συνεκτικό και φιλόδοξο πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας, εστιασμένο στον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας που δεν είναι άλλος από τα κτίρια. Οι δύο πιο σημαντικές κοινοτικές οδηγίες, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης της τελικής χρήσης και την παροχή υπηρεσιών στον τομέα της ενέργειας, δεν εφαρμόζονται ακόμη στη χώρα μας, η οποία δεν έχει επίσης παρουσιάσει, ως όφειλε, ένα σχέδιο δράσης για την εξοικονόμηση ενέργειας με τουλάχιστον 1% μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ετησίως. Η καθυστέρηση εφαρμογής των οδηγιών αυτών, αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά ατοπήματα, με συνέπειες που τις πληρώνουμε όλοι άμεσα αλλά και μακροχρόνια. [7]



Εικόνα 1.3 : Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων στην Ελλάδα [3]

### 1.2.2 Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

Τόσο η εξοικονόμηση ενέργειας όσο και η ορθολογική χρήση της αποτελεί πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και για την περιστολή της διαρροής συναλλάγματος από την εθνική οικονομία της χώρας μας, για την εξασφάλιση ορυκτών καυσίμων κυρίως του πετρελαίου. Η κατανάλωση ενέργειας ευθύνεται για το σημαντικότερο μέρος των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> και αέριων ρύπων.

Αδιαμφισβήτητα, υπάρχει η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, όπου η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και

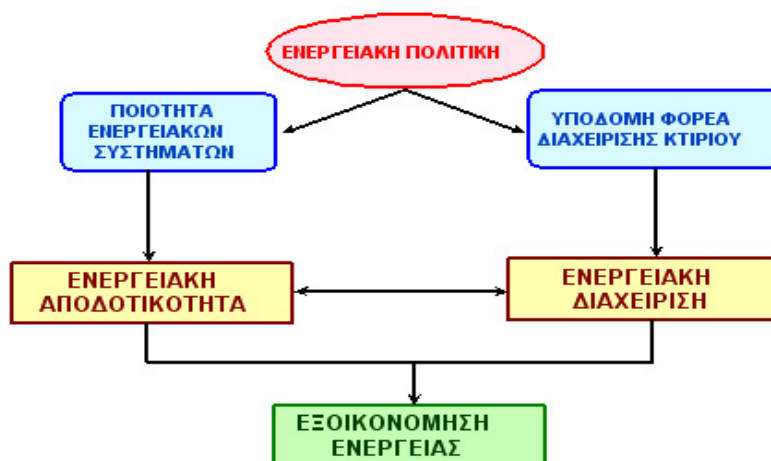
συσκευών καλύπτει σχεδόν το 30% του συνολικού ποσοστού συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4% από τα μέσα της δεκαετίας του 1970.

Πιο αναλυτικά οι πιο σημαντικοί παράγοντες που συμβάλλουν στο ενεργειακό πρόβλημα και καθιστούν απαραίτητες τις επεμβάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας είναι :

- Συνεχής αύξηση του πληθυσμού της γης
- Βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης του ανθρώπου. Αυτό συνεπάγεται τη χρήση όλο και περισσότερων ενεργοβόρων συσκευών για την κάλυψη των βασικών αναγκών όπως το μαγείρεμα, την χρήση ζεστού νερού, τα συστήματα κλιματισμού των εσωτερικών χώρων κτλ. Επίσης η εξέλιξη της τεχνολογίας συμβάλλει στη συνεχή δημιουργία νέων ενεργοβόρων συστημάτων και συσκευών που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής, όπως τα κινητά τηλέφωνα, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου κτλ., από τα οποία γίνεται άμεσα εξαρτώμενος ο άνθρωπος
- Η συνεχής μείωση των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων. Τα υγρά καύσιμα εξακολουθούν και σήμερα να είναι η κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού
- Η περιορισμένη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Αν και η τεχνολογία των ΑΠΕ συνεχώς εξελίσσεται, ακόμη και σήμερα η αξιοποίηση τους είναι περιορισμένη
- Οι απώλειες κατά την παραγωγή και μεταφορά ενέργειας. Οι απώλειες αυτές αφορούν κυρίως την τελική μορφή ενέργειας (ηλεκτρική, θερμική)
- Η μη ορθολογική χρήση ενέργειας η οποία οφείλεται κυρίως στην κακή ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των τελικών καταναλωτών. [6]

Με μια σωστή ενεργειακή πολιτική, η οποία θα προϋποθέτει μια καλή ποιότητα των ενεργειακών συστημάτων και τη σύσταση ενός διαχειριστικού φορέα των κτιρίων, το μόνο σίγουρο είναι πως θα έχουμε αποτέλεσμα στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Όσον αφορά την καλή ποιότητα των ενεργειακών συστημάτων, αναφέρεται στις κτιριακές εγκαταστάσεις όπου γίνεται προσπάθεια για την καλύτερη δυνατή απόδοσή τους. Σχετικά με τη σύσταση του διαχειριστικού φορέα, χρήσιμη είναι η σωστή υποδομή έτσι ώστε να είναι δυνατή η ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων με τους κατάλληλους ελέγχους. Γραφικά η απεικόνιση των προϋποθέσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.





Εικόνα 1.4 : Ενεργειακή Διαχείριση Κτιρίων - Παράγοντες εξοικονόμησης ενέργειας [4]

Η διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης αποτελείται από τέσσερα αλληλεξαρτώμενα στάδια, συγκεκριμένα τη σκέψη, το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την καταμέτρηση.

Η εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΞ.Ε) εξασφαλίζεται αρχικά μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των ενεργειακών συστημάτων με την προϋπόθεση ύπαρξης άριστης ποιότητας του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των τεχνικών μελετών που το προδιαγράφουν. Ο άλλος καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η Ενεργειακή Διαχείριση του κτιρίου, μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα.

### 1.2.3 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Έχοντας υπόψιν ότι η γη έχει πεπερασμένους υλικούς πόρους και βιολογική ικανότητα, οι άνθρωποι οφείλουν να ζήσουν μέσα στη φέρουσα ικανότητά της. Υπερβαίνοντας τη φέρουσα ικανότητα των γήινων οικοσυστημάτων, κατά τη διάρκεια του χρόνου αυτά μειώνονται και τελικά καταρρέουν, χρησιμοποιούνται παρά ανανεώνονται. Η οικοδόμηση και η λειτουργία των κτιρίων συμβάλλουν σε αυτά τα περιβαλλοντικά φορτία. Εκείνοι που σχεδιάζουν και αγοράζουν τα κτίρια, εντούτοις δεν έχουν καμία μέθοδο για να αξιολογήσουν τις περιβαλλοντικές επιδράσεις των ενεργειών τους. [6]

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η ραγδαία εγκατάσταση χιλιάδων κλιματιστικών συσκευών κακής ποιότητας (χωρίς μελέτη μηχανικού) κάθε χρόνο έχει καταστήσει τα ελληνικά νοικοκυριά ως τα πλέον ενεργοβόρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Επιπλέον, τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι. Την επόμενη

δεκαετία αναμένεται διπλασιασμός της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια για κλιματισμό, μέγεθος που πολύ δύσκολα θα μπορέσει να καλυφθεί. [9]

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

Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων. [8]

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

Υπάρχουν διάφορα επίπεδα στα ενεργειακά οφέλη που μπορούν να επιτευχθούν ανάλογα με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις και το ύψος των διαθέσιμων επενδύσεων. Μπορούν να εξεταστούν τόσο χαμηλού ή και μηδενικού κόστους μέτρα, όσο και μέτρα με κάποιο σημαντικό κόστος επένδυσης, για τα οποία απαιτείται η πληρέστερη οικονομική ανάλυσή τους πριν εφαρμοσθούν. Ενδεικτικά λοιπόν έχουμε : [10]

#### Μέτρα χαμηλού ή μηδενικού αρχικού κόστους

- Διακοπή λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού όταν δεν είναι απαραίτητα
- Κινητοποίηση των ενοίκων για αποδοτική χρήση της ενέργειας ( αυτό μπορεί να απαιτεί εκπαίδευση για τη βελτίωση του επιπέδου ενημέρωσης τους )

#### Μέτρα που περιλαμβάνουν κάποιο επίπεδο αρχικής επένδυσης

- Εισαγωγή συστημάτων ελέγχου - κεντρικά συστήματα θέρμανσης, σύστημα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης με στόχο την αύξηση του βαθμού απόδοσης των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης
- Βελτιώσεις στο κτίριο ή σε θέματα σχεδιασμού κάποιου νέου κτιρίου (π.χ. εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου, χρήση επιπλέον μόνωσης και εγκατάσταση διπλών παραθύρων)

- Βελτιώσεις στο φωτισμό με αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού
- Χρήση συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
- Βελτίωση στον κλιματισμό / εξαερισμό
- Εισαγωγή συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας όπως εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό χρήσης.

[10]

### 1.3 Αειφόρος Ανάπτυξη

Η αειφόρος ανάπτυξη ή «βιώσιμη ανάπτυξη» αναφέρεται στην οικονομική ανάπτυξη που σχεδιάζεται και υλοποιείται λαμβάνοντας υπόψιν την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιωσιμότητα.

Για το μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης ιστορίας, η γη φαινόταν απέραντη και οι φυσικοί της πόροι απεριόριστοι. Σήμερα, είναι πλέον γνωστό πως η γη είναι περιορισμένη τόσο σε μέγεθος όσο και σε φυσικούς πόρους. Οι μεταφορές, η βιομηχανία και η κατανάλωση ενέργειας αποτελούν πηγές ρύπανσης. Η ενίσχυση των υποδομών και της αστικοποίησης όχι μόνο διαταράσσει, αλλά και καταστρέφει τα οικοσυστήματα. Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των φυσικών πόρων απειλεί να τους εξαντλήσει, ενώ παράλληλα η απώλεια της βιοποικιλότητας από την καταστροφή των τροπικών δασών, η υπεραλίευση των θαλασσών και οι κλιματικές αλλαγές, επιβαρύνουν τα περιβαλλοντικά συστήματα όπως το νερό, το έδαφος και τον αέρα, σε βαθμό που αυτό δεν μπορεί να συνεχιστεί. Δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία ότι το μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης που ακολουθείται παγκόσμια δεν είναι βιώσιμο. [4]

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αναγνωρίζοντας τόσο τη σπουδαιότητα του τρόπου ζωής των σύγχρονων κοινωνιών όσο και των επιδράσεών τους στο περιβάλλον και την κατασπατάληση των περιορισμένων φυσικών πόρων της γης, προσπαθεί να επιτύχει την εισαγωγή και προώθηση της ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής διάστασης σε όλες τις πολιτικές της. Ανώτερος στόχος είναι η **αειφόρος ανάπτυξη**, δηλαδή, «μια ανάπτυξη που ανταποκρίνεται στις παρούσες ανάγκες χωρίς να υποθηκεύει τις δυνατότητες των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους». Με άλλα λόγια, η σημερινή ανάπτυξη πρέπει να μη θέτει σε κίνδυνο τις αναπτυξιακές δυνατότητες των μελλοντικών γενεών.

**Στόχος** της αειφόρου ανάπτυξης είναι να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου, με παράλληλη διαφύλαξη του περιβάλλοντος βραχυπρόθεσμα και, κυρίως, μακροπρόθεσμα. Η αειφόρος ανάπτυξη αποσκοπεί σε μια οικονομική ανάπτυξη η οποία να είναι αποτελεσματική, κοινωνικά δίκαιη και περιβαλλοντικά βιώσιμη. Η ιδέα όμως αυτή δεν είναι καινούργια. Πολλοί πολιτισμοί, μέσα από τους

αιώνες, αναγνώρισαν αυτή την ανάγκη της αρμονίας μεταξύ του περιβάλλοντος, της κοινωνίας και της οικονομίας. Το τι είναι καινούριο είναι η συστηματική πλέον αντιμετώπιση των προβλημάτων.

Ήδη από το 2005, ξεκίνησε η διαδικασία επανεξέτασης της στρατηγικής αυτής, η οποία κρίθηκε επιτακτική λόγω της επιδείνωσης των τάσεων που είναι αντίθετες προς την αειφόρο ανάπτυξη, όπως για παράδειγμα, αυξανόμενες πιέσεις στους φυσικούς πόρους, τη βιοποικιλότητα και το κλίμα, των νέων διεθνών δεσμεύσεων που είναι δυνατόν να συμβάλλουν στην παγκόσμια αειφόρο ανάπτυξη, των νέων απειλών για την ασφάλεια, όπως η τρομοκρατία, των φυσικών καταστροφών και της διεύρυνσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και της αναγκαιότητας για καθορισμό εθνικών στρατηγικών για την αειφόρο ανάπτυξη στα περισσότερα νέα κράτη μέλη. [4]

Με βάση τα παραπάνω, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μέσα από μια διαδικασία δημόσιου διαλόγου ολοκλήρωσε την Αναθεωρημένη Στρατηγική για την Αειφόρο Ανάπτυξη, η οποία και εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, τον Ιούνιο του 2006.

Οι βασικοί στόχοι της Αναθεωρημένης αυτής Στρατηγικής είναι :

- Προστασία του Περιβάλλοντος - Διατήρηση της ικανότητας της γης να ευνοεί τη ζωή σε όλη της την ποικιλία, την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την προώθηση αειφόρων προτύπων κατανάλωσης και παραγωγής
- Κοινωνική Δικαιοσύνη και συνοχή - Προώθηση μιας δημοκρατικής, υγιούς, ασφαλούς και δίκαιης κοινωνίας, βασισμένη στην κοινωνική ένταξη και τη συνοχή, που να σέβεται τα θεμελιώδη δικαιώματα και την πολιτιστική ποικιλομορφία, που να διασφαλίζει την ισότητα ανδρών και γυναικών και καταπολεμά κάθε μορφή διάκρισης
- Οικονομική ευημερία - Προώθηση μιας ακμάζουσας, καινοτόμου, πλούσιας σε γνώσεις, ανταγωνιστικής και οικολογικά αποτελεσματικής οικονομίας, που να εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο ζωής, πλήρη απασχόληση και ποιότητα εργασίας σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση
- Ανάληψη των διεθνών ευθυνών - Ενθάρρυνση της εφαρμογής, σε παγκόσμιο επίπεδο, δημοκρατικών θεσμών βασιζόμενων στην ειρήνη, την ασφάλεια και την ελευθερία και προάσπιση της σταθερότητας των θεσμών αυτών και ενεργός προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης σε ολόκληρο τον κόσμο. [4]

Οι κύριες προκλήσεις στην επίτευξη των παραπάνω στόχων είναι :

- Ο περιορισμός των κλιματικών αλλαγών, το κόστος και οι αρνητικές συνέπειες για την κοινωνία και το περιβάλλον και η παραγωγή καθαρής ενέργειας

- Η διασφάλιση βιώσιμων συστημάτων μεταφορών ώστε αυτά να ανταποκρίνονται στις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές ανάγκες
- Η προώθηση Βιώσιμης κατανάλωσης και παραγωγής
- Η βελτίωση της διατήρησης και διαχείρισης των φυσικών πόρων ώστε να αποφευχθεί η υπερεκμετάλλευσή τους
- Η προαγωγή της καλής Δημόσιας υγείας και η βελτίωση της προστασίας έναντι των κινδύνων που απειλούν την υγεία
- Η δημιουργία μιας κοινωνίας στην οποία να διευκολύνεται η κοινωνική ένταξη, η οποία να λαμβάνει υπόψη την αλληλεγγύη μεταξύ και εντός των γενεών και να εξασφαλίζει και βελτιώνει την ποιότητα ζωής των πολιτών
- Η προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης σε ολόκληρο τον κόσμο και ώστε οι εσωτερικές και εξωτερικές πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης να συμβιβάζονται με την παγκόσμια αειφόρο ανάπτυξη και με τις διεθνείς της δεσμεύσεις. [4]

Η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης δεν έχει ως μοναδικό ζητούμενο την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και την κοινωνία (και αυτό είναι το πιο κρίσιμο). Δεν αντιλαμβάνεται δηλαδή τη Γη ως μουσείο που μέσα της υπάρχουν οι φυσικοί πόροι, η κλωρίδα και η πανίδα, παραβλέποντας ότι υπάρχουν 7 δις που χρειάζονται τροφή, εκπαίδευση και περίθαλψη. Βάζει το στοιχείο της διαχείρισης των φυσικών πόρων και της προστασίας της βιοποικιλότητας από την πλευρά του περιβάλλοντος, το στοιχείο του δίκαιου εμπορίου, της ενεργειακής ασφάλειας και των διεθνών ανταλλαγών από την πλευρά της οικονομίας και το στοιχείο της διατροφής, της πρόσβασης στην υγεία και εκπαίδευση, το δικαίωμα στην πληροφόρηση από την πλευρά της κοινωνίας.

Το γεγονός ότι υπάρχουν πολλοί που δείχνουν ενδιαφέρον για το μοντέλο της αειφόρου ανάπτυξης, υποδηλώνει ότι η κάλυψη των αναγκών του μέλλοντος εξαρτάται άμεσα από το πόσο καλά θα εξισορροπηθεί η κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική κατάσταση - ανάγκη, εάν οι αποφάσεις ληφθούν σύντομα. [5]

Στην Ελλάδα του σήμερα αν θέλουμε να ερμηνεύσουμε τα πράγματα με βάση τα προγράμματα της αειφόρου ανάπτυξης, μάλλον θα δυσκολευτούμε να βρούμε αντιστοιχίες. Ποια οικονομία και ποια ανάπτυξη υπάρχει σήμερα; Ποια κοινωνία με την έννοια της συνοχής και της ευημερίας; Ποια προστασία του περιβάλλοντος; Η κουβέντα που είναι στην ημερήσια διάταξη και αφορά τις επενδύσεις είναι ιδιαίτερος αποπροσανατολιστική.

Σήμερα, επιτακτικά πρέπει να υπερασπιστούμε το μοντέλο της αειφόρου ανάπτυξης ως το πιο ολοκληρωμένο, καθώς λαμβάνει υπόψη του τον παράγοντα άνθρωπο και κάνει την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον έννοιες συμβατές μεταξύ τους. [29]

Βασικά χαρακτηριστικά των πράσινων προϊόντων/υπηρεσιών είναι τα πιο κάτω:

- Είναι ενεργειακά αποδοτικότερα και γενικά οικονομικότερα κατά τη λειτουργία τους
- Είναι λιγότερο ή καθόλου ρυπογόνα σε σχέση με άλλα προϊόντα που εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό
- Είναι ανθεκτικά, αναβαθμίζονται και επισκευάζονται εύκολα
- Μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και υπάρχει η αγορά και η υποδομή για την ανακύκλωσή τους, μετά το τέλος της ζωής τους. [4]

## 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο : Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

### 2.1 Εισαγωγή

Η «βιωσιμότητα» και η «αιφορία» είναι ένα σημαντικό θέμα που απασχολεί την κοινωνία και ειδικότερα τον τομέα της κατασκευής και χρήσης των κτιρίων. Η αντιμετώπιση των τρεχουσών αναγκών σε ατομικό ή ομαδικό επίπεδο, με την εκμετάλλευση των πηγών του πλανήτη δεν πρέπει να υπονομεύει τη δυνατότητα να καλυφθούν οι ανάγκες που θα προκύψουν στις μελλοντικές γενεές.

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό των κτιρίων εντάσσεται στο πλαίσιο της παραπάνω οικολογικής στρατηγικής, καθώς η θέρμανση των κτιρίων βασίζεται κυρίως στη χρήση του πετρελαίου και ο δροσισμός στην ηλεκτρική ενέργεια. Σημειώνεται ότι από το 1997 άρχισε η μεταφορά στην Ελλάδα του φυσικού αερίου, με την προσδοκία να καλυφθεί η απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων σε πρώτη φάση, κατά ένα ποσοστό της τάξεως του 7%. Οι μελετητές των κτιρίων και όσοι ασχολούνται άμεσα ή έμμεσα με τον τομέα των κατασκευών, καλούνται να προτείνουν λύσεις προσαρμοσμένες στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες και συγχρόνως καινοτόμες τεχνολογικά, ώστε να είναι συμβατές με τη διατήρηση των φυσικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος. [13]

Ο όρος « βιοκλιματικός » συνιστά έναν τομέα της αρχιτεκτονικής που κυριαρχείται από τις αρχές της οικολογίας και της βιωσιμότητας. Ο όρος «βιοκλιματικός σχεδιασμός» προϋποθέτει σχεδιασμό που στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Σκοπός του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι να δημιουργήσει αστικές περιοχές και κτίρια με σκοπό να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές τους ανάγκες χωρίς να προκαλέσει ζημιά στο περιβάλλον. [11]

Συνήθως ο βιοκλιματικός σχεδιασμός γίνεται με βάση το τοπικό κλίμα, αναφερόμενο ως μικροκλίμα, που έχει ως στόχο την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. [12]

### 2.2 Στόχος του ενεργειακού - βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματικός σχεδιασμός, έννοιες σχεδόν ταυτόσημες, έχουν έναν και μοναδικό στόχο. Να διασφαλίσουν αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες με τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου - χειμώνα καλοκαίρι - και συνεπώς να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται, οικονομικά, περιβαλλοντικά με τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, ποιότητα ζωής κ.λπ. Ο παραπάνω στόχος στην περίπτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιτυγχάνεται με καθαρά σχεδιαστικούς χειρισμούς, ή με διάφορες τεχνικές στην κατασκευή του κτιρίου, περιορίζοντας μ' αυτόν τον

τρόπο την εξάρτηση από το μηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση ή ψύξη των κτιρίων.

Για να επιτύχει κανείς τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας τη χειμερινή περίοδο, είναι δεδομένο ότι θα πρέπει να περιορίσει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου, (απώλειες με αγωγιμότητα και απώλειες αερισμού) με ταυτόχρονη μεγιστοποίηση των θερμικών ηλιακών κερδών. Τη θερινή φυσικά περίοδο, θα πρέπει να επιδιώκεται ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου με την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών και τη θερμική αποφόρτιση του κτιρίου μέσω του αερισμού και άλλων σχετικών μέτρων. [22]

Προκειμένου λοιπόν, ένα βιοκλιματικό κτίριο να επιτύχει τους παραπάνω στόχους, λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο τη χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο αντίστοιχα. Τον χειμώνα επομένως, συλλέγει την ημερήσια ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύει και την αποδίδει με τη μορφή θερμικής ενέργειας στους εσωτερικούς χώρους σταδιακά κατά τη διάρκεια των ψυχρών ωρών, ενώ το καλοκαίρι αξιοποιεί τη δροσιά του νυχτερινού αέρα για την ψύξη των εσωτερικών χώρων, διατηρώντας έτσι χαμηλές εσωτερικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της επόμενης μέρας. Αυτό που ουσιαστικά κάνει λοιπόν, είναι να αντλεί ή να απορρίπτει φορτία θέρμανσης και ψύξης από και προς το περιβάλλον, να τα διατηρεί και να μεταθέτει χρονικά την απόδοσή τους στον εσωτερικό χώρο. [25]



Εικόνα 2.1 : Λειτουργία βιοκλιματικού σπιτιού κατά το χειμώνα (αριστερά) και κατά το καλοκαίρι (δεξιά) [25]

Ο σχεδιασμός των κτιρίων πρέπει να βασίζεται σε ορισμένες αρχές και προδιαγραφές έτσι ώστε να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη τους ( μείωση θερμικού και ψυκτικού φορτίου ), αλλά και εκμετάλλευση ήπιων μορφών ενέργειας με σκοπό την κάλυψη του θερμικού και ψυκτικού τους φορτίου με σύγχρονο στόχο να επιτυγχάνεται και η μικρότερη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Ο όρος «ενεργειακός σχεδιασμός» ή «βιοκλιματικός σχεδιασμός» ή «ηλιακή αρχιτεκτονική» αναφέρεται στο σχεδιασμό που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, κλπ. με τρόπο ώστε το κτιριακό κέλυφος να τις τροποποιεί για να δημιουργείται εσωκλίμα που να παρέχει, με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες. [13]



Οι βασικότεροι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι :

- η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα
- η εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα
- η προστασία από τους δυνατούς ανέμους το χειμώνα
- η προστασία από την ακτινοβολία του ήλιου το καλοκαίρι
- η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι
- η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι

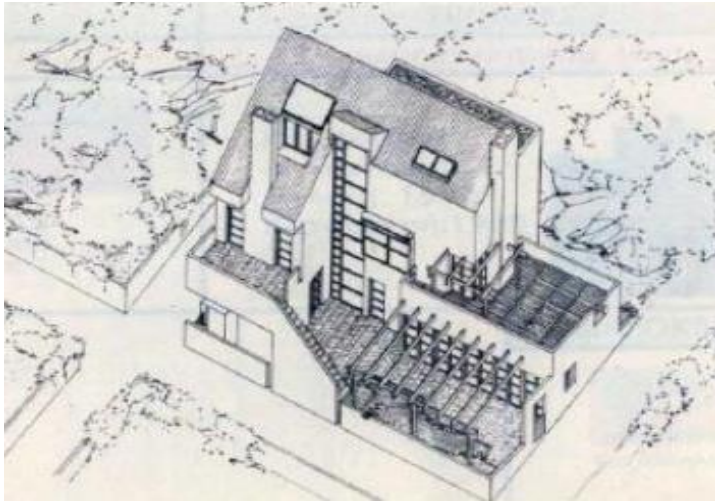
Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή αυτού του τρόπου σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους :

- παραγωγή θερμικής ενέργειας μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου
- δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων που αφορούν τη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι)
- εξοικονόμηση ενέργειας από τη σημαντική μείωση απωλειών εξαιτίας της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων
- διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα χαμηλά για το καλοκαίρι και υψηλά το χειμώνα, με στόχο τη μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά τη χρήση του κτιρίου. [23]

### **2.3 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού**

Ήδη από την αρχαιότητα, οι παραδοσιακοί οικισμοί εναρμονίζονται με το τοπίο, προσαρμόζονται με το ανάγλυφο του εδάφους και αξιοποιούν τα κλιματικά πλεονεκτήματα του τόπου.

Τις ίδιες αρχές που οι πρόγονοί μας χρησιμοποιούσαν από ανάγκη για να κτίσουν τις κατοικίες τους, έτσι ώστε να αντιμετωπίζουν τις μεταβολές του καιρού, χρησιμοποιούμε και εμείς σήμερα για να δημιουργήσουμε ένα εσωτερικό περιβάλλον για άνετη και υγιεινή διαβίωση των κατοίκων. [24]



Εικόνα 2.2 : Βιοκλιματική κατοικία στην Αίγινα [19]

Η βιοκλιματική λογική, μέσα από τη διαδικασία του σχεδιασμού του δομημένου χώρου, έχει ως στόχο την άμεση εξοικονόμηση ενέργειας και την προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον τους. Ένα κτίριο, προκειμένου να αξιολογηθεί ως οικολογικό, πράσινο ή γενικότερα βιώσιμο, θα πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις οι οποίες περιλαμβάνουν διάφορους παράγοντες, που διαφέρουν ανάλογα με τις τοπικές ιδιαιτερότητες.

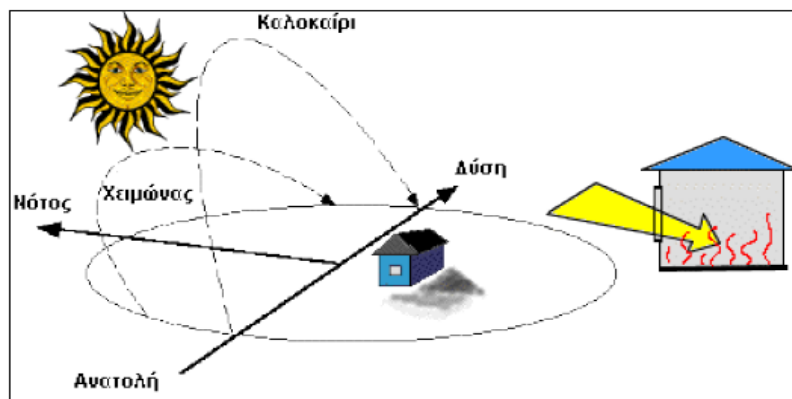
Η απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που τον καθιστά “ευαίσθητο” σε εξωγενείς και μη τεχνικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό, βασικά κριτήρια για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να είναι :

- η μικρή συμβολή της χρήσης του κτιρίου στη λειτουργία των συστημάτων
- η χρήση ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων
- η απλότητα χρήσης των εφαρμογών καθώς και η αποφυγή πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών
- η χρήση τεχνικο-οικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών

Βασική αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελεί ο Νότιος προσανατολισμός του κτιρίου και ειδικότερα η εκμετάλλευση της νότιας πλευράς του για παθητική ηλιακή θέρμανση και η βόρεια για προστασία από τους ισχυρούς ανέμους και ανάσχεση της θερμότητας. Οι αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού συνοψίζονται παρακάτω :

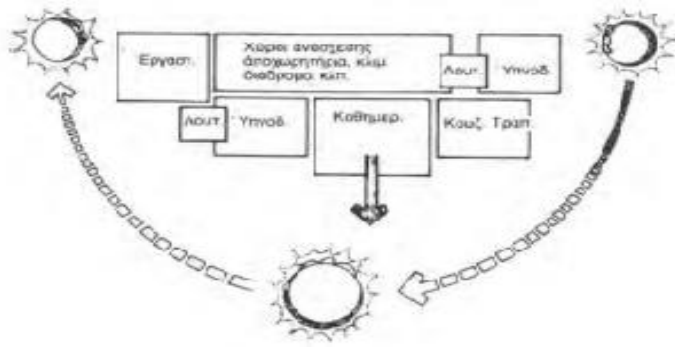
- το πιο κατάλληλο - αποδοτικό σχήμα για μια κατοικία είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής - δύσης, καθώς προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς την νότια πλευρά για τη συλλογή της ηλιακής θερμότητας τη χειμερινή περίοδο
- η κατοικία θα πρέπει να διαθέτει μεγάλα ανοίγματα στη νότια πλευρά, μέτριου μεγέθους στην ανατολική και δυτική ενώ στη βόρεια μικρότερου μεγέθους

- η κατασκευή της τοικοποιίας θα πρέπει να περιλαμβάνει συμπαγή υλικά για καλύτερη προστασία από τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι γυάλινες επιφάνειες, όπως τα παράθυρα και οι πόρτες θα πρέπει να αποτελούν τον πιο απλό ηλιακό συλλέκτη
- κρίνεται απαραίτητη η εκμετάλλευση της εδαφικής θερμικής αδράνειας όπου αυτό είναι δυνατό, όπως σε έδαφος μεγάλης κλίσης
- τα τοποθετημένα ανοίγματα στην κατεύθυνση Βορρά - Νότου συνεισφέρουν στον διαμπερή αερισμό γι' αυτό και πρέπει να υπάρχουν ανοίγματα και στην βόρεια πλευρά. Έτσι επιτυγχάνεται και ο φυσικός δροσισμός τους καλοκαιρινούς μήνες
- ορισμένες επεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου, όπως η αεροστεγάνωση και η θερμομόνωση, διασφαλίζουν τη θερμική προστασία του κτιρίου τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο
- τη θερινή περίοδο, για την απομάκρυνση του μεγάλου ποσού θερμότητας που συσσωρεύεται στο κτίριο, εφαρμόζονται τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός τις νυχτερινές ώρες
- η μεγαλύτερη πλευρά του κτιρίου πρέπει να μην αποκλίνει πάνω από 30 μοίρες από την νοτιοδυτική κατεύθυνση



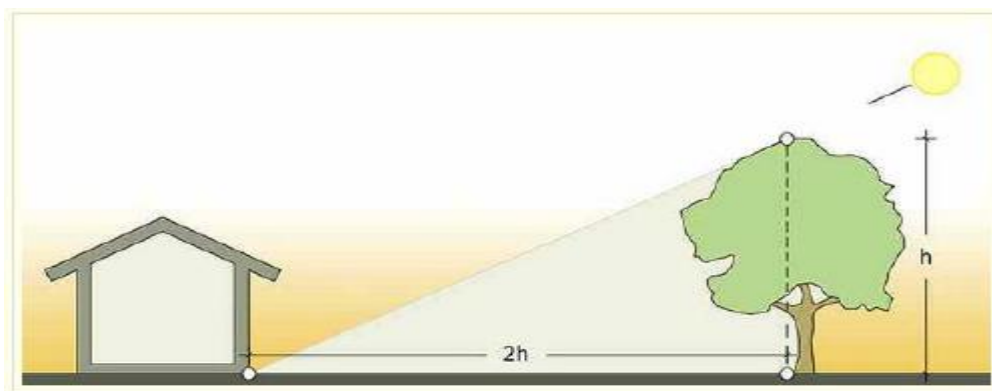
Εικόνα 2.3 : Προσανατολισμός του κτιρίου για βέλτιστη εκμετάλλευση του ήλιου [5]

- κατάλληλη χωροθέτηση των εσωτερικών χώρων : χώροι με απαίτηση χαμηλότερης θερμοκρασίας, να τοποθετούνται στη βόρεια πλευρά, ώστε να αποτελούν φράγμα των θερμικών απωλειών, μεσολαβώντας ανάμεσα στους θερμούς χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον. Στην αστική κατοικία είναι το γκαράζ, το κελάρι, οι χώροι υγιεινής. Αντίθετα, οι χώροι που θα κατοικούνται όλη τη μέρα και έχουν απαιτήσεις για υψηλή θερμοκρασία τοποθετούνται στη νότια πλευρά



Εικόνα 2.4 : Διάταξη των χώρων μιας ενεργειακά σωστής κατοικίας [13]

- καθοριστικό ρόλο έχει και το μικροκλίμα γύρω από το κτίριο. Αξιοποίηση τόσο της υπάρχουσας βλάστησης όσο και εκ νέου φύτευση για εξασφάλιση σκίασης τους θερινούς μήνες. Εκτός από τη σκίαση, η βλάστηση χρησιμεύει και στην προστασία από τους ανέμους και πιο συγκεκριμένα, μια καλή λύση είναι η φύτευση μεγάλων φυλλοβόλων δένδρων στις νότιες και δυτικές πλευρές του κτιρίου, ενώ αντίστοιχα στη βόρεια πλευρά καλό είναι να υπάρχουν αιθαλή δένδρα ώστε να προστατεύουν από τους χειμερινούς ανέμους
- εάν υπάρχει κάποιο εμπόδιο στη νότια πλευρά που δεν επιτρέπει τον ηλιασμό του κτιρίου τους χειμερινούς μήνες, τότε θα πρέπει να τηρούνται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις από αυτό που εξαρτώνται από το γεωγραφικό πλάτος του κάθε τόπου. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι για τη Βόρεια Ελλάδα το μεσημέρι της 21<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο) οι αποστάσεις αυτές είναι περίπου διπλάσιες από το ύψος του εμποδίου [25]



Εικόνα 2.5 : Ελάχιστη απόσταση ανεμπόδιστου ηλιασμού, 21 Δεκεμβρίου, μεσημέρι, Β. Ελλάδα ( Γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ$  ) [25]

### 2.3.1 Παθητικά συστήματα βιοκλιματικού σχεδιασμού

Για να εφαρμοστούν οι βασικές βιοκλιματικές αρχές και να επιτευχθούν οι στόχοι, που θέτει η βιοκλιματική αρχιτεκτονική χρησιμοποιείται μια ήπια τεχνική για την αξιοποίηση και εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας τα λεγόμενα «παθητικά συστήματα». Η εφαρμογή των παθητικών συστημάτων στον σχεδιασμό του κτιρίου έχει ως σκοπό τη βελτίωση του ενεργειακού του προφίλ, των ιδιαίτερων αναγκών των χώρων καθώς και του οφέλους της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Με τη σωστή χρήση της ηλιακής ενέργειας αλλά και των φαινόμενων μεταφοράς θερμότητας από την εφαρμογή αρχιτεκτονικών στοιχείων βελτιώνεται η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου είτε συνολικά είτε στις επιμέρους ζώνες αυτού. [26]

Τα παθητικά συστήματα ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους από θερμική άποψη, χωρίζονται στις παρακάτω ενότητες :

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

#### 2.3.1.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Η εφαρμογή των παθητικών ηλιακών συστημάτων προϋποθέτει ένα κτίριο σχεδιασμένο σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από το χώρο της συλλογής στην αποθήκη θερμότητας ή και στο χώρο που θα θερμανθεί.

Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφανή υλικά τα οποία αποτελούνται από ορισμένες θερμοφυσικές ιδιότητες όπως η απορροφητικότητα, η διαπερατότητα και η ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία όπως επίσης και η θερμοπερατότητα και η ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας. Τέτοια διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται είναι οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά ή πολυεστερικά) και η διαφανής θερμομόνωση.

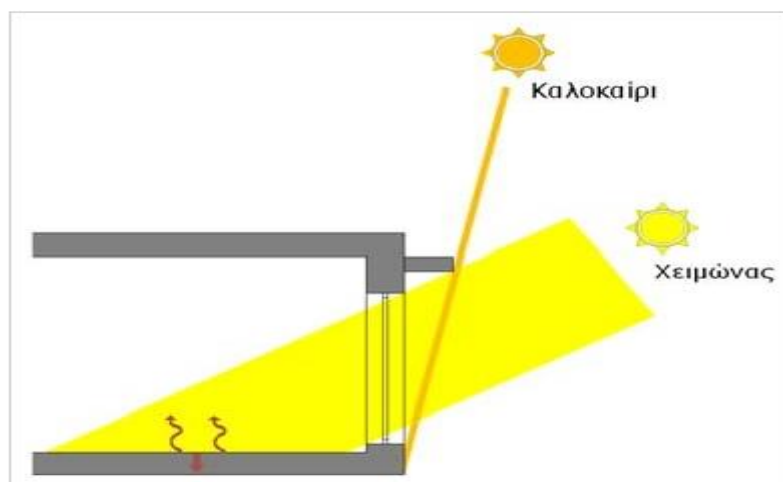
Τα υλικά αποθήκευσης της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και είναι συνήθως οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων. [27]

- Σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους

Συστήματα με άμεσο ή απευθείας ηλιακό κέρδος είναι τεχνικές που αφορούν τον πλεονεκτικό προσανατολισμό, καθώς το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας δεσμεύεται, εφόσον τα ανοίγματα προσανατολίζονται στο νότο. Το μέγεθος, η θέση και η κλίση των ανοιγμάτων είναι τέτοια, ώστε ο ηλιασμός που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια να διανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο. Η αποτελεσματικότητα της κατηγορίας αυτής, εξασφαλίζεται συνδυαστικά με την ανάλογη θερμική μάζα του κτιρίου ενισχυμένη από υλικά με θερμοαπορροφητικότητα που συντηρούν την θερμότητα, όπως η πέτρα και το μπετόν. [26]

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτιρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή, το κτίριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας. Όλα τα ανοίγματα του κτιρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Στη θερινή περίοδο, με το άνοιγμα των παραθύρων το βράδυ και τη δημιουργία νυχτερινού αερισμού, πραγματοποιείται η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων, ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας.

Η διαφορά ενός κτιρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους» από ένα κτίριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα. Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. [27]



Εικόνα 2.6 : Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους [27]

- Σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα συστήματα που αξιοποιούν έμμεσα τα ηλιακά οφέλη για τη θέρμανση του κτιρίου. Αυτά τα συστήματα απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο κέλυφος και ύστερα επιτρέπουν στη θερμότητα να διεισδύσει στους χώρους διαβίωσης. Ο θερμικός τοίχος (τοίχος μάζας, Trombe ή τοίχος νερού) το δώμα θερμικής αποθήκευσης και ο τοίχος μεταξύ του θερμοκηπίου και του χώρου διαβίωσης, είναι οι κύριες εφαρμογές των μηχανισμών έμμεσου κέρδους.

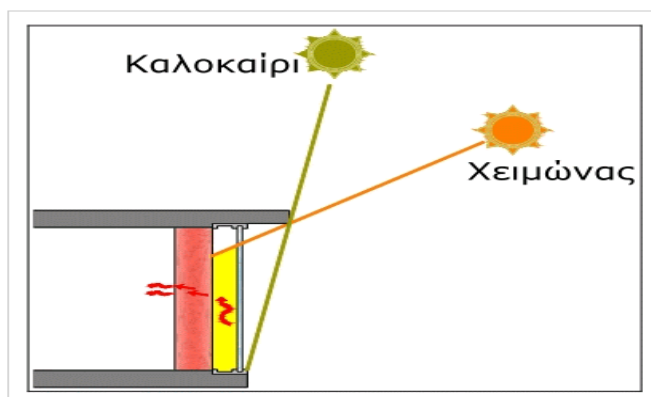
### Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι η συνδυασμένη κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα (ή άλλου διαφανούς στοιχείου με υψηλό συντελεστή διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας), η οποία αποτελεί τμήμα του κτιριακού περιβλήματος. Αναλόγως της κατασκευής του διακρίνεται σε:

- Ηλιακό τοίχο μη θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος μάζας και ηλιακός τοίχος νερού)
- Ηλιακό τοίχο θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος Trombe - Michelle)

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι ένα σύστημα που περιλαμβάνει έναν τοίχο χωρίς θερμομόνωση, με νότιο προσανατολισμό ή με απόκλιση έως 30°, προς την Ανατολή ή τη Δύση, κατασκευασμένο από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που λειτουργεί ως αποθήκη και διανομέας της θερμότητας, και ένα διαφανές υλικό τοποθετημένο σε μια ελάχιστη απόσταση 10 εκ. προς την εξωτερική του πλευρά, που χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στον τοίχο μπορεί να ενσωματώνονται θυρίδες για την κυκλοφορία του αέρα (τοίχος Trombe-Michelle).

Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από το διαφανές στοιχείο μετατρέπεται σε θερμότητα στο χώρο μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στον τοίχο. Από εκεί μεταδίδεται με αγωγιμότητα, με ακτινοβολία ή και με μεταφορά, ανάλογα με την κατασκευή του συστήματος, στο χώρο. Ταυτόχρονα το διαφανές υλικό και, σε ορισμένες περιπτώσεις επιπρόσθετα και το ακίνητο στρώμα αέρα μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου λειτουργεί ως μονωτικό στρώμα για τη μείωση των θερμικών απωλειών από το θερμό τοίχο προς το εξωτερικό ψυχρό περιβάλλον.



Εικόνα 2.7 : Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης [27]

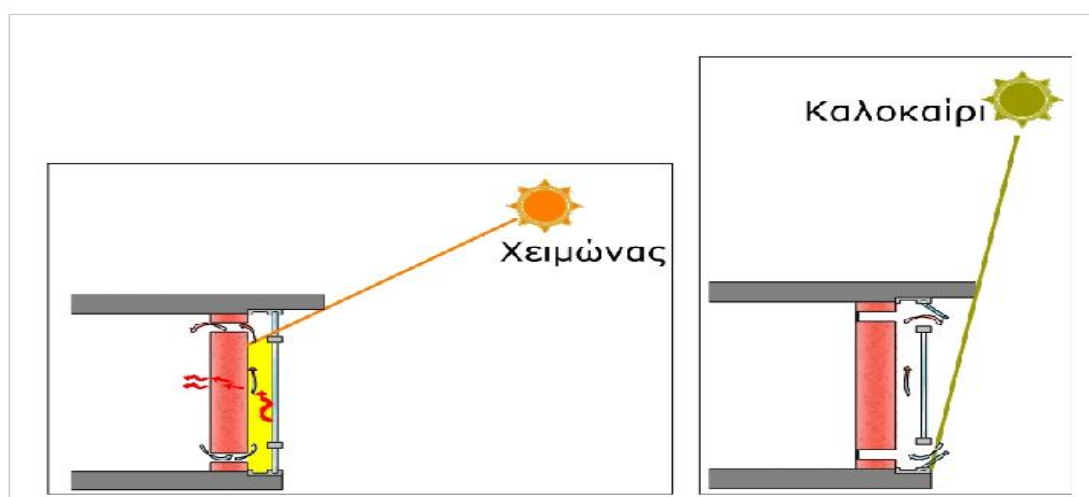
## Τοίχος Trombe - Michelle

Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης κατασκευασμένος από υλικά τοιχοποιίας, με θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του συμπαγούς τμήματος, οπότε η μετάδοση της θερμότητας προς την πλευρά του εσωτερικού χώρου γίνεται - εκτός από την αγωγιμότητα - και με φυσικό θερμοσιφωνισμό. Ο αέρας, που βρίσκεται μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου, θερμαίνεται καθώς εφάπτεται στο θερμό τοίχο κι από τις θυρίδες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του τοίχου εισέρχεται στον κατοικήσιμο χώρο, ενώ συγχρόνως εισέρχεται από την κάτω θυρίδα στο διάκενο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου, ο οποίος και θερμαίνεται. Με αυτόν τον τρόπο αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο χώρο στις περιόδους της ηλιοφάνειας και η θέρμανση του χώρου αρχίζει αμέσως με τη θέρμανση του τοίχου και συνεχίζεται έως 2 με 3 ώρες μετά το σκιασμό του.

Κατά τις νυχτερινές ώρες της χειμερινής περιόδου οι θυρίδες πρέπει να κλείνουν (αρκεί μόνον το κλείσιμο των επάνω θυρίδων), ώστε να μην προκαλείται αντίστροφη κυκλοφορία του αέρα. Οι θυρίδες μπορεί να κλείνουν χειροκίνητα ή με αυτοματισμό, με χρονομετρητή ή με θερμική ή οπτική διέγερση (όταν μειωθεί η εξωτερική θερμοκρασία ή το επίπεδο φωτισμού).

Οι θυρίδες τοποθετούνται κατά μήκος όλου του τοίχου και όσο το δυνατόν πιο κοντά στην οροφή και στο δάπεδο. Η απόσταση μεταξύ των επάνω και κάτω θυρίδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2.0m και η συνολική επιφάνεια των θυρίδων να μην υπολείπεται του 2% της συνολικής επιφάνειας του τοίχου.

Για το καλοκαίρι, θα πρέπει να προβλεφθεί ηλιοπροστασία και να ανοίγουν τμήματα του υαλοστασίου (φεγγίτες ή θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του υαλοστασίου) για να επιτρέπεται η διαφυγή του θερμού αέρα, που υπάρχει στο χώρο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου προς το εξωτερικό περιβάλλον και να εξασφαλίζεται η αποφόρτιση της θερμότητας και ο δροσισμός του τοίχου.



Εικόνα 2.8 : Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες [27]



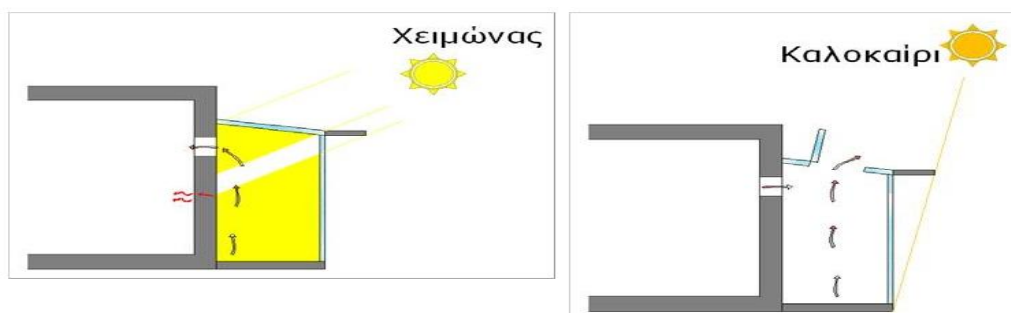
## Θερμοκήπιο - Ηλιακός Χώρος

Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο είναι ένας συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτίριο, δηλαδή, αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες : τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτίριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον έμμεσα θερμαινόμενο από τον ηλιακό χώρο, κύριο κατοικήσιμο χώρο. Οι δύο ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα, με ή χωρίς θερμομόνωση και με ή χωρίς υαλοστάσια. Αντί για υαλοστάσια ο ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κύριο χώρο. Ο ηλιακός χώρος συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών, διευκολύνει την παραγωγή αγροτικών προϊόντων για οικιακή χρήση και προσφέρει χρηστικό χώρο στους ενοίκους.

Για να χαρακτηριστεί ένας χώρος ως θερμοκήπιο, πρέπει να μην είναι θερμαινόμενος, να προσαρτάται στο κτίριο και να διαθέτει μεγάλα υαλοστάσια με ευνοϊκό προσανατολισμό προς το Νότο, με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$ , διανεμημένα στις εξωτερικές του επιφάνειες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το θερμοκήπιο - ηλιακός χώρος, επίσης, λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Σχεδόν όλες τις ώρες της ημέρας ο ηλιακός χώρος έχει υψηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος κι έτσι συμβάλλει στη μείωση των θερμικών απωλειών από το κτίριο.

Η θερμική συνεισφορά του ηλιακού χώρου εξαρτάται από το γεωμετρικό σχήμα και τον τρόπο σύνδεσής του με το κτίριο. Η απόδοσή του είναι συγκρίσιμη και πολλές φορές καλύτερη από την απόδοση ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης, που έχει την ίδια επιφάνεια υαλοστασίου.



Εικόνα 2.9 : Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια [27]

### **2.3.1.2 Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού**

Η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού παρέχει δροσισμό απομακρύνοντας το επιπλέον θερμικό φορτίο έξω από το κτίριο και από το

ανθρώπινο σώμα χρησιμοποιώντας τον αέρα. Κίνηση του αέρα είναι δυνατόν να προκληθεί από φυσικές δυνάμεις, ή από μηχανικά μέσα (π.χ. ανεμιστήρες οροφής). Ο αέρας κινείται από περιοχές υψηλής πίεσης σε περιοχές χαμηλής πίεσης. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία αέρα είναι χαμηλότερη από την εσωτερική ο αερισμός του κτιρίου μπορεί να αποβάλλει προς τον εξωτερικό χώρο τα θερμικά ή ηλιακά κέρδη που συσσωρεύτηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας, εξασφαλίζοντας στο κτίριο δροσερό αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Συμβάλλει, επομένως στην εξασφάλιση θερμικής άνεσης και στην ευεξία των ανθρώπων που βρίσκονται σε ένα χώρο. [24]

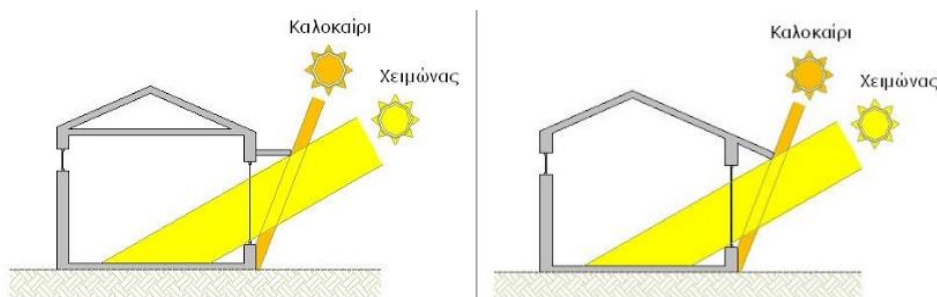
Οι τεχνικές και σχεδιαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου, οι οποίες συμβάλλουν στον φυσικό του δροσισμό, είναι οι ακόλουθες :

- **Ηλιοπροστασία**

Το καλοκαίρι οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές και η ηλιακή ακτινοβολία έντονη, με αποτέλεσμα το κτίριο να απορροφά θερμότητα, πολύ περισσότερη μάλιστα όταν είναι εκτεθειμένο στον ήλιο, με άμεσες επιπτώσεις στο εσωτερικό του ( κίνδυνος υπερθέρμανσης ).

Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα, ο σκιασμός του κτιρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, είναι αναγκαίος για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, ενώ για τους μήνες Μάιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο είναι επιθυμητός κατά κανόνα τις μεσημβρινές ώρες. Κατά συνέπεια, τα συστήματα σκίασης πρέπει να παρέχουν αποτελεσματική προστασία από τον ήλιο το καλοκαίρι, χωρίς όμως να παρεμποδίζουν τον ηλιασμό του κτιρίου το χειμώνα ή να περιορίζουν τον φυσικό του φωτισμό. Ο σκιασμός ολόκληρου του κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί - υπό την προϋπόθεση ότι πρόκειται για χαμηλό κτίριο - με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης σε θέσεις κατάλληλες, έτσι ώστε να διακόπτεται ο ηλιασμός τους καλοκαιρινούς μήνες.

Η ηλιοπροστασία του κτιρίου επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους και μέσα όπως όπως η φυσική βλάστηση, τα γεωμετρικά στοιχεία (προεξοχές) του κτιρίου, σκιάστρα μόνιμα ή κινητά, εξωτερικά ή εσωτερικά των ανοιγμάτων, υαλοπίνακες με ειδικές επιστρώσεις ή ειδικής επεξεργασίας (ανακλαστικοί, επιλεκτικοί, ηλεκτροχρωμικοί, κ.λπ.). Παρακάτω φαίνονται ενδεικτικά κάποιες εικόνες με τον τρόπο που επιτυγχάνεται η ηλιοπροστασία του κτιρίου.



Εικόνα 2.10 : Οριζόντιες προεξοχές για σκίαση νότιας όψης [27]

- **Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών**

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 τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Για παράδειγμα, ένα δώμα βαμμένο με σκούρο χρώμα μπορεί να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία αυξημένη κατά 32°C, σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Αντίθετα, η επιφανειακή θερμοκρασία ενός δώματος βαμμένου με ασβέστη, μόλις ξεπερνά τον 1°C σε σχέση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Επίσης, η υφή των εξωτερικών επιφανειών - αδρή ή λεία - επηρεάζει την ανακλαστική τους ικανότητα και κατά συνέπεια την απορρόφηση ή μη της θερμότητας.

- **Θερμομόνωση**

Το καλοκαίρι, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από τις εσωτερικές, δημιουργείται ροή θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον στον εσωτερικό χώρο. Η εφαρμογή θερμομόνωσης στο κέλυφος περιορίζει τη διείσδυση θερμότητας και αποτρέπει, ως ένα βαθμό, την υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.

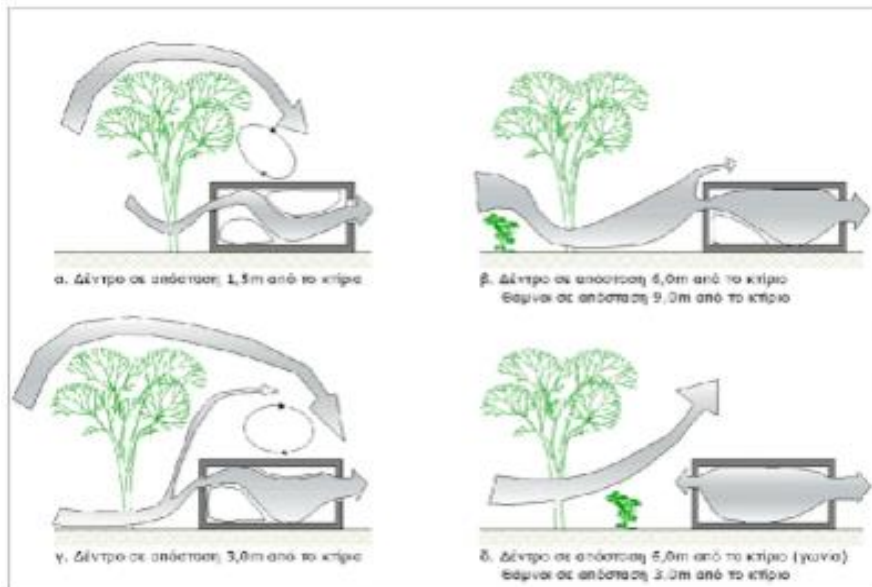
Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, η θερμομόνωση πρέπει να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του κελύφους του κτιρίου, η οποία λειτουργεί εξίσου ικανοποιητικά και το χειμώνα. Έτσι επιτυγχάνεται διπλή προστασία του κελύφους, αλλά και προστασία από φθορές και βλάβες της κατασκευής από τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες.

Επισημαίνεται ότι η εξωτερική θερμομόνωση πρέπει να μην είναι εκτεθειμένη άμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον, γιατί υφίσταται φθορές, κυρίως από την υπεριώδη ακτινοβολία. Συνεπώς η θερμομονωτική στρώση πρέπει να επικαλύπτεται είτε με επίχρισμα είτε με κάποιο άλλο προστατευτικό υλικό.

- **Φυσικός αερισμός**

Ο φυσικός αερισμός ενός εσωτερικού χώρου έχει πολλαπλά οφέλη, όταν χρησιμοποιείται βάσει «στρατηγικής». Η παροχή φρέσκου αέρα στο χώρο βελτιώνει την ποιότητα του αέρα απομακρύνοντας ρύπους, σκόνη, μικρόβια κ.λπ. και μπορεί να εξασφαλίσει θερμική άνεση στους χρήστες ψύχοντας το χώρο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Το σύστημα φυσικού αερισμού που επιλέγεται κάθε φορά εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη διαμόρφωση του εξωτερικού περιβάλλοντος, την εσωτερική διαμόρφωση του κτιρίου και επιπλέον από οικονομικά κριτήρια. Ο φυσικός αερισμός των χώρων ενός κτιρίου πραγματοποιείται με τη φυσική εισροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο

εσωτερικό του κτιρίου. Προϋποθέτει ότι η θερμοκρασία του αέρα εξωτερικού περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από αυτή του εσωτερικού χώρου και των δομικών του στοιχείων. Η εισροή αέρα μπορεί να συμβεί είτε λόγω διαφοράς πίεσης, είτε λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, είτε από συνδυασμό των δυο. Και οι δύο παραπάνω λόγοι προκαλούν την κίνηση του αέρα, ο οποίος διαμέσου των ανοιγμάτων οδηγείται στο εσωτερικό και κυκλοφορεί απάγοντας θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κελύφους και μειώνοντας τη θερμοκρασία του χώρου.



Εικόνα 2.11 : Η θέση των δέντρων και των θάμνων καθορίζει την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου [27]

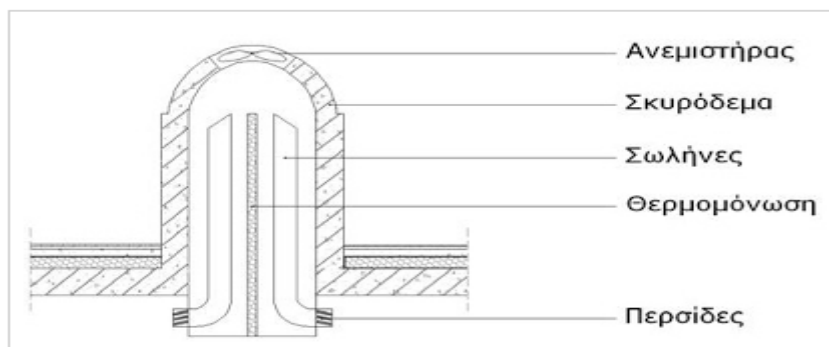
Ο φυσικός αερισμός διασφαλίζεται και με ορισμένες κατασκευές ενταγμένες στο κέλυφος του κτιρίου, όπως για παράδειγμα η ηλιακή καμινάδα και η καμινάδα αερισμού :

Η ηλιακή καμινάδα τοποθετείται για να απομακρύνει την υγρασία από τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου και αποτελεί προεξοχή αυτού, της οποίας η μία πλευρά νότια, ανατολική ή δυτική είναι γυάλινη με περσίδες στο άνω μέρος. Μπορεί επίσης να είναι μία ορθογωνική διατομή, προσαρτημένη στην εξωτερική πλευρά του τοίχου, που συνδέεται με τον εσωτερικό χώρο με άνοιγμα/θυρίδα. Στο ανώτατο σημείο της καμινάδας τοποθετείται θυρίδα αερισμού προς το εξωτερικό περιβάλλον, επιτρέποντας τη συνεχή κίνηση του αέρα.

Η καμινάδα αερισμού αποτελεί τεχνική βασιζόμενη στην εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα, με την λειτουργία μικρού ανεμιστήρα στην κορυφή, στο άνοιγμα της καμινάδας. Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αποτελεσματικά και με τον άνεμο, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό.



Εικόνα 2.12 : Ηλιακές καμινάδες στο *Building Research Establishment*,  
*Watford, United Kingdom* [20]



Εικόνα 2.13 : Ενδεικτική μορφή καμινάδας αερισμού [27]



Εικόνα 2.14 : Καμινάδες αερισμού, κτίριο γραφείων στο *Cambridge* [21]



- **Φύτευση δωμαίων**

Στην Ελλάδα οι ακτίνες του ήλιου είναι κατά κύριο λόγο κάθετες, με αποτέλεσμα να χτυπάνε απευθείας τις οροφές των σπιτιών. Είναι πολύ σημαντικό η στέγη να είναι καλά μονωμένη ώστε να προστατεύεται το κτίριο από τη βροχή και την υγρασία, να έχει την απαραίτητη κλίση ώστε να απομακρύνονται τα νερά και να παρέχει θερμική προστασία. [26]

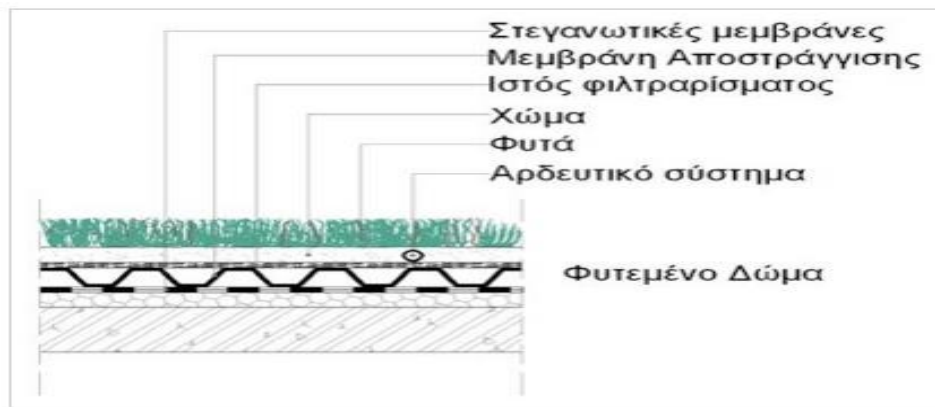
Οι πράσινες στέγες συμβάλλουν αποτελεσματικά στη βελτίωση του μικροκλίματος, γιατί απορροφούν μεγάλη ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, επομένως μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα στο άμεσο περιβάλλον, παράγουν οξυγόνο και φιλτράρουν τη σκόνη. Η εφαρμογή τους σε κλίμακα γειτονιάς έχει πολλαπλά ευεργετικά αποτελέσματα, όπως περιορισμό του Φαινομένου της Θερμικής Νησίδας στο κέντρο της πόλης (μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών και της θερμοκρασίας αέρα) και σημαντική μείωση της παραγόμενης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα το οποίο και απορροφούν. Για το Ελλαδικό κλίμα, η θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να είναι κατά 17 °C χαμηλότερη τον Ιούλιο (μέσος όρος), σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα συμβατικό δώμα από τσιμεντένιες πλάκες.

Επιπρόσθετα, τα φυτεμένα δώματα προσφέρουν σημαντική προστασία από θορύβους και συμβάλλουν στην ορθολογική διαχείριση του νερού της βροχής. Τέλος, στη θέση των ακρησιμοποιητών, απρόσωπων δωμαίων διαμορφώνονται χώροι αισθητικά ευχάριστοι, υγιεινοί, χρήσιμοι για επικοινωνία και ψυχαγωγία των ενοίκων του κτιρίου.



Εικόνα 2.15 : Φυτεμένο δώμα [29]

Ως προς την κατασκευή των φυτεμένων δωμαίων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην διάστρωση των αναγκαίων διαδοχικών στρώσεων η οποία φαίνεται στην παρακάτω εικόνα :



Εικόνα 2.16 : Οι διαδοχικές στρώσεις των υλικών για τη φύτευση [29]

### 2.3.1.3 Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε αστικά κτίρια και ειδικά σε κτίρια γραφείων, νοσοκομεία, εργαστήρια, σχολεία, κ.λπ., στα οποία οι ανάγκες για φωτισμό είναι εξαιρετικά υψηλές και σε ποσότητα αλλά και σε ποιότητα.

Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει από τη μείωση της λειτουργίας του συστήματος τεχνητού φωτισμού μέσω της αντικατάστασης του με φυσικό κατά τη διάρκεια της ημερήσιας λειτουργίας του κτιρίου. Επιπλέον, μειώνονται τα εσωτερικά φορτία από την εκπομπή θερμότητας από τα φωτιστικά σημεία κι συνεπώς μειώνεται το ψυκτικό φορτίο τη θερινή περίοδο. Ταυτόχρονα σκοπός είναι η επίτευξη της οπτικής άνεσης και η εξασφάλιση φωτισμού καλύπτοντος τις υπάρχουσες ανάγκες. Επιπλέον το φως επαναπροσδιορίζει τις αρχιτεκτονικές μορφές, βελτιώνει τις συνθήκες διαβίωσης και προκαλεί ψυχική ανάταση. [22] , [26]

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού αποτελούν :

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

Τα συστήματα αυτά συνδυάζονται με συγκεκριμένες τεχνικές που αφορούν στο σχεδιασμό των ανοιγμάτων, στις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων, στα φωτομετρικά χαρακτηριστικά επιφανειών του χώρου και των ανοιγμάτων του (υφή, χρώμα, φωτοδιαπερατότητα υλικών) και στη χρήση ανακλαστήρων, για την εξασφάλιση επάρκειας και ομαλής κατανομής του φυσικού φωτός. Οι συνηθέστερες τεχνολογίες φυσικού φωτισμού αφορούν υαλοπίνακες με

συγκεκριμένες ιδιότητες, πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία, διαφανή μονωτικά υλικά και ανακλαστήρες (ράφια φωτισμού ή ανακλαστικές περσίδες). [30]



*Εικόνα 2.17 : Κινητές περσίδες που εξασφαλίζουν φυσικό φωτισμό [6]*



*Εικόνα 2.18 : Τεχνική φυσικού φωτισμού με Ανοίγματα στην οροφή [7]*



### 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο : **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

Οποιοδήποτε φυσικό σύστημα περιέχει μια ποσότητα που ονομάζεται ενέργεια. Επομένως με τον όρο ενέργεια εννοούμε την ικανότητα ενός συστήματος ή σώματος να παράγει έργο. Πίσω από κάθε φυσικό φαινόμενο κρύβεται και μια από τις πολυποίκιλες μορφές ενέργειας.

Όσον αφορά στους φυσικούς πόρους - πηγές που χρησιμοποιούμε για να την αποκτήσουμε, διακρίνουμε την ενέργεια σε ανανεώσιμη και μη ανανεώσιμη ή συμβατική.

Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ΑΠΕ) ή ήπιες μορφές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια αποτελούν μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας προερχόμενες από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως είναι ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια. [3]

Οι ΑΠΕ είναι πρακτικά ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο τόσο στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο όσο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. [1]

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι ακόλουθες :

- **Ηλιακή ενέργεια** ( ήλιος) - με υποτομείς τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τη φωτοβολταϊκή μετατροπή
- **Αιολική ενέργεια** ( άνεμος )
- **Γεωθερμική ενέργεια** ( γεωθερμία ) - υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας
- **Υδροηλεκτρική ενέργεια**

- **Βιομάζα** - θερμική ή χημική ενέργεια με την παραγωγή βιοκαυσίμων, τη χρήση υπολειμμάτων δασικών εκμεταλλεύσεων κ.λπ.



Εικόνα 3.1 : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας [8]

### Πλεονεκτήματα αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες - μειώνουν την εξάρτηση από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους οι οποίοι με το πέρασμα του χρόνου εξαντλούνται
- Είναι εγχώριες - ενισχύουν την ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο
- Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες - οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, ανακουφίζουν τα συστήματα υποδομής και μειώνουν τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας
- Αξιοποιούν ορθολογικά τους ενεργειακούς πόρους - μπορούν να καλύπτουν τις ανάγκες, τόσο σε μεγάλη κλίμακα εφαρμογών όσο και σε μικρή
- Έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος - δεν επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και κυρίως των τιμών των συμβατικών καυσίμων
- Δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας - ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο
- Αποτελούν πυρήνα αναζωογόνησης υποβαθμισμένων - οικονομικά και κοινωνικά - περιοχών και πόλο τοπικής ανάπτυξης με την προώθηση επενδύσεων που βασίζονται στη συμβολή των ΑΠΕ (καλλιέργειες θερμοκηπίου με γεωθερμική ενέργεια)
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό [1] , [14]

### 3.1 Ηλιακή Ενέργεια

Ο όρος ηλιακή ενέργεια αναφέρεται στο σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, επομένως δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Οι προσπάθειες για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας έχουν ιστορία χιλιετιών. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. [15]



Εικόνα 3.2 : Ηλιακή Ενέργεια [9]

#### Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτίρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού καθώς τη συλλέγουν και την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και στη συνέχεια τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο γυαλί του θερμοκηπίου και ειδικότερα στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Προκειμένου να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της

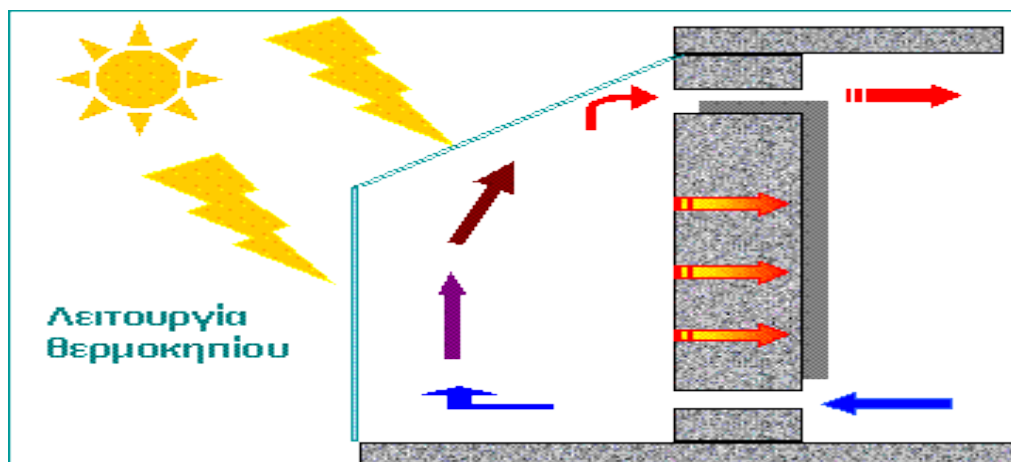
ημέρας το χειμώνα, θα πρέπει όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα να έχουν προσανατολισμό περίπου νότιο.

Το πιο συνηθισμένο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Ένα νότιο οριζόντιο σκίαστρο μπορεί να εμποδίσει τον καλοκαιρινό ήλιο που έρχεται από πιο ψηλά να μπει απευθείας στο χώρο.

Τα υπόλοιπα παθητικά συστήματα είναι συστήματα έμμεσου κέρδους και διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Ηλιακοί τοίχοι** : Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου είτε μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο.
- **Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι)** : Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.
- **Ηλιακά αίθρια**: είναι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια.

Όλα τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού.

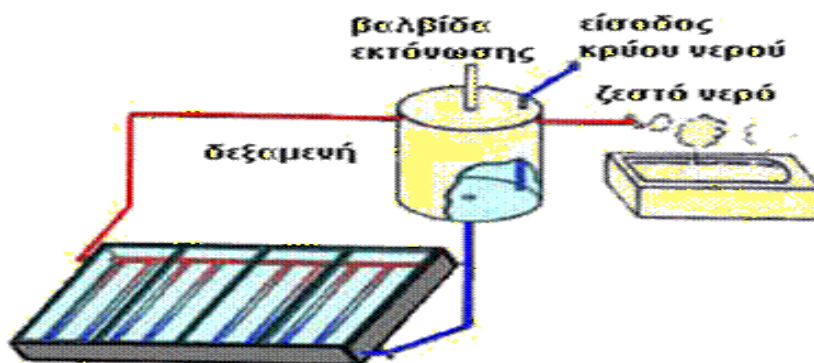


Εικόνα 3.3 : Λειτουργία θερμοκηπίου [10]

## Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανικές κατασκευές ικανές να συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, να τη μετατρέπουν σε αξιοποιήσιμη (θερμική, ψυκτική ή ηλεκτρική), να αποθηκεύουν τμήμα αυτής και να τη διανέμουν προς χρήση.

Τα πλέον διαδεδομένα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι οι Ηλιακοί Συλλέκτες για παραγωγή θερμού νερού χρήσης και τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μικρής ισχύος. Η "καρδιά" ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης που είναι συνήθως τοποθετημένος στην ταράτσα ή στη στέγη ενός σπιτιού. Ο συλλέκτης αυτός περιλαμβάνει μια μαύρη, συνήθως επίπεδη μεταλλική επιφάνεια, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται. Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα (συνήθως από γυαλί ή πλαστικό) που παγιδεύει τη θερμότητα (φαινόμενο θερμοκηπίου). Σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια τοποθετούνται λεπτοί σωλήνες μέσα στους οποίους διοχετεύεται κάποιο υγρό, που απάγει την θερμότητα και τη μεταφέρει, με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητές), σε μια μεμονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης. Το πιο απλό και διαδεδομένο σήμερα ενεργητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού είναι ο γνωστός μας ηλιακός θερμοσίφωνας. [15]



Εικόνα 3.4 : Διάγραμμα Ηλιακού Θερμοσίφωνα [11]



Εικόνα 3.5 : Ηλιακός Συλλέκτης [12]

## Φωτοβολταϊκά Συστήματα

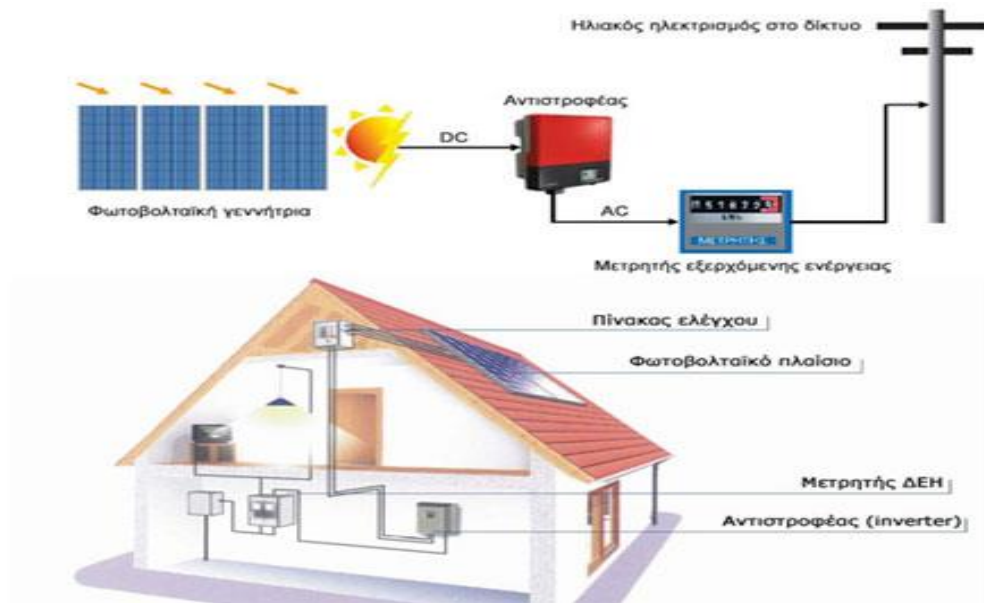
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια από τις πιο εξελισσόμενες τεχνολογίες σε ό,τι αφορά την ενέργεια, αφού χρησιμοποιούμε την ηλιακή ενέργεια, η οποία είναι ανεξάντλητη, με σκοπό να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια. Ο τρόπος λειτουργίας των φωτοβολταϊκών στηρίζεται στην μετατροπή της ακτινοβολίας του ήλιου που προσπίπτει πάνω σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, πάνελ. Το φωτοβολταϊκό πάνελ είναι ένα από τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, γιατί είναι η επιφάνεια που απορροφά την ηλιακή ενέργεια. [15]

Η κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι πολύ δαπανηρή και απαιτεί τη χρήση τοξικών ουσιών. Ωστόσο, μετά την κατασκευή τους, τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν προκαλούν ρύπανση, είναι ανθεκτικά και χρειάζονται λίγη συντήρηση. Αυτά τα χαρακτηριστικά τα καθιστούν ιδανικά για χρήση σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου είναι δύσκολη η συντήρηση ή δεν διατίθεται ηλεκτρικό δίκτυο. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν χαμηλή απόδοση. Αυτό συμβαίνει, επειδή για το φωτοβολταϊκό φαινόμενο απαιτείται φως με επαρκή ενέργεια, το οποίο αντιστοιχεί μόνο στο 25% όλου του ηλιακού φωτός περίπου. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται για να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης απαιτεί πολύ μεγάλη περιοχή με ηλιακά πλαίσια. Ωστόσο, η κάλυψη της στέγης ενός σπιτιού μπορεί να προσφέρει την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται ένα νοικοκυριό.

Καταβάλλονται προσπάθειες να βελτιωθεί ο τρόπος παραγωγής των φωτοβολταϊκών στοιχείων, με σκοπό να χρησιμοποιούνται λιγότερο επιβλαβείς χημικές ουσίες για την κατασκευή τους, να μειωθεί το κόστος τους και να αυξηθεί η απόδοσή τους. [14]

Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με διαστάσεις πλευρών 120-160mm. Για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων χρησιμοποιούνται δύο τύποι πυριτίου, το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που είναι διαθέσιμα στο εμπόριο αποτελούνται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους, τα οποία επικαλύπτονται με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτίζονται σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο - σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν. Έτσι, ένα φωτοβολταϊκό πάνελ 36 κυψελών μπορεί να έχει ονομαστική ισχύ 70-85 W, ενώ μεγαλύτερα πάνελ μπορεί να φτάσουν και τα 200 W ή και παραπάνω. [16]





Εικόνα 3.6 : Λειτουργία Φωτοβολταϊκού συστήματος [13]



Εικόνα 3.7 : Φωτοβολταϊκό Πάρκο [14]

## 3.2 Αιολική Ενέργεια

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί μια πρακτική που έχει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αποτελούν τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Σήμερα, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας γίνεται με τις ανεμογεννήτριες (Α/Γ).

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές με τις οποίες η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της 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 της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Η πλήρης κάλυψη ή και η συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών γίνεται μέσω των ανεμογεννητριών. Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες, είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις Α/Γ, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Η πρώτη μέθοδος αποθήκευσης γίνεται με τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες), η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση Η/Ε παραγόμενης από Α/Γ και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη Η/Ε είναι μεγάλη.



Εικόνα 3.8 : Αιολικό Πάρκο [15]

Η αιολική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Η εκμετάλλευση του υψηλού της δυναμικού στη χώρα μας, σε συνδυασμό με τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών που ενσωματώνεται στις σύγχρονες αποδοτικές ανεμογεννήτριες, έχει τεράστια σημασία για τη βιώσιμη ανάπτυξη, την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. [18]



Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό, σε αρκετές περιοχές της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Ευβοίας και φυσικά στα νησιά του Αιγαίου. Σε αυτές τις περιοχές θα συναντήσουμε και τα περισσότερα αιολικά πάρκα, τα οποία αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών σε βέλτιστη διάταξη για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα από το 1997 έως το 2013. [17]



Διάγραμμα 3.9 : Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1997 - 2013 [16]

### 3.3 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια από τις πιο καθαρές, αξιόπιστες και ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας η οποία έχει να κάνει με τη χρήση της θερμότητας που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η θερμότητα αυτή εξέρχεται στην επιφάνεια σε μορφή ατμού ή θερμού νερού μέσω ηφαιστειακών εκροών, ρηγμάτων του υπεδάφους, κυκλοφορίας των υπόγειων υδάτων καθώς και από φυσικούς υδάτινους ταμιευτήρες υψηλής θερμοκρασίας.

Σε κάποια μέρη της γης η γεωθερμική ενέργεια αναβλύζει στην επιφάνεια ως πίδακες ζεστού νερού, η χρήση των οποίων είναι ήδη γνωστή από τους αρχαίους χρόνους και αποσκοπούσε κυρίως στη δημιουργία λουτρών και άλλων οικιακών χρήσεων. Η χρήση της γεωθερμίας επιτυγχάνεται με πηγάδια γεωτρήσεων τα οποία αντλούν ζεστό νερό ή ατμό από τους υπόγειους υδάτινους ταμιευτήρες με σκοπό την κίνηση ειδικών τουρμπίνων για την δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας. Το ψυχρό πια γεωθερμικό υγρό που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας εισάγεται ξανά στον υπόγειο ταμιευτήρα όπου αναθερμαίνεται για να ξαναχρησιμοποιηθεί με νέα άντληση δημιουργώντας έτσι μια ισόρροπη διαδικασία ανακύκλωσης η οποία είναι τελείως φιλική με το περιβάλλον.

Από την άλλη πλευρά τα γεωθερμικά συστήματα ψύξης και θέρμανσης λειτουργούν με άντληση νερού από αγωγό ο οποίος εισχωρεί στο υπέδαφος και μέσω της εκμετάλλευσης της διαφοράς θερμοκρασίας το νερό ψύχεται ή θερμαίνεται και έπειτα ο αέρας οδηγείται μέσω του αγωγού στο οίκημα είτε για ψύξη είτε για θέρμανση. Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας για θέρμανση έναντι της χρήσης ορυκτών καυσίμων προσφέρει μια πληθώρα πλεονεκτημάτων καθώς ένα γεωθερμικό σύστημα χρησιμοποιεί για τη λειτουργία του 70% λιγότερη ενέργεια σε σχέση με ένα πεπαλαιωμένο σύστημα ψύξης - θέρμανσης ενώ κάνει οικονομία σε ενέργεια κατά 50 με 30% σε σχέση με ένα καινούργιο σύστημα ψύξης - θέρμανσης.

Η γεωθερμική ενέργεια, επομένως, έχει ορισμένα πλεονεκτήματα τα οποία συνοψίζονται παρακάτω :

- Λιγότερη μόλυνση για το περιβάλλον με την μη χρήση ορυκτών μετάλλων
- Για την κατασκευή μιας γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρισμού δεν χρειάζεται μεγάλη έκταση γης
- Αξιοπιστία. Σε σχέση με όλα τα άλλα ήδη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας όπως την αιολική και την ηλιακή, η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό με συνεχή διάρκεια 24 ώρες το 24ωρο χωρίς να εξαρτάται από φυσικές αιτίες που μπορεί να την παρεμποδίσουν.
- Χαμηλές τιμές ηλεκτρικού ρεύματος επειδή οι μονάδες γεωθερμίας έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας.
- Η Γεωθερμική ενέργεια είναι στην ουσία ανεξάντλητη
- Όπως και οι υπόλοιπες ΑΠΕ, η γεωθερμία παρέχει ασφάλεια των ενεργειακών προμηθειών μειώνοντας την εξάρτηση από συμβατικές πηγές καυσίμων.

Αναλύοντας τα παραπάνω πλεονεκτήματα, η γεωθερμική ενέργεια έχει αναδειχθεί ως μια εξαιρετική λύση οπουδήποτε είναι δυνατόν να υπάρχουν επενδυτικές ευκαιρίες για την αξιοποίησή της. [19]

Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, ενώ συνήθως κυμαίνεται από 25 °C μέχρι 360 °C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150 °C), η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Χρησιμοποιείται ακόμα στις υδατοκαλλιέργειες, όπου εκτρέφονται υδρόβιοι οργανισμοί αλλά και για τηλεθέρμανση, δηλαδή θέρμανση συνόλου κτιρίων, οικισμών, χωριών ή και πόλεων.

Σήμερα στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας γίνεται αποκλειστικά για χρήση της σε θερμικές εφαρμογές, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, λόγω του πλούσιου σε γεωθερμική ενέργεια υπεδάφους της χώρας μας, κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη), μπορεί να έχει ευρεία εφαρμογή για τη θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με στόχο την απόληψη πόσιμου, κυρίως στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές. Μία τέτοια

εφαρμογή έχει χαμηλότερο κόστος από εκείνο που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό, μέσω υδροφόρων πλοίων. [18]



Εικόνα 3.10 : Γεωθερμική Ενέργεια [17]

### 3.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία βασίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή επιτυγχάνεται με τον εξής τρόπο : όταν υπάρχει στη φύση νερό το οποίο βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, έχει δυναμική ενέργεια που μετατρέπεται σε κινητική όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερου υψόμετρου περιοχές. Η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, γίνεται με τα υδροηλεκτρικά έργα, όπως ο υδατοταμιευτήρας, το φράγμα, ο υδροστρόβιλος, η ηλεκτρογεννήτρια και η διώρυγα φυγής. Το παραγόμενο ρεύμα διοχετεύεται στην κατανάλωση μέσω του ηλεκτρικού δικτύου. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή στη συνέχεια ταξινομείται σε υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας είναι διαφορετική από αυτή της μεγάλης σε ότι αφορά τις επιπτώσεις που έχει στο περιβάλλον. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και γενικότερα στο άμεσο περιβάλλον.

Οι υδατοταμιευτήρες συνήθως κατασκευάζονται σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται με τον τρόπο αυτό, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 10% των ενεργειακών μας αναγκών.



Courtesy of The National Renewable Energy Laboratory (NREL)

Εικόνα 3.11 : Υδροηλεκτρική Ενέργεια [18]

### 3.5 Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί μία ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στο οργανικό και βιολογικό υλικό των ζώντων οργανισμών, φυτικών και ζωικών. Χαρακτηρίζεται ως ανανεώσιμη καθώς τα φυτά, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία η οποία αποθηκεύεται και μπορεί να μετατραπεί σε διάφορες μορφές ενέργειας, όπως θερμότητα και ηλεκτρισμός. Η ενέργεια που προκύπτει από τη βιομάζα είναι γνωστή και με τον όρο « βιοενέργεια ». [21]

Σήμερα, ο όρος βιομάζα συμπεριλαμβάνει όλα τα προϊόντα, υπολείμματα και απόβλητα φυτικής και ζωικής προέλευσης, τα οποία είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας, όπως τα γεωργικά, ξυλουργικά και δασικά υπολείμματα (π.χ. ροκανίδι, κλαδέματα, άχυρα, πριονίδια, κουκούτσια κ.ά.), τα ζωικά απόβλητα και υπολείμματα (π.χ. κοπριά, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.), τα ενεργειακά φυτά, τα αστικά υγρά απόβλητα και στερεά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και της αγροτικής βιομηχανίας. Όλα αυτά τα υλικά μπορούν να μετατραπούν σε βιοενέργεια μέσω διαφορετικών διαδικασιών. Οι διαδικασίες αυτές μπορεί να είναι είτε θερμοχημικές (π.χ. καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση) είτε βιοχημικές (π.χ. αλκοολική ζύμωση, αερόβια χώνευση, αναερόβια χώνευση). Τα προϊόντα αυτών των διαδικασιών μπορεί να είναι στερεά καύσιμα (γνωστά ως «βιοκαύσιμα») για ανάγκες θέρμανσης και ηλεκτρισμού, αέρια καύσιμα (π.χ. μεθανόλη) πάλι για τις ανάγκες θέρμανσης ή ηλεκτρισμού, υγρά καύσιμα (π.χ. βιοαιθανόλη ή βιοντήζελ) για χρήση στις μεταφορές ή ακόμη και εδαφοβελτιωτικά προϊόντα (π.χ. κομπόστ ή χούμους).

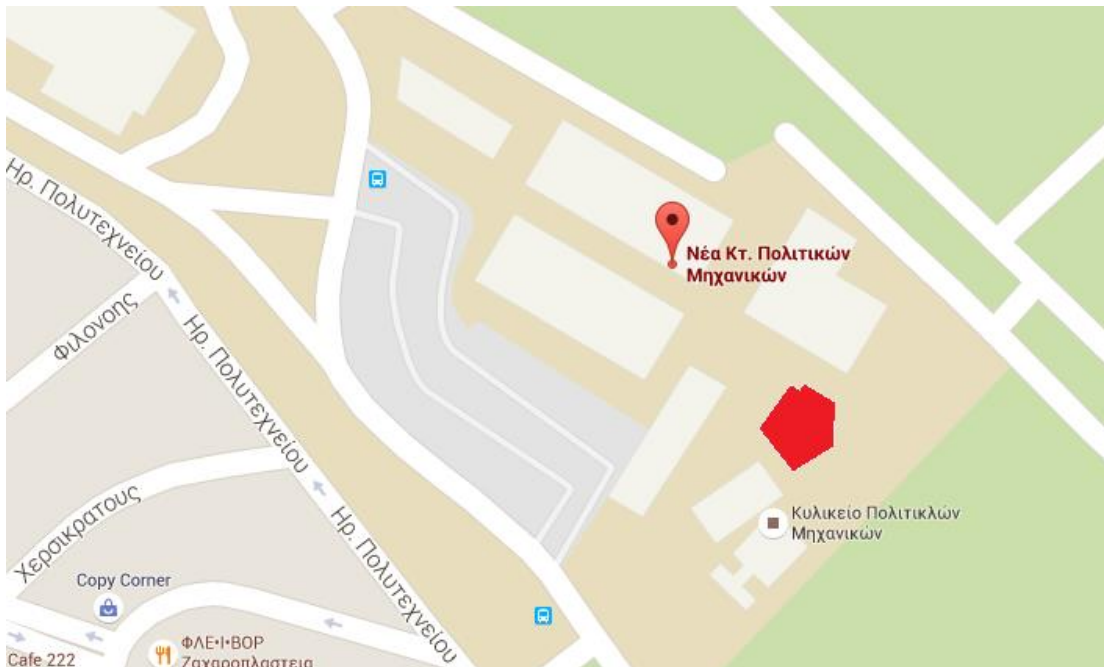
Σύμφωνα με εκτιμήσεις του ΚΑΠΕ, η βιομάζα που παράγεται παγκοσμίως σε ετήσια βάση υπολογίζεται ότι περιέχει δεκαπλάσια ενέργεια αυτής που χρειάζεται η ανθρωπότητα στο ίδιο διάστημα. Από την τεράστια αυτή ενεργειακή δεξαμενή αξιοποιείται σήμερα μία πολύ μικρή ποσότητα από το οποίο καλύπτεται μόλις το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Για την Ελλάδα εκτιμάται ότι το σύνολο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων ανέρχεται σε 10 εκατομμύρια τόνους υλικού, ποσότητα που αντιστοιχεί ενεργειακά περίπου στο 30% της ετήσιας καταναλισκόμενης ποσότητας πετρελαίου. Παράλληλα, με την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, εκτιμάται ότι μπορεί να παραχθεί ενέργεια ισοδύναμη με 5 εκατομμύρια ΤΙΠ (τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου), δηλαδή το 50% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στη χώρα μας. Επομένως, γίνεται σαφές ότι, ακόμη και αν αξιοποιηθούν εν μέρει μόνο οι δυνατότητες συλλογής πρωτογενούς βιομάζας σε συνδυασμό με την σταδιακή ανάπτυξη των ενεργειακών φυτών, μπορεί να προκύψει σημαντικότατο όφελος από την εξοικονόμηση εισαγόμενου πετρελαίου για τη χώρα μας.



## 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο : Προσομοίωση Αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών

### 4.1 Περιγραφή του κτιρίου

Το υπό μελέτη κτίριο, το αμφιθέατρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη στην περιοχή Ζωγράφου και ανήκει στα νέα κτίρια της Σχολής. Βρίσκεται πολύ κοντά στην Πύλη Ζωγράφου, στην οδό Ηρώων Πολυτεχνείου και έχει ακριβείς συντεταγμένες  $37^{\circ}97'66.48''$  (γεωγραφικό πλάτος) και  $23^{\circ}77'91.70''$  (γεωγραφικό μήκος). Ο άξονας του κτιρίου είναι προσανατολισμένος βορειοανατολικά.



Σχήμα 4.1 : Γεωγραφική θέση Αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών

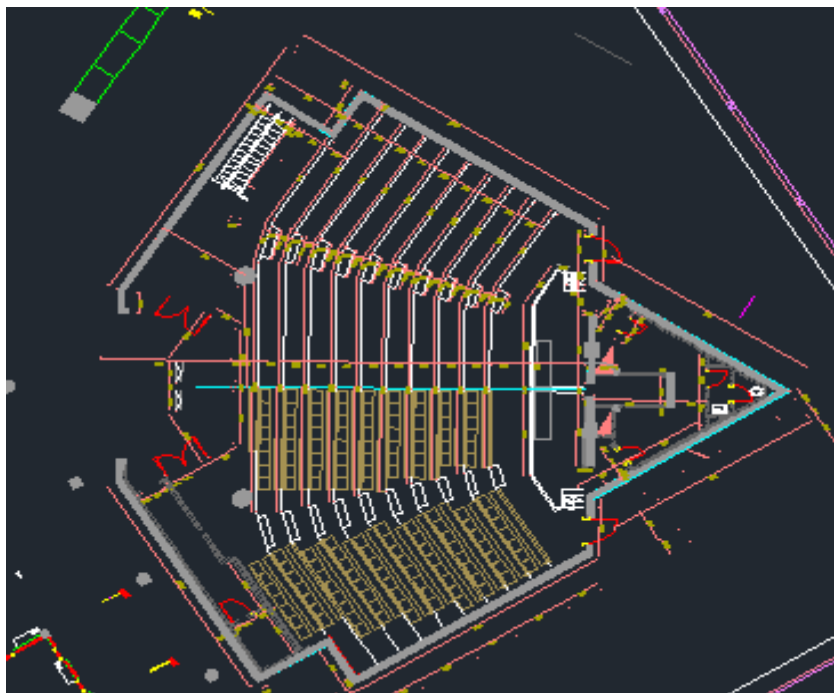
Πηγή : Google Maps

Το κτίριο αυτό αποτελείται από έναν ενιαίο χώρο, τον κυρίως δηλαδή χώρο του αμφιθεάτρου, συνολικού εμβαδού  $400,6 \text{ m}^2$ . Αυτός ο χώρος χωρίζεται τις περισσότερες φορές σε 2 χώρους, ώστε να δημιουργούνται δύο αμφιθέατρα, πιο μικρά, για τις ανάγκες των μαθημάτων και του χωρισμού των φοιτητών σε επιμέρους τμήματα. Επιπλέον, το κτίριο αυτό διαθέτει και υπόγειο όπου βρίσκονται δύο W.C. συνολικού εμβαδού  $30,36 \text{ m}^2$ .





Σχήμα 4.2 : Κάτοψη Αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών  
Πηγή : Google Earth



Σχήμα 4.3 : Κάτοψη κτιρίου σε AutoCAD  
Πηγή : Τεχνική Υπηρεσία Πολυτεχνειούπολης



## 4.2 Λογισμικά Προσομοίωσης

Για την προσομοίωση του κτιρίου αυτού, χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα SketchUp Make 2016, OpenStudio plug-in και EnergyPlus.



### 4.2.1 SketchUp Make 2016

Το Google SketchUp, ή SketchUp Make 2016, είναι ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης (3D) με πολλές δυνατότητες απλής και γρήγορης σχεδίασης. Με το εργαλείο “Push/pull” δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να σχεδιάζει σε τρεις διαστάσεις πολύπλοκα κτίσματα σε πολύ λίγο χρόνο. Χρησιμοποιείται ευρέως από μηχανικούς σε διάφορους τομείς, όπως στην Αρχιτεκτονική, στην εσωτερική διακόσμηση, στον σχεδιασμό βιντεοπαιχνιδιών, κ.α.

### 4.2.2 OpenStudio plug-in

Το OpenStudio (version 1.10.0) είναι ένα μέσο ενεργειακής προσομοίωσης το οποίο δίνει στο χρήστη δύο επιλογές : Χρησιμοποιείται είτε η εφαρμογή OpenStudio, με το οποίο ο χρήστης δημιουργεί, μέσω της εφαρμογής, θερμικές ζώνες στο κτίριο και ξεχωριστά από το σχεδιαστικό πρόγραμμα, τροποποιεί τα υλικά από τα οποία είναι φτιαγμένο, τα συστήματα θέρμανσης-ψύξης του κ.α., είτε το OpenStudio plug-in, το οποίο είναι στην ουσία μια πλατφόρμα εργαλείων λογισμικού, η οποία είναι ενσωματωμένη στο σχεδιαστικό πρόγραμμα SketchUp με τη μορφή μιας επιπλέον εργαλειοθήκης. Με βάση αυτή την εργαλειοθήκη ο χρήστης είναι δυνατόν να σχεδιάζει μέσα σε έναν ενεργειακό χώρο οτιδήποτε αυτός επιθυμεί. Μέσω αυτών των επιπλέον εντολών ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει θερμικές ζώνες στο κτίριο, ανοίγματα, τα οποία αυτόματα αναγνωρίζονται ως πόρτες ή παράθυρα, ανάλογα με το που αυτά βρίσκονται, και επιφάνειες σκίασης, ή ακόμα και φωτισμό στους εσωτερικούς χώρους. Μέσω της εντολής “Export IDF” , εξάγεται ένα αρχείο το οποίο περιέχει τις πληροφορίες από το σχεδιαστικό πρόγραμμα και οι οποίες είναι επεξεργάσιμες από το EnergyPlus.



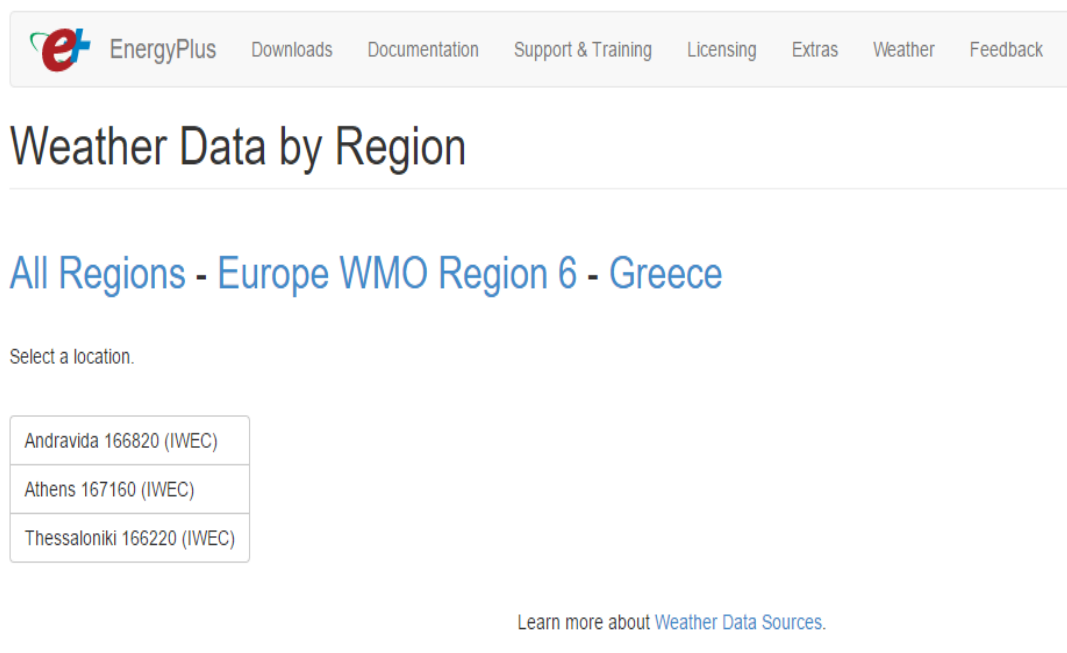
### 4.2.3 EnergyPlus

Το EnergyPlus (version 8.4.0) είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης, το οποίο εκδίδεται από το τμήμα ενέργειας της Αμερικανικής Κυβέρνησης και είναι προγραμματισμένο σε γλώσσα Fortran. Χρησιμοποιείται από μηχανικούς και ερευνητές γενικότερα, προκειμένου να μοντελοποιηθεί η ενέργεια που χρειάζεται και καταναλώνει ένα κτίριο, με στόχο τον βέλτιστο ενεργειακό σχεδιασμό του, μέσω επεμβάσεων στο κέλυφος του κτιρίου, στα μηχανολογικά

κ.α. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να εξάγει αποτελέσματα για το φωτισμό, το σύστημα θέρμανσης-ψύξης, τον αερισμό και πολλά άλλα.

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

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



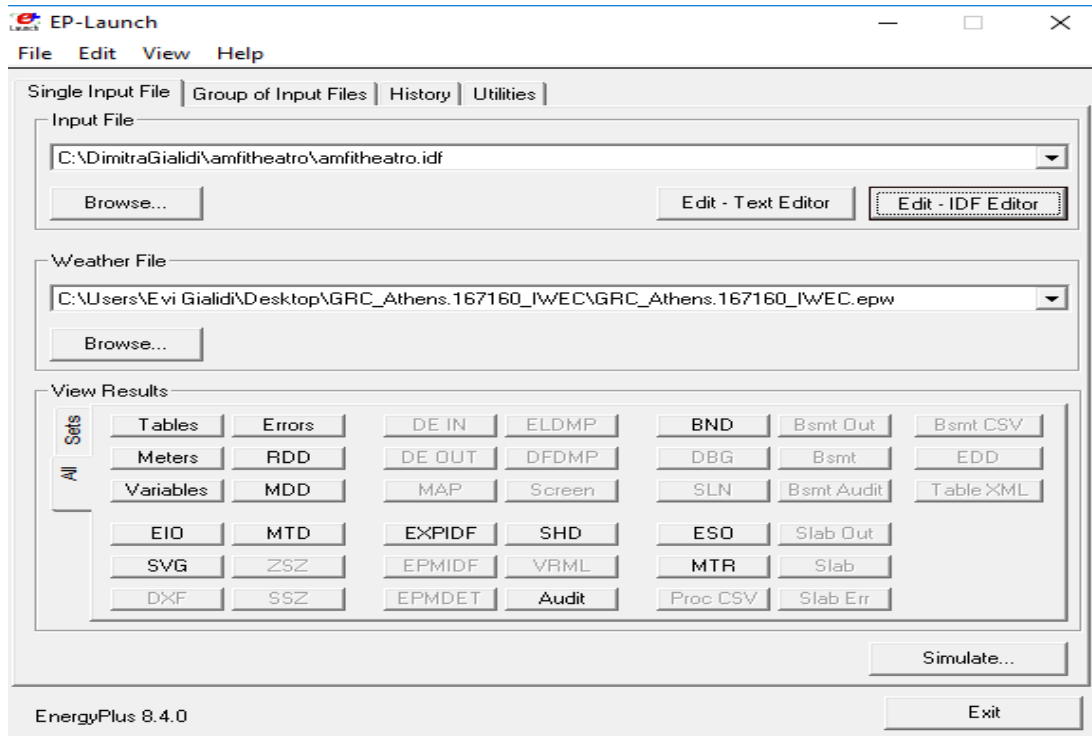
Εικόνα 4.4 : Αρχεία καιρού προγράμματος EnergyPlus

Τα αρχεία καιρού είναι διαθέσιμα στη σελίδα του προγράμματος στο διαδίκτυο και συγκεκριμένα για την Ελλάδα διατίθενται για τις ακόλουθες περιοχές: Αθήνα, Θεσσαλονίκη και Ανδραβίδα, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Αφού συμπληρωθούν τα αρχεία, με την επιλογή “Simulate” γίνεται η ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου.

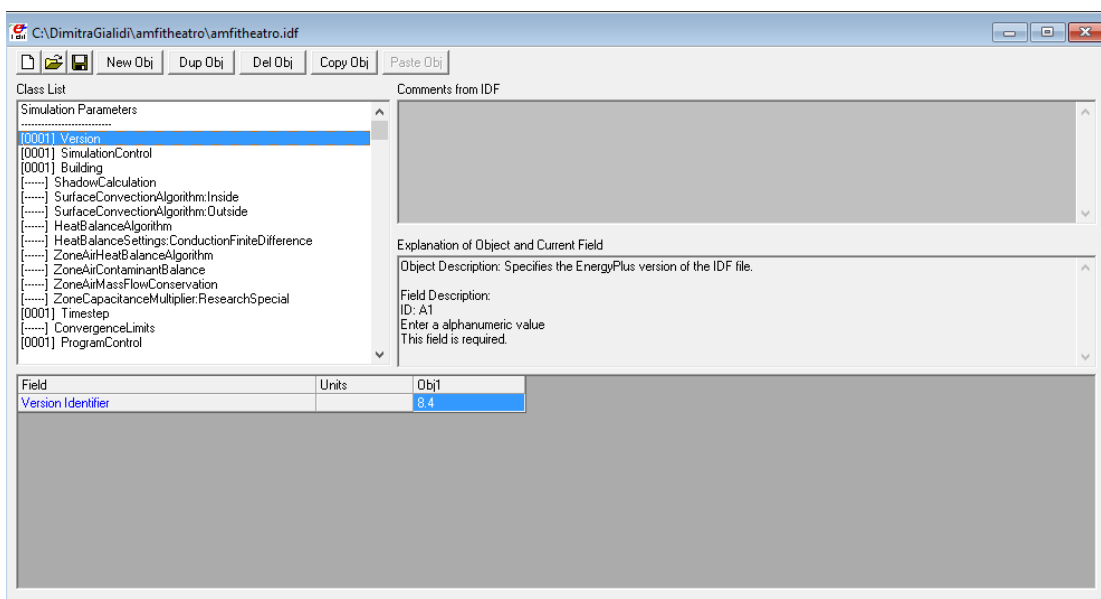
Μετά την ολοκλήρωση του κτιρίου στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, γίνεται εξαγωγή του αρχείου σε μορφή IDF. Το αρχείο αυτό εισάγεται στο EP-Launch και στη συνέχεια επεξεργάζεται μέσω του IDF-Editor. Παρακάτω αναλύονται οι κατηγορίες οι οποίες εισήχθησαν στο πρόγραμμα.

Το κτίριο που μελετάται βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, επομένως θα χρησιμοποιηθεί το αρχείο καιρού για την Αθήνα.

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



Εικόνα 4.5 : Υποπρόγραμμα EP-Launch του EnergyPlus



Εικόνα 4.6 : Υποπρόγραμμα IDF-Editor του EnergyPlus

### 4.3 Δημιουργία μοντέλου στο SketchUp

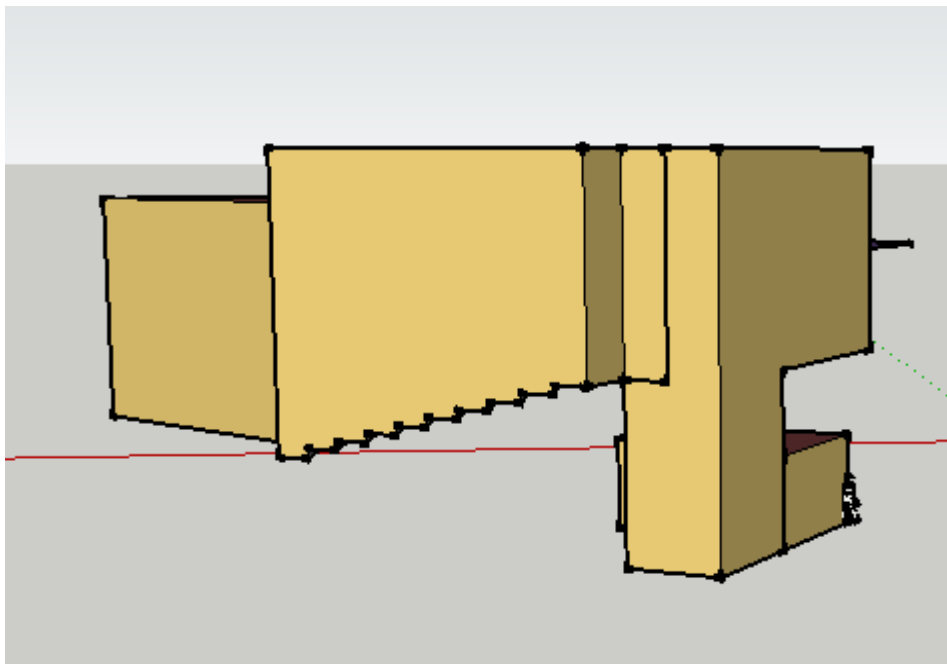
Αρχικά, προκειμένου να σχεδιαστεί το κτίριο, έπρεπε να χωριστεί σε θερμικές ζώνες.

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

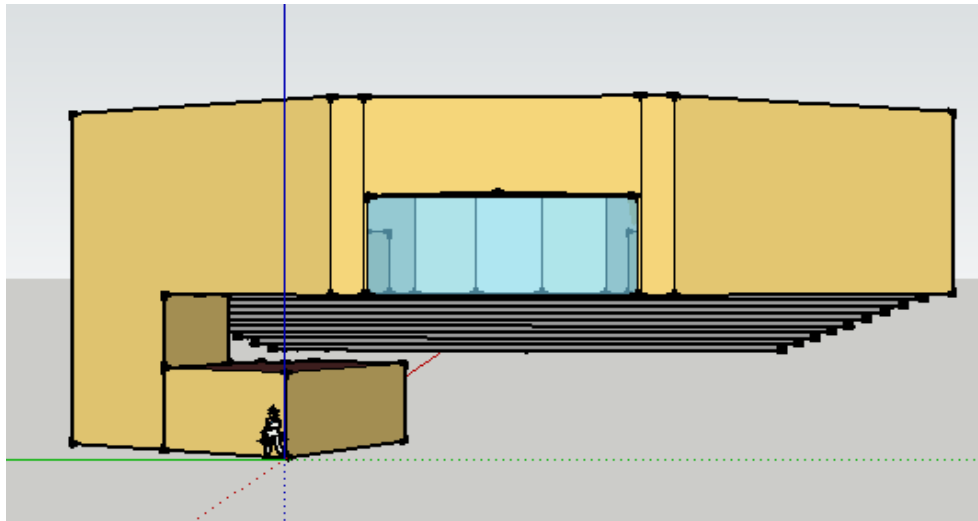
- τον ορθολογικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό βάσει ενεργειακών κριτηρίων (π.χ. Βιοκλιματικό σχεδιασμό)
- το σχεδιασμό και τη λειτουργία των μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης.

Γενικά, πρέπει να δημιουργούνται όσο λιγότερες θερμικές ζώνες γίνεται, για την καλύτερη προσομοίωση του κτιρίου. Το συγκεκριμένο κτίριο, χωρίστηκε σε δύο θερμικές ζώνες, καθώς υπάρχει μεγάλος ενιαίος χώρος επομένως δεν χρειάστηκε να χωριστεί σε επιμέρους ζώνες.

Στη συνέχεια, σχεδιάστηκε το κτίριο στο SketchUp, σχεδιάζοντας την κάθε θερμική ζώνη σε διαφορετικό ενεργειακό χώρο, μέσω του εργαλείου 'New Space' της γραμμής εργαλείων του OpenStudio.



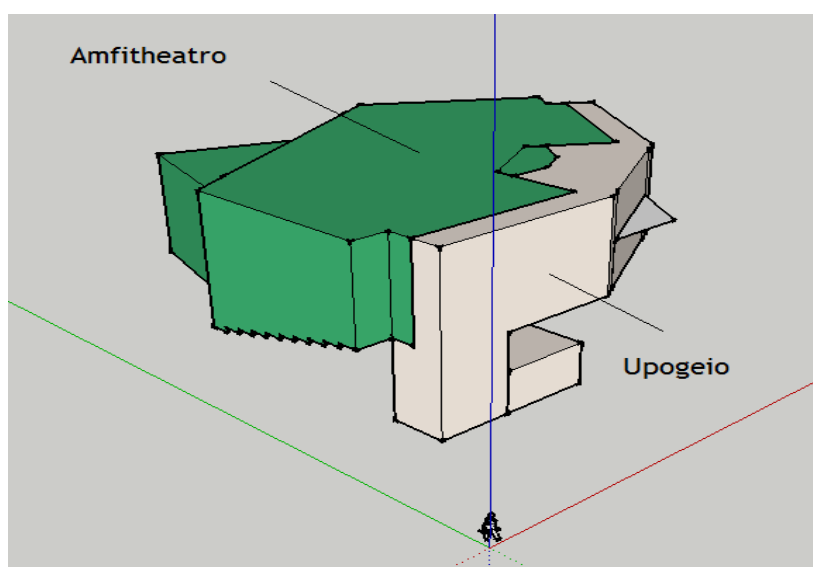
Εικόνα 4.7 : Βόρεια Όψη του Αμφιθεάτρου



Εικόνα 4.8 : Δυτική Όψη του Αμφιθεάτρου

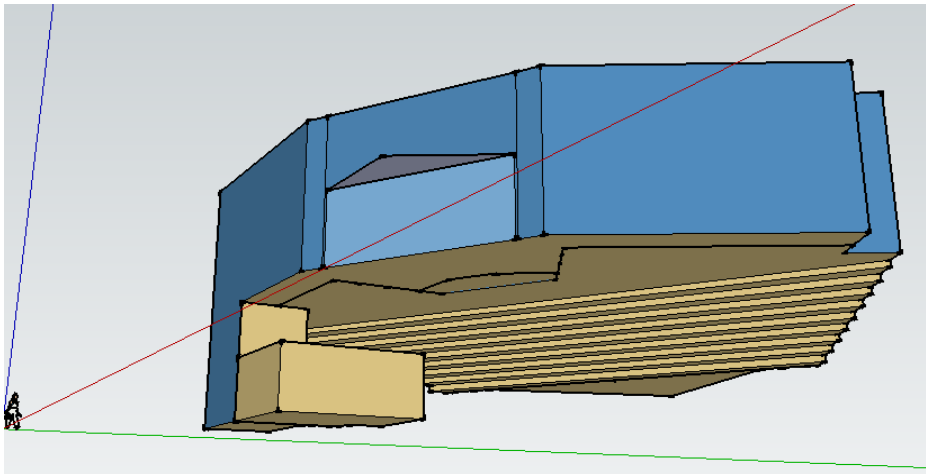
Η κάθε θερμική ζώνη ορίζεται με την εντολή ‘Set Attributes for Selected Spaces’ και στην καρτέλα που εμφανίζεται, επιλέγεται ‘New Thermal Zone’, αφού πρώτα έχει επιλεγεί το σημείο που θέλουμε να τοποθετηθεί η θερμική ζώνη. Από αυτή τη στιγμή και μετά, οτιδήποτε σχεδιάζεται θα ανήκει στη συγκεκριμένη θερμική ζώνη.

Το σχεδιαστικό πρόγραμμα περιλαμβάνει 3 άξονες κάθετους μεταξύ τους, τον πράσινο, τον κόκκινο και τον μπλε άξονα. Η διεύθυνση του Βορρά παριστάνεται με τον πράσινο άξονα. Επειδή ο προσανατολισμός του υπό μελέτη κτιρίου είναι Βορειοανατολικός, θεωρήθηκε μια πλευρά Βόρεια και σχεδιάστηκε παράλληλα με τον πράσινο άξονα. Ο ακριβής προσανατολισμός του κτιρίου, λήφθηκε υπόψη στο λογισμικό EnergyPlus. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι θερμικές ζώνες του κτιρίου με τις ονομασίες τους, όπως αυτές εισήχθησαν στο πρόγραμμα.



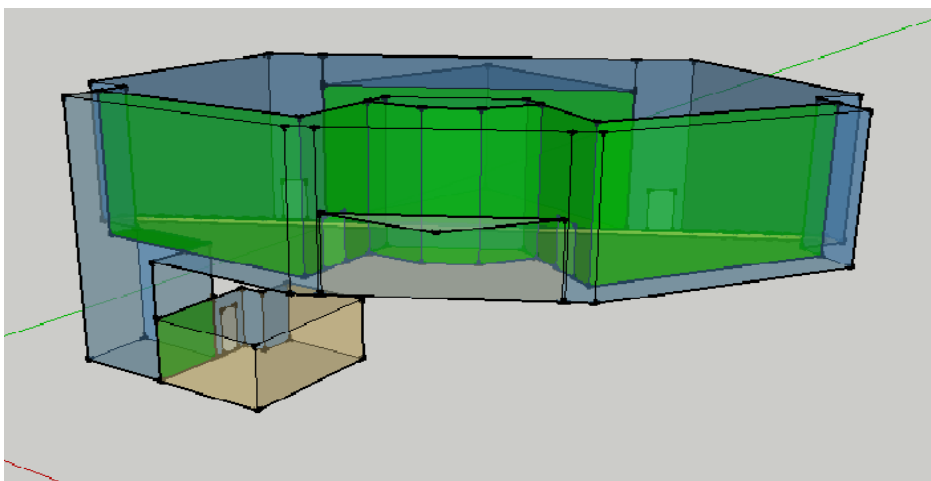
Εικόνα 4.9 : Θερμικές Ζώνες Αμφιθεάτρου

Εάν επιλεγεί η κατάσταση ‘Render by Boundary Condition’ οι επιφάνειες με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με τις συνοριακές τους συνθήκες. Οι εξωτερικές επιφάνειες εμφανίζονται με μπλε χρώμα, οι επιφάνειες επαφής με πράσινο χρώμα και οι επιφάνειες επαφής με το έδαφος με μπεζ χρώμα. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα διόρθωσης τυχόν λαθών που έγιναν στη δήλωση των εξωτερικών συνοριακών συνθηκών της κάθε επιφάνειας.



Εικόνα 4.10 : Επιφάνειες με συνοριακές συνθήκες

Τέλος, για τη σωστή δημιουργία του μοντέλου, απαραίτητο είναι να δημιουργηθεί επιπλέον γεωμετρία ανάμεσα στους τοίχους, να γίνεται δηλαδή ξεκάθαρο ποιοι τοίχοι είναι εσωτερικοί και ποιοι εξωτερικοί. Το πρόγραμμα καταλαβαίνει ποιοι είναι εσωτερικοί και ποιοι εξωτερικοί, εκτός εάν υπάρχουν προεξοχές σε τοίχους, δηλαδή το ένα τμήμα είναι εξωτερικός και το άλλο εσωτερικός τοίχος. Για να λυθεί και αυτό το ζήτημα, χρησιμοποιούμε ένα εργαλείο, το ‘Surface Matching’ , και στη συνέχεια το ‘Match in Entire Model’. Για να δούμε το αποτέλεσμα αυτών των εργαλείων χρησιμοποιούμε το εργαλείο ‘View Model in X-Ray Mode’ και επιλέγεται όπως στην προηγούμενη περίπτωση η κατάσταση ‘Render by Boundary Condition’. Στην παρακάτω εικόνα με πράσινο φαίνονται οι εσωτερικοί τοίχοι και με μπλε οι εξωτερικοί.



Εικόνα 4.11 : Αμφιθέατρο με Ακτίνες - X

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

Η αποθήκευση του αρχείου έγινε μέσω της εντολής ‘Save EnergyPlus Input File’ , ώστε να μπορέσει στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί από το EnergyPlus.

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

## 4.4 Προσομοίωση στο EnergyPlus

Μετά την ολοκλήρωση σχεδίασης του κτιρίου στο πρόγραμμα, γίνεται εξαγωγή του αρχείου σε μορφή IDF, όπως αναφέραμε παραπάνω. Γίνεται εισαγωγή του αρχείου στο EP-Launch και στη συνέχεια επεξεργάζεται μέσω του IDF-Editor. Στη συνέχεια αναλύονται όλες οι κατηγορίες που εισήχθησαν στο πρόγραμμα.

### 4.4.1 Simulation Parameters

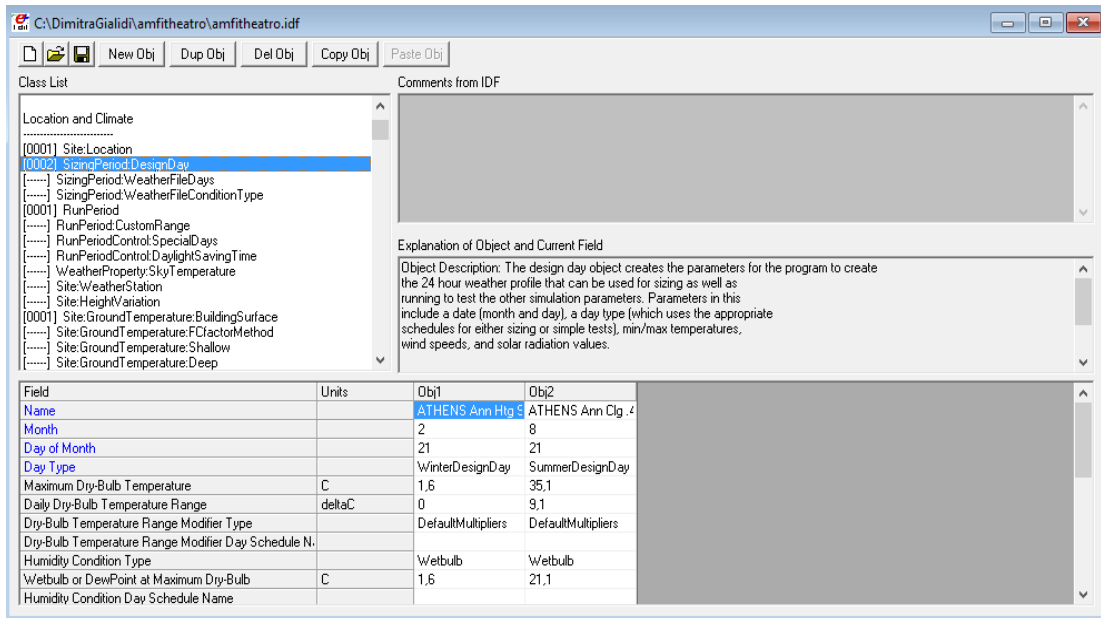
Σε αυτήν την κατηγορία εισάγονται ορισμένες βασικές πληροφορίες τόσο για το κτίριο όσο και για το πρόγραμμα. Στην υποκατηγορία ‘Version’ εισάγεται η έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιήσαμε και στην υποκατηγορία ‘Simulation Control’ ο χρήστης επιλέγει τι θέλει να υπολογίσει το πρόγραμμα. Στην υποκατηγορία ‘Building’ εισάγουμε το όνομα του κτιρίου και η απόκλιση του από τον άξονα του Βορρά σε μοίρες. Στο ‘Terrain’ επιλέγουμε το ‘City’ αφού το εξεταζόμενο κτίριο βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη, στην περιοχή του Ζωγράφου. Στο ‘Solar Distribution’ επιλέγουμε το μηχανισμό που διανέμεται η ακτινοβολία στο κτίριο, αν τυχόν υπάρχουν σκιάστρα, ή σκίαση από άλλα κτίρια, ή προεξοχές του κτιρίου που δημιουργούν σκίαση στους εξωτερικούς τοίχους. Στο ‘Timestep’ εισάγουμε το χρονικό βήμα με το οποίο θα υπολογιστεί η θερμότητα. Επιλέχθηκε η τιμή 6 που είναι και η συνηθέστερη.

Τέλος, στο πεδίο ‘North Axis’ σημειώνεται η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του πραγματικού Βορρά και του άξονα του κτιρίου. Το κτίριο σχεδιάστηκε στο SketchUp κατά τη διεύθυνση Βορρά - Νότου, ενώ στην πραγματικότητα είναι προσανατολισμένο βορειοανατολικά. Η πραγματική απόκλιση του άξονα του κτιρίου από τον πραγματικό Βορρά είναι 120° και συνεπώς τέθηκε αυτή η τιμή στο συγκεκριμένο πεδίο.

### 4.4.2 Location and Climate

Σε αυτήν την κατηγορία προσδιορίζουμε τη θέση του κτιρίου και τις κλιματικές συνθήκες της γύρω περιοχής, μέσω του αρχείου που βρίσκεται στο ‘Weather Data’. Μέσω του προγράμματος δίνεται η δυνατότητα αντιγραφής ενός ολόκληρου αντικειμένου και επικόλληση αυτού από ένα αρχείο IDF σε ένα άλλο.

Έτσι, αντιγράφεται το αντικείμενο από το αρχείο καιρού στην υποκατηγορία ‘Site: Location’ με τις αντίστοιχες συντεταγμένες, την υψομετρική διαφορά από τη στάθμη της θάλασσας και τη χρονική ζώνη. Τέλος, στην υποκατηγορία ‘Sizing Period: Design Day’, επιλέγουμε τις μέρες σχεδιασμού για καλοκαίρι και χειμώνα από το Weather Data, με τον ίδιο τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικόνα 4.12 : Παράμετροι Κατηγορίας ‘Location and Climate’

Στην υποκατηγορία ‘Run Period’ επιλέξαμε την περίοδο κατά την οποία λειτουργεί το κτίριο. Οι τιμές που δηλώθηκαν φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Τέλος, στην κατηγορία αυτή συμπληρώνονται και οι μέσες θερμοκρασίες εδάφους στο πεδίο ‘Site: Ground Temperature: Building Surface’, όπως υποδεικνύονται στην τεχνική οδηγία (T.O.T.E.E). Ορίστηκε η θερμοκρασία του εδάφους σταθερή στους 18 °C για όλους τους μήνες του χρόνου.

#### 4.4.3 Surface Construction Elements

Με τη συγκεκριμένη κατηγορία επιτυγχάνεται ο ορισμός των υλικών από τα οποία κατασκευάζεται το κτίριο καθώς και των φυσικών ιδιοτήτων τους. Έπειτα, ορίζονται και οι στρώσεις των στοιχείων, δηλαδή η δομή της κατασκευής.

##### ❖ Υποκατηγορία ‘Material’

Εισάγονται τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την κάθε επιφάνεια της κατασκευής, οι εσωτερικές και εξωτερικές οροφές, οι εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, οι πόρτες και τα πατώματα. Απαραίτητα πεδία για να συμπληρωθούν είναι το ‘Name’ όπου συμπληρώνεται το όνομά του, το ‘Roughness’ που είναι η τραχύτητά του, το ‘Thickness’ που είναι το πάχος του, το ‘Conductivity’ που είναι η αγωγιμότητά του, το ‘Density’ που συμπληρώνεται η πυκνότητά του και τέλος το ‘Specific Heat’ που είναι η ειδική θερμότητά του. Τα χαρακτηριστικά αυτά συμπληρώθηκαν με βάση τη σελίδα της τεχνικής οδηγίας (T.O.T.E.E.). Τα υλικά



που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του υπό μελέτη κτιρίου είναι τα ακόλουθα : δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 4cm και 8cm, οπλισμένο σκυρόδεμα, γκρο-μπετόν, ασβεστοκονίαμα, ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, κυψελωτό μπετόν, διαβαθμισμένα σκύρα, αμμοχάλικο, μάρμαρο, πολυαιθυλένιο, εξηλασμένη πολυστερίνη, γεωύφασμα, ασφαλτόπανο, μέταλλο και γυαλί. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται αναλυτικά τα υλικά και οι ιδιότητές τους.

| Field               | Units  | Obj26       | Obj27         | Obj28           | Obj29            | Obj30        | Obj31       |
|---------------------|--------|-------------|---------------|-----------------|------------------|--------------|-------------|
| Name                |        | AsvKoniam   | AsvTsimetokon | Optoplinthodomi | Optoplinthodomi8 | OpISkurodema | GrossBeton  |
| Roughness           |        | MediumRough | MediumRough   | MediumRough     | MediumRough      | MediumRough  | MediumRough |
| Thickness           | m      | 0,02        | 0,03          | 0,04            | 0,08             | 0,1          | 0,1         |
| Conductivity        | W/m-K  | 0,87        | 0,87          | 0,49            | 0,49             | 2,5          | 1,15        |
| Density             | kg/m3  | 1800        | 1800          | 1200            | 1200             | 2400         | 1800        |
| Specific Heat       | J/kg-K | 1000        | 1000          | 1000            | 1000             | 1000         | 1000        |
| Thermal Absorptance |        |             |               |                 |                  |              |             |
| Solar Absorptance   |        |             |               |                 |                  |              |             |
| Visible Absorptance |        |             |               |                 |                  |              |             |

Εικόνα 4.13 : Υποκατηγορία 'Material' - Υλικά

| Field               | Units  | Obj32          | Obj33          | Obj34        | Obj35      | Obj36 |
|---------------------|--------|----------------|----------------|--------------|------------|-------|
| Name                |        | AsvTsimetokon2 | KupselwtoBeton | Marmaro      | Ammoxaliko | Skura |
| Roughness           |        | MediumRough    | MediumRough    | MediumSmooth | Rough      | Rough |
| Thickness           | m      | 0,02           | 0,2            | 0,03         | 0,3        | 0,1   |
| Conductivity        | W/m-K  | 0,3            | 0,2            | 3,5          | 2          | 2     |
| Density             | kg/m3  | 1250           | 500            | 2800         | 2200       | 2200  |
| Specific Heat       | J/kg-K | 1000           | 1000           | 1000         | 1000       | 1000  |
| Thermal Absorptance |        |                |                |              |            |       |
| Solar Absorptance   |        |                |                |              |            |       |
| Visible Absorptance |        |                |                |              |            |       |

Εικόνα 4.14 : Υποκατηγορία 'Material' - Υλικά

| Field               | Units  | Obj37           | Obj38     | Obj39       | Obj40         | Obj41       | Obj42        |
|---------------------|--------|-----------------|-----------|-------------|---------------|-------------|--------------|
| Name                |        | ExilPolusterini | Gewufasma | Asfaltopano | Poluaitilenio | Metaldoor   | Glassdoor    |
| Roughness           |        | MediumSmooth    | Rough     | VeryRough   | Rough         | MediumRough | MediumSmooth |
| Thickness           | m      | 0,05            | 0,001     | 0,006       | 0,0002        | 0,045       | 0,012        |
| Conductivity        | W/m-K  | 0,035           | 0,04      | 0,23        | 0,33          | 45,28       | 1            |
| Density             | kg/m3  | 35              | 100       | 1100        | 920           | 7824        | 2500         |
| Specific Heat       | J/kg-K | 1450            | 1030      | 1000        | 2200          | 500         | 750          |
| Thermal Absorptance |        |                 |           |             |               |             |              |
| Solar Absorptance   |        |                 |           |             |               |             |              |
| Visible Absorptance |        |                 |           |             |               |             |              |

Εικόνα 4.15 : Υποκατηγορία ‘Material’ - Υλικά

### ❖ Υποκατηγορία ‘Window Material: Glazing’

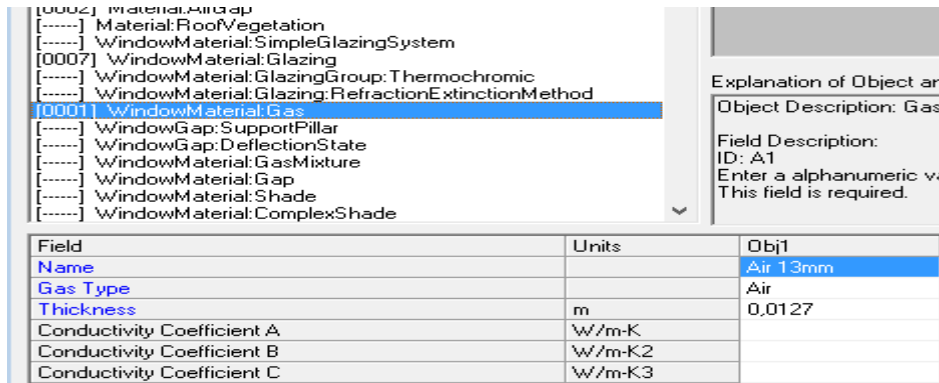
Στην υποκατηγορία αυτή επιλέγεται το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα παράθυρα. Επιλέχθηκε από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος (File - OpenDataSet) το τζάμι ‘Clear 3mm’. Οι ιδιότητές του συμπληρώνονται αυτόματα. Εάν όμως δεν χρησιμοποιηθεί κάποιο έτοιμο υλικό τότε είναι υποχρεωτικό να συμπληρωθούν τα πεδία με μπλε χρώμα.

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

Εικόνα 4.16 : Υποκατηγορία ‘Window Material: Glazing’ - Υλικά

### ❖ Υποκατηγορία ‘Window Material: Gas’

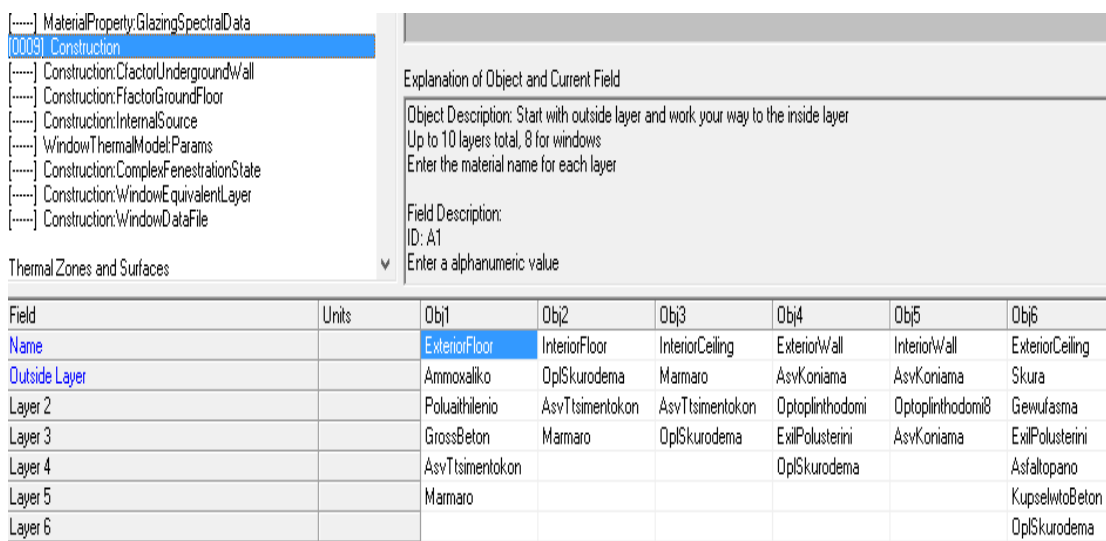
Σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτικό να χρησιμοποιούνται διπλοί υαλοπίνακες σε νέα κτίρια. Συνεπώς, πρέπει να οριστεί το αέριο που θα παρεμβάλλεται ανάμεσα στα διπλά τζάμια. Επιλέχθηκε από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος (‘Window Gas Materials’) αέρας πάχους 13mm.



Εικόνα 4.17 : Υποκατηγορία ‘WindowMaterial: Gas’ - Υλικά

### ❖ Υποκατηγορία ‘Construction’

Σε αυτήν την υποκατηγορία ορίζεται η δομή του κάθε στοιχείου της κατασκευής. Εισάγονται λοιπόν στο πρόγραμμα ο κάθε εσωτερικός ή εξωτερικός τοίχος, η κάθε εσωτερική ή εξωτερική οροφή, τα πατώματα, οι πόρτες και τα παράθυρα με το όνομά τους και τις στρώσεις τους από τις οποίες αποτελούνται, ξεκινώντας από την εξωτερική στρώση προς την εσωτερική. Αυτές οι στρώσεις αντλούνται από την υποκατηγορία ‘Material’ που δημιουργήθηκε παραπάνω, ενώ τα παράθυρα αντλούν τα υλικά τους από τις υποκατηγορίες ‘WindowMaterial: Glazing’ και ‘WindowMaterial: Gas’. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται αναλυτικά τα δομικά στοιχεία με το όνομά τους και τις στρώσεις τους.



Εικόνα 4.18 : Υποκατηγορία ‘Construction’ - Κατασκευαστικές Δομές

| Obj7         | Obj8              | Obj9         |
|--------------|-------------------|--------------|
| ExteriorDoor | ExteriorDoormetal | InteriorDoor |
| Clear 3mm    | Metaldoor         | Metaldoor    |
| Air 13mm     |                   |              |
| Clear 3mm    |                   |              |
|              |                   |              |
|              |                   |              |
|              |                   |              |
|              |                   |              |
|              |                   |              |
|              |                   |              |

Εικόνα 4.19 : Υποκατηγορία 'Construction' - Κατασκευαστικές Δομές

#### 4.4.4 Thermal Zones and Surfaces

Σε αυτή την κατηγορία γίνεται περιγραφή των θερμικών ζωνών με τις συντεταγμένες τους, τα χαρακτηριστικά τους και όλες τις επιφάνειες που περιέχουν καθώς και οι λεπτομέρειες αυτών. Έτσι έχουμε :

##### ❖ Υποκατηγορία 'Zone'

Έχουν ήδη εισαχθεί αυτόματα από το σχεδιαστικό πρόγραμμα όλες οι θερμικές ζώνες του κτιρίου που δημιουργήθηκαν, με το όνομά τους και τις συντεταγμένες τους. Στο συγκεκριμένο κτίριο, όπως έχουμε αναφέρει, δημιουργήθηκαν 2 συνολικά ζώνες με ονομασίες 'amfitheatro' και 'upogeio'.

[0001] Geometry:Detailed

[.....] GeometryTransform

**[0002] Zone**

[0003] ZoneList

[.....] ZoneGroup

[0074] BuildingSurface:Detailed

[.....] Wall:Detailed

[.....] RoofCeiling:Detailed

Object Description: Defines a thermal zone of

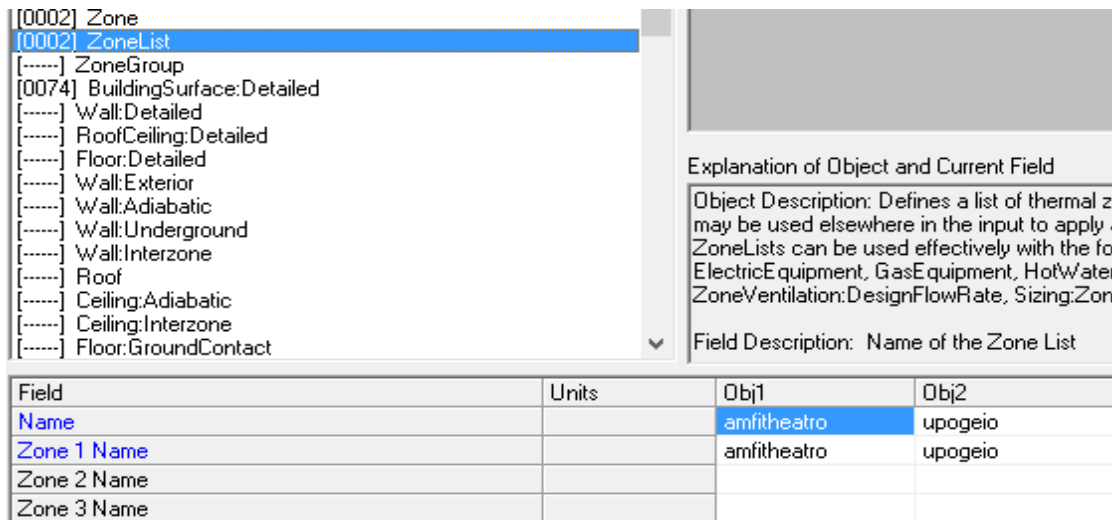
Field Description:  
ID: A1  
Enter a alphanumeric value  
This field is required.

| Field                       | Units | Obj1           | Obj2           |
|-----------------------------|-------|----------------|----------------|
| <b>Name</b>                 |       | amfitheatro    | upogeio        |
| Direction of Relative North | deg   | 0              | 0              |
| X Origin                    | m     | 1,17643710E+01 | 5,03352551E+00 |
| Y Origin                    | m     | 1,35058270E+01 | 7,91582701E+00 |
| Z Origin                    | m     | 2,85000000E+00 | 0              |
| Type                        |       |                |                |
| Multiplier                  |       |                |                |
| Ceiling Height              | m     |                |                |

Εικόνα 4.20 : Υποκατηγορία 'Zone' - Θερμικές Ζώνες

#### ❖ Υποκατηγορία ‘Zone List’

Μέσω αυτής της υποκατηγορίας δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει ομάδες θερμικών ζωνών προκειμένου να προσομοιωθεί καλύτερα το κτίριο, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενες κατηγορίες, όπως π.χ. στα εσωτερικά θερμικά κέρδη. Δημιουργήθηκαν 2 ομάδες θερμικών ζωνών, το ‘amfitheatro’ που περιέχει τη ζώνη του αμφιθεάτρου και το ‘υρογειο’ που περιέχει τη ζώνη του υπογείου.



| Field       | Units | Obj1        | Obj2    |
|-------------|-------|-------------|---------|
| Name        |       | amfitheatro | υρογειο |
| Zone 1 Name |       | amfitheatro | υρογειο |
| Zone 2 Name |       |             |         |
| Zone 3 Name |       |             |         |

Εικόνα 4.21 : Υποκατηγορία ‘Zone List’ - Ομάδες θερμικών ζωνών

#### ❖ Υποκατηγορία ‘Building Surface: Detailed’

Στην υποκατηγορία αυτή, κάθε επιφάνεια που έχει δημιουργηθεί στο SketchUp, εισάγεται αυτόματα στο EnergyPlus με όλα τα χαρακτηριστικά της. Στο πεδίο ‘Name’ εισάγεται το όνομά της, που είναι ένας αριθμός. Στο πεδίο ‘Surface Type’ εισάγεται ο τύπος της επιφάνειας, δηλαδή εάν πρόκειται για τοίχο, οροφή, ή δάπεδο, και τέλος στο πεδίο ‘Construction Name’ επιλέγεται ο τύπος της κατασκευής, δηλαδή εάν είναι εσωτερική ή εξωτερική οροφή, εσωτερικός ή εξωτερικός τοίχος. Οι επιλογές αυτές αντλούνται από την καρτέλα ‘Construction’ που περιγράφηκε παραπάνω. Στο πεδίο ‘Outside Boundary Condition’ περιγράφονται οι συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό της επιφάνειας αυτής, δηλαδή εάν συνορεύει με το έδαφος, κάποια άλλη επιφάνεια ή είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα. Για να διευκρινιστεί το αν μια επιφάνεια είναι εξωτερική ή εσωτερική συμπληρώνονται και τα πεδία ‘Wind Exposure’ και ‘Sun Exposure’. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται ενδεικτικά κάποιες από τις επιφάνειες του κτιρίου με τα χαρακτηριστικά τους.

|                                 |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| [.....] ZoneGroup               |  | Object Description: Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not include subsurfaces such as windows or doors. |  |  |  |  |  |
| [0074] BuildingSurface:Detailed |  | Field Description:<br>ID: A1<br>Enter a alphanumeric value<br>This field is required.  |  |  |  |  |  |
| [.....] Wall:Detailed           |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] Roof/Ceiling:Detailed   |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] Floor:Detailed          |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] Wall:Exterior           |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] Wall:Adiabatic          |  |  |  |  |  |  |  |

| Field                             | Units | Obj5         | Obj6          | Obj7         | Obj8            | Obj9          | Obj10        |
|-----------------------------------|-------|--------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|
| Name                              |       | Surface 141  | Surface 142   | Surface 18   | Surface 28      | Surface 29    | Surface 30   |
| Surface Type                      |       | Wall         | Floor         | Wall         | Roof            | Floor         | Wall         |
| Construction Name                 |       | InteriorWall | InteriorFloor | ExteriorWall | ExteriorCeiling | ExteriorFloor | InteriorWall |
| Zone Name                         |       | amitheatro   | amitheatro    | amitheatro   | amitheatro      | amitheatro    | amitheatro   |
| Outside Boundary Condition        |       | Surface      | Surface       | Outdoors     | Outdoors        | Ground        | Outdoors     |
| Outside Boundary Condition Object |       | Surface 132  | Surface 3     |              |                 |               |              |
| Sun Exposure                      |       | NoSun        | NoSun         | SunExposed   | SunExposed      | NoSun         | SunExposed   |
| Wind Exposure                     |       | NoWind       | NoWind        | WindExposed  | WindExposed     | NoWind        | WindExposed  |
| View Factor to Ground             |       |              |               |              |                 |               |              |
| Number of Vertices                |       |              |               |              |                 |               |              |

Εικόνα 4.22 : Υποκατηγορία 'Building Surface: Detailed' - Επιφάνειες Κτιρίου

#### ❖ Υποκατηγορία 'Fenestration Surface: Detailed'

Με τρόπο παρόμοιο με την προηγούμενη υποκατηγορία, έχουν εισαχθεί όλες οι υπο-επιφάνειες του κτιρίου που αντιστοιχούν σε ανοίγματα (παράθυρα και πόρτες). Στο συγκεκριμένο κτίριο, που δεν διαθέτει παράθυρα έχει γίνει εισαγωγή των εσωτερικών και εξωτερικών πορτών. Η κατασκευαστική δομή εισάγεται στο πεδίο 'Construction Name' από την υποκατηγορία 'Construction' και στο πεδίο 'Building Surface Name' δηλώνεται η επιφάνεια στην οποία ανήκει το άνοιγμα και συμπληρώνεται αυτόματα από το πρόγραμμα. Οι επιφάνειες σκίασης εισάγονται στην καρτέλα 'Shading Building: Detailed'.

|                                     |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| [.....] Floor:Adiabatic             |  | Explanation of Object and Current Field  |  |  |  |  |  |
| [.....] Floor:Interzone             |  | Object Description: Allows for detailed entry of subsurfaces (windows, doors, glass doors, tubular daylighting devices). |  |  |  |  |  |
| [0008] FenestrationSurface:Detailed |  | Field Description:<br>ID: A1<br>Enter a alphanumeric value<br>This field is required.                                    |  |  |  |  |  |
| [.....] Window                      |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] Door                        |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] GlazedDoor                  |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] Window:Interzone            |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] Door:Interzone              |  |  |  |  |  |  |  |
| [.....] GlazedDoor:Interzone        |  |  |  |  |  |  |  |

| Field                             | Units | Obj1              | Obj2          | Obj3              | Obj4          | Obj5              | Obj6          |
|-----------------------------------|-------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Name                              |       | Sub Surface 3     | Sub Surface 6 | Sub Surface 2     | Sub Surface 5 | Sub Surface 1     | Sub Surface 8 |
| Surface Type                      |       | Door              | Door          | Door              | Door          | Door              | Door          |
| Construction Name                 |       | ExteriorDoormetal | InteriorDoor  | ExteriorDoormetal | InteriorDoor  | ExteriorDoormetal | InteriorDoor  |
| Building Surface Name             |       | Surface 18        | Surface 5     | Surface 57        | Surface 58    | Surface 13        | Surface 134   |
| Outside Boundary Condition Object |       |                   | Sub Surface 8 |                   | Sub Surface 7 |                   | Sub Surface 6 |
| View Factor to Ground             |       |                   |               |                   |               |                   |               |
| Shading Control Name              |       |                   |               |                   |               |                   |               |
| Frame and Divider Name            |       |                   |               |                   |               |                   |               |
| Multiplier                        |       |                   |               |                   |               |                   |               |
| Number of Vertices                |       |                   |               |                   |               |                   |               |

Εικόνα 4.23 : Υποκατηγορία 'Fenestration Surface: Detailed' - Επιφάνειες Κτιρίου

#### 4.4.5 Schedules

Σε αυτήν την κατηγορία δίνεται η επιλογή στο χρήστη να προγραμματίσει πολλές παραμέτρους, όπως η ανθρώπινη δραστηριότητα, η πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, ο φωτισμός και η λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Συμπληρώθηκε η υποκατηγορία 'Schedule:Compact', όπου δημιουργήθηκαν χρονοδιαγράμματα για όλο το εικοσιτετράωρο για κάθε δραστηριότητα και δίνονται στους συντελεστές κλασματικές τιμές.

Σχεδόν σε όλα τα χρονοδιαγράμματα αξιοποιήθηκε το γεγονός ότι η σχολή παραμένει ανοιχτή πέντε μέρες της εβδομάδας που τέθηκαν ως 'Weekdays' ενώ παραμένει κλειστή το Σαββατοκύριακο και γι' αυτό αυτές τις δύο μέρες τέθηκαν μηδενικοί συντελεστές. Επίσης, η σχολή δεν λειτουργεί τις διακοπές του Πάσχα, που θεωρήθηκε το Πάσχα του 2016, δηλαδή παρέμεινε κλειστή από 22 Απριλίου έως 5 Μαΐου, τις διακοπές των Χριστουγέννων, δηλαδή παραμένει ανοιχτή έως 23 Δεκεμβρίου και τις διακοπές του καλοκαιριού, δηλαδή τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Έτσι, δημιουργήθηκαν ειδικά χρονοδιαγράμματα και για αυτές τις ημέρες τα οποία αναλύονται παρακάτω.

##### ❖ Χρονοδιαγράμματα Πυκνότητας Ανθρώπινης Ύπαρξης

Τα συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα έγιναν με βάση κάποια από αυτά που υπάρχουν έτοιμα στη βιβλιοθήκη του προγράμματος ( File - OpenDataSet - Schedules), για γραφεία, το οποίο προσαρμόστηκε στις ανάγκες του κτιρίου που μελετάται. Σημειώνεται ότι μέχρι τις 06:00 ο συντελεστής είναι μηδέν για το αμφιθέατρο και για το υπόγειο, εφόσον τις βραδινές ώρες το κτίριο παραμένει κλειστό. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο συντελεστής λαμβάνει κλασματικές τιμές, οι οποίες είναι διάφορες του μηδενός, διότι υπάρχει συνεχής κίνηση ατόμων σε όλους τους χώρους του κτιρίου. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται κυρίως από το πρωί έως αργά το μεσημέρι γιατί γίνονται μαθήματα διδασκαλίας και έτσι υπάρχει αυξημένη κίνηση ατόμων.

| Field Name                | Units  | Obj1           | Obj2                 |
|---------------------------|--------|----------------|----------------------|
| Schedule Type Limits Name |        | Fraction       | Fraction             |
| Field 1                   | varies | Through: 04/22 | Through: 04/22       |
| Field 2                   | varies | For: Weekdays  | For: Weekdays        |
| Field 3                   | varies | Until: 06:00   | Until: 08:00         |
| Field 4                   | varies | 0              | 0                    |
| Field 5                   | varies | Until: 07:00   | Until: 17:00         |
| Field 6                   | varies | 0,1            | .2                   |
| Field 7                   | varies | Until: 08:00   | Until: 24:00         |
| Field 8                   | varies | 0,2            | 0                    |
| Field 9                   | varies | Until: 17:00   | For: Saturday Sunday |
| Field 10                  | varies | 0,95           | Until: 24:00         |
| Field 11                  | varies | Until: 18:00   | 0                    |
| Field 12                  | varies | .3             | Through: 05/09       |
| Field 13                  | varies | Until: 24:00   | For: AllDays         |

Εικόνα 4.24 : Χρονοδιαγράμματα Πυκνότητας Ανθρώπινης Ύπαρξης

❖ Χρονοδιαγράμματα Ανθρώπινης Δραστηριότητας

Τα συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα συμπληρώθηκαν με βάση της σελίδας του οργανισμού ASHRAE. Πιο συγκεκριμένα, το βράδυ όπου το κτίριο παραμένει κλειστό και έτσι δεν υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα, τίθεται μηδενική τιμή, ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας τίθεται η τιμή 80 για το αμφιθέατρο και 70 για το υπόγειο. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα.

| Obj3                  | Obj4                 |
|-----------------------|----------------------|
| SchAmfithetraActivity | SchUpogeioActivity   |
| ActivityLevel         | ActivityLevel        |
| Through: 04/22        | Through: 04/22       |
| For: Weekdays         | For: Weekdays        |
| Until: 08:00          | Until: 08:00         |
| 0                     | 0                    |
| Until: 18:00          | Until: 18:00         |
| 80                    | 70                   |
| Until: 24:00          | Until: 24:00         |
| 0                     | 0                    |
| For: Saturday Sunday  | For: Saturday Sunday |
| Until: 24:00          | Until: 24:00         |
| 0                     | 0                    |
| Through: 05/09        | Through: 05/09       |
| For: AllDays          | For: AllDays         |
| Until: 24:00          | Until: 24:00         |
| 0                     | 0                    |
| Through: 06/30        | Through: 06/30       |

Εικόνα 4.25 : Χρονοδιαγράμματα Ανθρώπινης Δραστηριότητας

❖ Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Τεχνητού Φωτισμού

Δημιουργήθηκαν δύο ξεχωριστά αντικείμενα, ένα για το αμφιθέατρο και ένα για το υπόγειο. Για το αμφιθέατρο, τις ημέρες της εβδομάδας που λειτουργεί η σχολή, μέχρι τις 08:00 όλα τα φώτα είναι κλειστά επομένως τίθεται 0. Μετά κατά τη διάρκεια της ημέρας ο συντελεστής αυξάνεται και παίρνει λίγο μεγαλύτερες τιμές μετά το μεσημέρι που δεν έχει αρκετό φυσικό φωτισμό. Τα Σαββατοκύριακα που το κτίριο παραμένει κλειστό τίθεται για όλη τη μέρα η τιμή 0. Επίσης, για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, καθώς και στις διακοπές Χριστουγέννων και Πάσχα, που η σχολή παραμένει κλειστή, πάλι τίθεται η τιμή 0 για όλη τη μέρα. Αντίστοιχες τιμές συντελεστή έχει και το υπόγειο. Παρακάτω φαίνονται τα συγκεκριμένα διαγράμματα.



| Obj5                | Obj6                |
|---------------------|---------------------|
| SchAmfitheatroLight | SchUpogeioLights    |
| Fraction            | Fraction            |
| Through: 04/22      | Through: 04/22      |
| For: Weekdays       | For: Weekdays       |
| Until: 08:00        | Until: 08:00        |
| 0                   | 0                   |
| Until: 15:00        | Until: 18:00        |
| .3                  | .1                  |
| Until: 18:00        | Until: 24:00        |
| .6                  | 0                   |
| Until: 24:00        | For: Saturday Sund: |
| .1                  | Until: 24:00        |
| For: Saturday Sund: | 0                   |
| Until: 24:00        | Through: 05/09      |
| 0                   | For: AllDays        |
| Through: 05/09      | Until: 24:00        |
| For: AllDays        | 0                   |
| Until: 24:00        | Through: 06/30      |

Εικόνα 4.26 : Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Τεχνητού Φωτισμού

#### ❖ Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Ηλεκτρικών Συσκευών

Όσον αφορά τον ηλεκτρικό εξοπλισμό το αμφιθέατρο διαθέτει μόνο έναν προτζέκτορα ο οποίος λειτουργεί κατά τη διάρκεια των μαθημάτων και έτσι τις ώρες που διαρκούν τα μαθήματα ο συντελεστής αυτός λαμβάνει μεγαλύτερες τιμές. Επειδή για το υπόγειο δεν είναι γνωστό εάν υπάρχει κάποιος ηλεκτρικός εξοπλισμός θεωρήθηκε μηδενική τιμή. Όπως και στο προηγούμενο χρονοδιάγραμμα αυτές οι τιμές συντελεστή αφορούν τις ημέρες της εβδομάδας που η σχολή παραμένει ανοιχτή. Δηλαδή τα Σαββατοκύριακα και τους καλοκαιρινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, τα Χριστούγεννα και το Πάσχα, ο συντελεστής παίρνει μηδενική τιμή. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

| Obj7                | Obj8            |
|---------------------|-----------------|
| SchAmfitheatroEleE  | SchUpogeioEleEq |
| Fraction            | Fraction        |
| Through: 04/22      | Through: 12/31  |
| For: Weekdays       | For: AllDays    |
| Until: 08:00        | Until: 24:00    |
| 0                   | 0               |
| Until: 18:00        |                 |
| .5                  |                 |
| Until: 24:00        |                 |
| 0                   |                 |
| For: Saturday Sund: |                 |
| Until: 24:00        |                 |
| 0                   |                 |
| Through: 05/09      |                 |
| For: AllDays        |                 |
| Until: 24:00        |                 |
| 0                   |                 |
| Through: 06/30      |                 |

Εικόνα 4.27 : Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Ηλεκτρικών Συσκευών

#### ❖ Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Συστήματος Θέρμανσης - Ψύξης

Στο συγκεκριμένο κτίριο λόγω της χρήσης του χρειάζεται να τοποθετηθεί ένα σύστημα θέρμανσης-ψύξης, προκειμένου να διατηρούνται κατάλληλες συνθήκες για τους φοιτητές και γενικότερα τους χρήστες. Το σύστημα αυτό είναι ενιαίο και για το χώρο του αμφιθεάτρου και για το χώρο του υπογείου.

Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους τρεις πρώτους μήνες του χρόνου τις ώρες αιχμής, δηλαδή από τις 08:00 μέχρι τις 11:00 και από τις 14:00 μέχρι τις 16:00, με τη θερμοκρασία να είναι σταθερή στους 24 °C. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας, καθώς και τις βραδινές ώρες, τίθεται ένα όριο θερμοκρασίας 10 °C κάτω από το οποίο ενεργοποιείται ο κλιματισμός. Οι ίδιες συνθήκες θεωρήθηκαν και για τις μέρες που η σχολή είναι κλειστή όπως στα προηγούμενα χρονοδιαγράμματα. Πρακτικά, επειδή η θερμοκρασία δεν θα πέσει σε τόσο χαμηλά επίπεδα, ο κλιματισμός είναι ανενεργός. Μέχρι το τέλος Οκτώβρη, ο κλιματισμός παραμένει επίσης ανενεργός, θέτοντας πάλι το όριο των 10 °C αφού είναι αδύνατον το καλοκαίρι η θερμοκρασία να πέσει κάτω από αυτό το όριο. Για τους τελευταίους δύο μήνες του χρόνου ο κλιματισμός λειτουργεί τις πρωινές ώρες από τις 08:00 μέχρι τις 11:00 και από τις 14:00 έως τις 16:00 με σταθερή θερμοκρασία στους 24 °C. Για τις υπόλοιπες ώρες ισχύει το όριο των 10 °C άρα η θέρμανση δεν λειτουργεί.

Όσον αφορά το σύστημα ψύξης, αυτό λειτουργεί τον Ιούνιο και το Σεπτέμβρη που η σχολή είναι ανοιχτή. Τον Ιούνιο λειτουργεί από τις 12:00 έως τις 16:00, και το Σεπτέμβρη λειτουργεί από τις 11:00 έως τις 15:00, που συναντώνται υψηλότερες θερμοκρασίες με σταθερή θερμοκρασία στους 26 °C. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας τίθεται ένα όριο 35 °C πάνω από το οποίο ενεργοποιείται ο κλιματισμός, δηλαδή πρακτικά αδύνατο. Τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο που η σχολή παραμένει κλειστή τίθεται πάλι το όριο των 35 °C, δηλαδή το σύστημα ψύξης είναι πρακτικά ανενεργό.

Παρακάτω φαίνονται ενδεικτικά τα χρονοδιαγράμματα συστήματος θέρμανσης - ψύξης.

| Obj10               | Obj12               |
|---------------------|---------------------|
| SchHeatingSetPoin   | SchCoolingSetPoint  |
| Temperature 36      | Temperature 11      |
| Through: 03/31      | Through: 05/31      |
| For: Weekdays       | For: AllDays        |
| Until: 08:00        | Until: 24:00        |
| 10                  | 35                  |
| Until: 11:00        | Through: 06/30      |
| 24                  | For: Weekdays       |
| Until: 14:00        | Until: 11:00        |
| 10                  | 35                  |
| Until: 16:00        | Until: 15:00        |
| 24                  | 26                  |
| Until: 24:00        | Until: 24:00        |
| 10                  | 35                  |
| For: Saturday Sund: | For: Saturday Sund: |
| Until: 24:00        | Until: 24:00        |
| 10                  | 35                  |
| Through: 10/31      | Through: 08/31      |

Εικόνα 4.28 : Χρονοδιαγράμματα Συστήματος Θέρμανσης - Ψύξης

#### ❖ Χρονοδιαγράμματα Αερισμού Θερμικών Ζωνών

Το κτίριο διαθέτει ανοίγματα μόνο στη ζώνη του αμφιθεάτρου, γι' αυτό δημιουργήθηκε ένα μόνο χρονοδιάγραμμα αερισμού. Μέχρι το τέλος Απριλίου, και μόνο για τις ημέρες της εβδομάδας που είναι ανοιχτή η σχολή ο συντελεστής παίρνει χαμηλή τιμή από τις 08:00 έως τις 16:00 καθώς έξω επικρατεί γενικά χαμηλή θερμοκρασία. Τα Σαββατοκύριακα και τους καλοκαιρινούς μήνες των διακοπών ο συντελεστής τίθεται 0. Μέχρι το τέλος Ιουνίου τις ώρες μαθημάτων τίθεται μεγαλύτερη τιμή και ίση με 0.4 καθώς επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ενδεικτικά ένα μέρος του χρονοδιαγράμματος αερισμού της ζώνης του αμφιθεάτρου.

|                     |
|---------------------|
| Obj11               |
| SchAmfitheatroVent  |
| Fraction            |
| Through: 04/22      |
| For: Weekdays       |
| Until: 08:00        |
| 0                   |
| Until: 12:00        |
| .1                  |
| Until: 13:00        |
| .4                  |
| Until: 16:00        |
| .1                  |
| Until: 24:00        |
| 0                   |
| For: Saturday Sund: |
| Until: 24:00        |
| 0                   |
| Through: 06/30      |

Εικόνα 4.29 : Χρονοδιάγραμμα Αερισμού θερμικής ζώνης Αμφιθεάτρου

#### ❖ Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα

Το συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα δηλώνει τη σταθερή διαφυγή αέρα κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους από τα ανοίγματα και επιλέχθηκε ένα ήδη υπάρχον χρονοδιάγραμμα από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος. Σημειώνεται ότι ο αερισμός αυτός είναι αθέλητος.

|                |
|----------------|
| Obj9           |
| Always on      |
| Fraction       |
| Through: 12/31 |
| For: AllDays   |
| Until: 24:00   |
| 1              |

Εικόνα 4.30 : Χρονοδιάγραμμα Διήθησης Αέρα

#### 4.4.6 Internal Gains

Σε αυτήν την κατηγορία εξετάζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη που προκύπτουν από τους χρήστες, τον τεχνητό φωτισμό και τη λειτουργία του ηλεκτρικού εξοπλισμού.

##### ❖ Υποκατηγορία ‘People’

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

Στο πεδίο ‘Name’ συμπληρώνεται το όνομα του αντικειμένου, στην περίπτωση αυτή δημιουργήθηκαν δύο αντικείμενα, ένα για το χώρο του αμφιθεάτρου και ένα για το υπόγειο. Στο πεδίο ‘Zone or Zone List Name’ επιλέγεται από τη λίστα η ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών που δημιουργήθηκαν σε παραπάνω κατηγορία. Στο πεδίο ‘Number of People Schedule Name’ επιλέγεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα που έχει δημιουργηθεί για την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, για το χώρο του αμφιθεάτρου και του υπογείου. Συμπληρώθηκε το πεδίο ‘Number of People’ και για το χώρο του αμφιθεάτρου εκτιμήθηκε ο αριθμός 250 ενώ για το υπόγειο ο αριθμός 5. Το ‘Fraction Radiant’ αναφέρεται στο ποσοστό της θερμότητας που εκπέμπει ο κάθε χρήστης και τέθηκε η τιμή 0.3. Τέλος, στο πεδίο ‘Activity Level Schedule Name’ επιλέγεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα που έχει δημιουργηθεί για την ανθρώπινη δραστηριότητα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται συμπληρωμένα όλα αυτά τα πεδία.

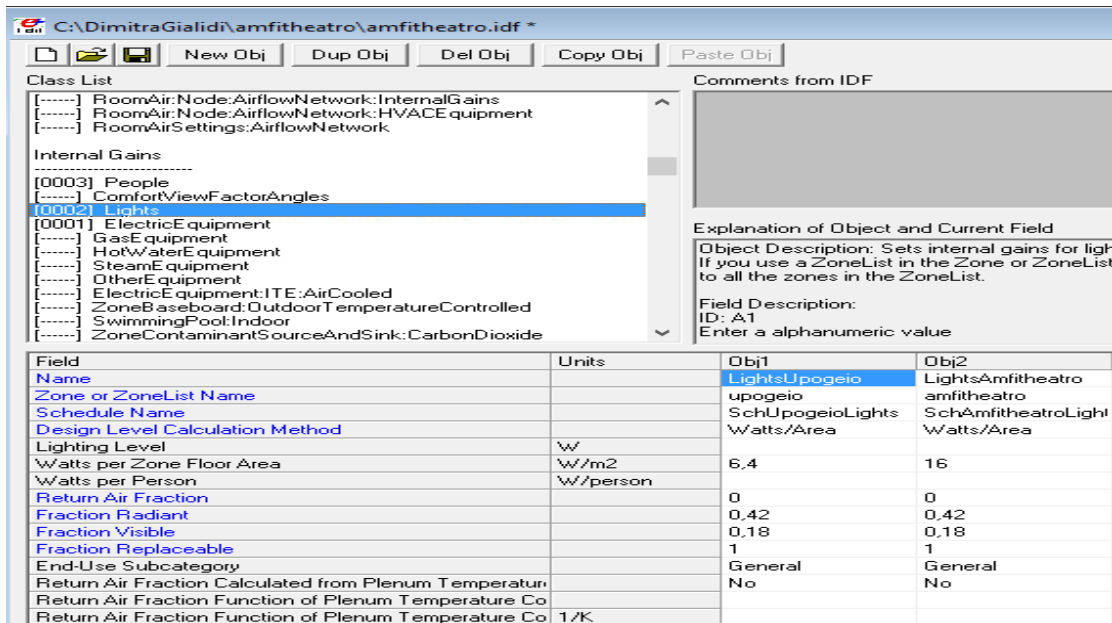
| Field  | Units     | Obj1                 | Obj2                 |
|--|-----------|----------------------|----------------------|
| Name   |           | PeopleUpogeio        | PeopleAmfitheatro    |
| Zone or ZoneList Name                                |           | upogeio              | amfitheatro          |
| Number of People Schedule Name                       |           | SchUpogeioPeople     | SchAmfitheatroPeop   |
| Number of People Calculation Method                  |           | People/Area          | People/Area          |
| Number of People                                     |           | 5                    | 250                  |
| People per Zone Floor Area                           | person/m2 |                      |                      |
| Zone Floor Area per Person                           | m2/person |                      |                      |
| Fraction Radiant                                     |           | 0,3                  | 0,3                  |
| Sensible Heat Fraction                               |           | autocalculate        | autocalculate        |
| Activity Level Schedule Name                         |           | SchUpogeioActivity   | SchAmfitheatroActiv  |
| Carbon Dioxide Generation Rate                       | m3/s·W    | 0.0000000382         | 0.0000000382         |
| Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings                    |           | No                   | No                   |
| Mean Radiant Temperature Calculation Type            |           | ZoneAveraged         | ZoneAveraged         |
| Surface Name/Angle Factor List Name                  |           |                      |                      |
| Work Efficiency Schedule Name                        |           |                      |                      |
| Clothing Insulation Calculation Method               |           | ClothingInsulationSc | ClothingInsulationSc |
| Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name |           |                      |                      |

Εικόνα 4.31 : Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘People’

##### ❖ Υποκατηγορία ‘Lights’

Τα εσωτερικά κέρδη που προκύπτουν από τον τεχνητό φωτισμό εξαρτώνται από την ισχύ του φωτισμού αυτού, τα ωράρια λειτουργίας του κ.ά.

Δημιουργήθηκαν δύο αντικείμενα, ένα για τη ζώνη του υπογείου και ένα για τη ζώνη του αμφιθεάτρου. Τα τρία πρώτα πεδία συμπληρώνονται με ίδιο τρόπο όπως στην προηγούμενη κατηγορία μόνο που επιλέγουμε 'Watts/Area'. Σύμφωνα με το Τ.Ε.Ε. για χώρους αμφιθεάτρων τέθηκε η τιμή 16 W/m<sup>2</sup> και για το υπόγειο τέθηκε η μικρότερη τιμή που είχε στον πίνακα δηλαδή τα 6.4 W/m<sup>2</sup>. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται αναλυτικά τα πεδία που συμπληρώθηκαν.



Εικόνα 4.32 : Παράμετροι Υποκατηγορίας 'Lights'

#### ❖ Υποκατηγορία 'Electric Equipment'

Με αυτήν την κατηγορία δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού των εσωτερικών κερδών από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό. Στον εξοπλισμό αυτό, σημειώνεται ότι δεν συμπεριλαμβάνεται το σύστημα θέρμανσης - ψύξης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί ηλεκτρικό εξοπλισμό διαθέτει μόνο η ζώνη του αμφιθεάτρου επομένως δημιουργήθηκε ένα αντικείμενο. Με ίδιο τρόπο όπως με τον τεχνητό φωτισμό συμπληρώνονται όλα τα απαραίτητα πεδία. Με βάση την τεχνική οδηγία (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) για αμφιθέατρο, στο πεδίο 'Watts per Zone Floor Area', προτείνεται η τιμή 2 και αυτή τέθηκε. Παρακάτω φαίνονται οι λεπτομέρειες κάθε πεδίου που συμπληρώθηκε.

| Field                           | Units    | Obj1                 |
|---------------------------------|----------|----------------------|
| Name                            |          | ElectricEqAmfitheatr |
| Zone or ZoneList Name           |          | amfitheatro          |
| Schedule Name                   |          | SchAmfitheatroEleE   |
| Design Level Calculation Method |          | Watts/Area           |
| Design Level                    | W        |                      |
| Watts per Zone Floor Area       | W/m2     | 2                    |
| Watts per Person                | W/person |                      |
| Fraction Latent                 |          | 0                    |
| Fraction Radiant                |          | 0,35                 |
| Fraction Lost                   |          | 0                    |
| End-Use Subcategory             |          | General              |

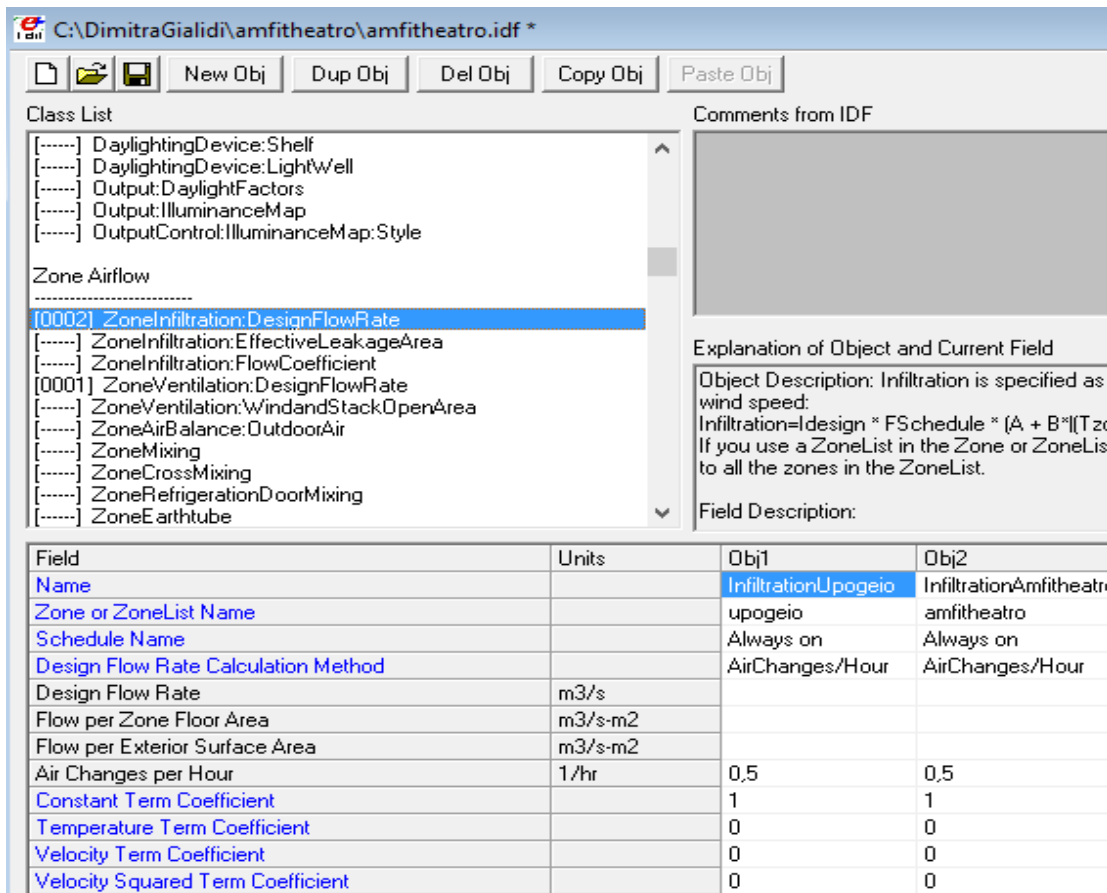
Εικόνα 4.33 : Παράμετροι Υποκατηγορίας 'Electric Equipment'

#### 4.4.7 Zone Airflow

Σε αυτό το σημείο ορίζεται η ροή του αέρα η οποία μπορεί να γίνει με δύο τρόπους : είτε με τον αθέλητο αερισμό, είτε με τον φυσικό αερισμό, σύμφωνα με τα χρονοδιαγράμματα που έχουν δημιουργηθεί σε προηγούμενα βήματα.

##### ❖ Υποκατηγορία 'Zone Infiltration: Design Flow Rate'

Εδώ περιγράφεται ο αθέλητος αερισμός, δηλαδή ο έμμεσος αερισμός, που προέρχεται είτε από τα κουφώματα είτε από το κλείσιμο ή το άνοιγμα των παραθύρων. Όπως και στις προηγούμενες κατηγορίες συμπληρώνονται τα τρία πρώτα πεδία, ενώ στο τέταρτο επιλέγεται το 'Air Changes/ Hour', δηλαδή αριθμός εναλλαγών του αέρα ανά ώρα. Για τον αθέλητο αερισμό, τέθηκε η τιμή 0.5 και για τους δύο χώρους.



Εικόνα 4.34 : Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Zone Infiltration: Design Flow Rate’

#### ❖ Υποκατηγορία ‘Zone Ventilation: Design Flow Rate’

Εδώ περιγράφεται ο φυσικός αερισμός, δηλαδή ο άμεσος αερισμός, με τον οποίο γίνεται η απομάκρυνση της θερμικής μάζας από το κτίριο. Έχει άμεση εξάρτηση από τα χρονοδιαγράμματα αερισμού του κτιρίου που δημιουργήθηκαν και υλοποιείται μέσω των ανοιγμάτων και κυρίως των παραθύρων. Στο συγκεκριμένο κτίριο, εφόσον δεν υπάρχουν παράθυρα, υλοποιείται μόνο από τις υπάρχουσες πόρτες. Δημιουργήθηκε ένα μόνο αντικείμενο καθώς άμεση επαφή με πόρτες έχει μόνο η ζώνη του αμφιθεάτρου. Επιλέχθηκε πάλι το ‘Air Changes/ Hour’ και τέθηκε η τιμή 8, όπως προτείνει το T.E.E. για χώρους αμφιθεάτρων. Τέλος, στο πεδίο ‘Ventilation Type’ επιλέχθηκε ο φυσικός αερισμός.

Zone Airflow

[0002] ZoneInfiltration:DesignFlowRate  
 [.....] ZoneInfiltration:EffectiveLeakageArea  
 [.....] ZoneInfiltration:FlowCoefficient  
 [0001] ZoneVentilation:DesignFlowRate  
 [.....] ZoneVentilation:WindandStackOpenArea  
 [.....] ZoneAirBalance:OutdoorAir  
 [.....] ZoneMixing  
 [.....] ZoneCrossMixing  
 [.....] ZoneRefrigerationDoorMixing  
 [.....] ZoneEarthtube

Explanation of Object ar  
 Object Description: Ver  
 wind speed:  
 Ventilation=Vdesign \* F:  
 If you use a ZoneList in  
 to all the zones in the Z  
 Field Description:

| Field                                    | Units       | Obj1                 |
|--|-------------|----------------------|
| Name                                     |             | VentilationAmfitheat |
| Zone or ZoneList Name                    |             | amfitheatro          |
| Schedule Name                            |             | SchAmfitheatroVent   |
| Design Flow Rate Calculation Method      |             | AirChanges/Hour      |
| Design Flow Rate                         | m3/s        |                      |
| Flow Rate per Zone Floor Area            | m3/s-m2     |                      |
| Flow Rate per Person                     | m3/s-person |                      |
| Air Changes per Hour                     | 1/hr        | 8                    |
| Ventilation Type                         |             | Natural              |
| Fan Pressure Rise                        | Pa          | 0                    |
| Fan Total Efficiency                     |             | 1                    |
| Constant Term Coefficient                |             | 1                    |
| Temperature Term Coefficient             |             | 0                    |
| Velocity Term Coefficient                |             | 0                    |
| Velocity Squared Term Coefficient        |             | 0                    |
| Minimum Indoor Temperature               | C           | -100                 |
| Minimum Indoor Temperature Schedule Name |             |                      |
| Maximum Indoor Temperature               | C           | 100                  |
| Maximum Indoor Temperature Schedule Name |             |                      |

Εικόνα 4.35 : Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Zone Ventilation: Design Flow Rate’

#### 4.4.8 HVAC Templates

Σε αυτήν την κατηγορία αναλύονται τα συστήματα κλιματισμού. Για ένα απλό σύστημα θέρμανσης - ψύξης χρησιμοποιούνται οι παρακάτω κατηγορίες :

##### ❖ Υποκατηγορία ‘HVAC Template: Thermostat’

Μέσω της συγκεκριμένης υποκατηγορίας ο μελετητής μπορεί να ορίσει το σύστημα θέρμανσης - ψύξης του κτιρίου μέσα στο πρόγραμμα. Δημιουργήθηκε ένα μόνο αντικείμενο με όνομα ‘Constant Setpoint’ και χρησιμοποιεί τα χρονοδιαγράμματα που έχουν ήδη δημιουργηθεί στην κατηγορία ‘Schedules’ ειδικά για τον κλιματισμό, για θέρμανση και ψύξη, στα αντίστοιχα πεδία. Ορίστηκε και ένας θερμοστάτης, δηλαδή μια θερμοκρασία τίθεται ως όριο για να λειτουργεί το σύστημα κλιματισμού. Ο θερμοστάτης αυτός είναι απαραίτητος γιατί τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβρη ο κλιματισμός δεν χρειάζεται να λειτουργεί. Έτσι, στο πεδίο ‘Constant Heating Setpoint’ τίθεται ο αριθμός 16 °C, δηλαδή αν η θερμοκρασία πέσει κάτω από αυτό το όριο θα ενεργοποιηθεί ο κλιματισμός. Αντίστοιχα, στο πεδίο ‘Constant Cooling Setpoint’ εκτιμήθηκε ότι οι 26 °C είναι ένα καλό όριο που στην περίπτωση που ξεπεραστεί ενεργοποιείται το σύστημα ψύξης.



| Field                          | Units | Obj1                         |
|--------------------------------|-------|------------------------------|
| <b>Name</b>                    |       | Constant Setpoint Thermostat |
| Heating Setpoint Schedule Name |       | SchHeatingSetPoint           |
| Constant Heating Setpoint      | C     | 16                           |
| Cooling Setpoint Schedule Name |       | SchCoolingSetPoint           |
| Constant Cooling Setpoint      | C     | 26                           |

Εικόνα 4.36 : Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘HVAC Template: Thermostat’

#### ❖ Υποκατηγορία ‘HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System’

Σε αυτό το σημείο ορίζονται σε ποιες θερμικές ζώνες είναι διαθέσιμο το σύστημα κλιματισμού. Συνεπώς, δημιουργήθηκε ένα αντικείμενο για καθεμία ζώνη άρα συνολικά δύο αντικείμενα. Στο ‘Zone Name’ επιλέγεται το όνομα της θερμικής ζώνης και στο ‘Template Thermostat Name’ επιλέγεται το σύστημα κλιματισμού.

| Field                                     | Units          | Obj1                        | Obj2                         |
|---|----------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>Zone Name</b>                          |                | amfitheatro                 | upogeio                      |
| Template Thermostat Name                  |                | Constant Setpoint Thermosta | Constant Setpoint Thermostat |
| System Availability Schedule Name         |                |                             |                              |
| Maximum Heating Supply Air Temperature    | C              | 50                          | 50                           |
| Minimum Cooling Supply Air Temperature    | C              | 13                          | 13                           |
| Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio | kgWater/kgDryA | 0,0156                      | 0,0156                       |
| Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio | kgWater/kgDryA | 0,0077                      | 0,0077                       |
| Heating Limit                             |                | NoLimit                     | NoLimit                      |
| Maximum Heating Air Flow Rate             | m3/s           |                             |                              |
| Maximum Sensible Heating Capacity         | W              |                             |                              |
| Cooling Limit                             |                | NoLimit                     | NoLimit                      |

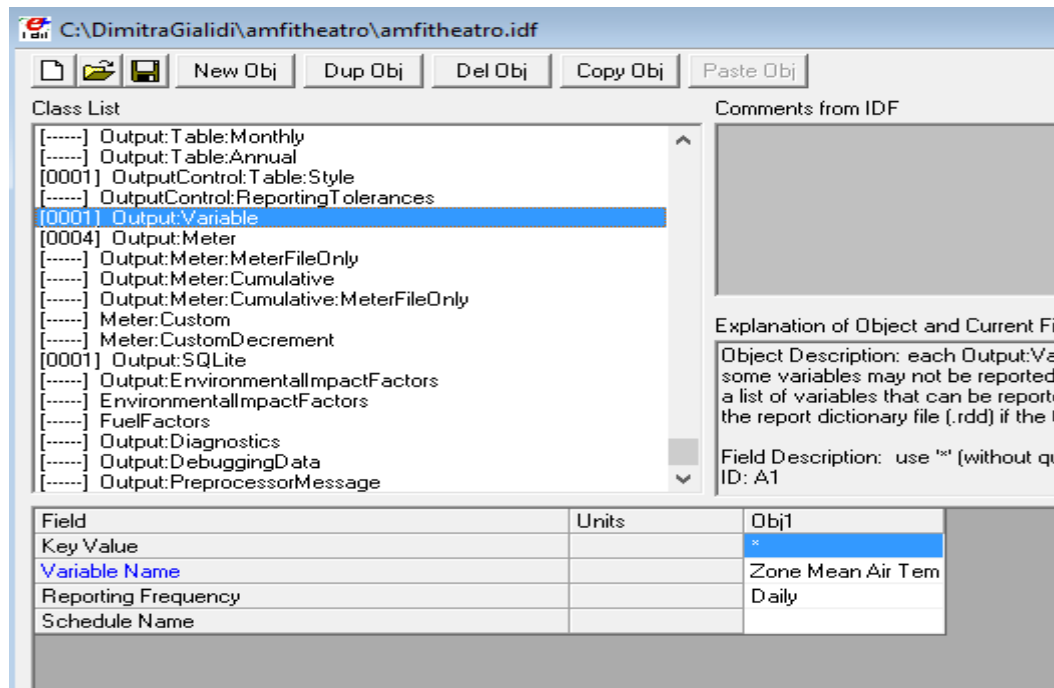
Εικόνα 4.37 : Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System’

#### 4.4.9 Output Reporting

Σε αυτήν την κατηγορία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει τα αποτελέσματα που επιθυμεί να του εμφανίσει το πρόγραμμα. Συνηθέστερα, ζητούνται οι θερμοκρασίες κάθε ζώνης καθώς και η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου.

#### ❖ Υποκατηγορία ‘Output: Variable’

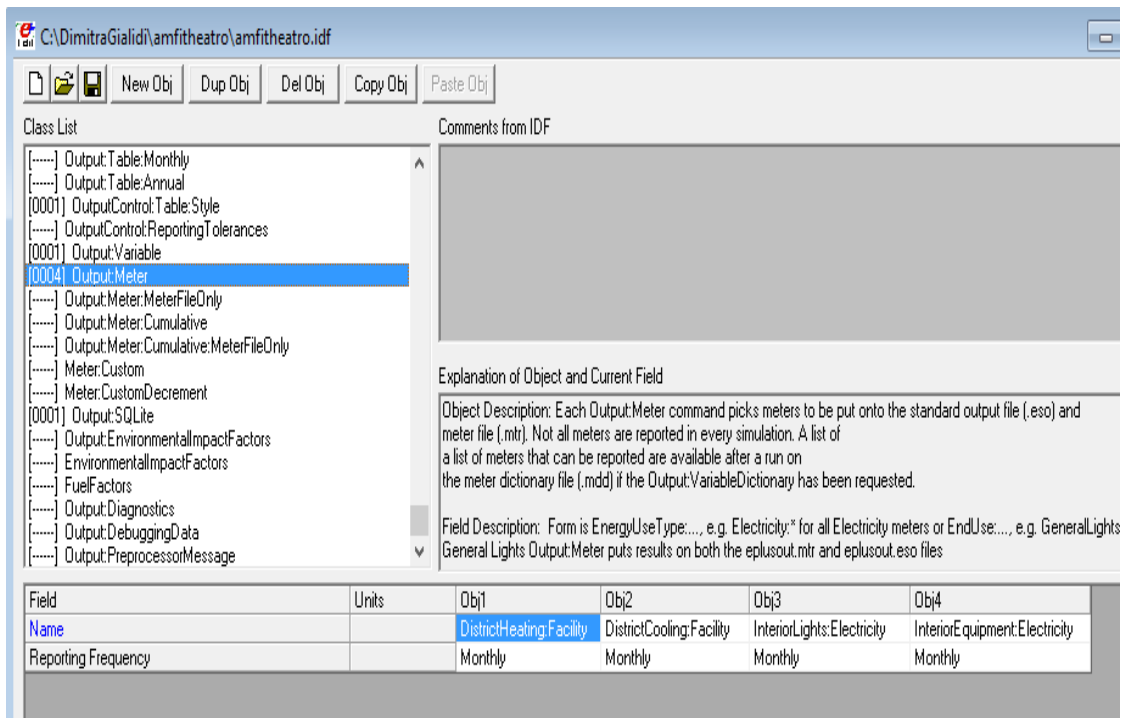
Σε αυτή την υποκατηγορία δημιουργήθηκε ένα αντικείμενο που αφορά τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα κάθε θερμικής ζώνης και επιλέχθηκε το χρονικό βήμα ‘Daily’. Στο πεδίο ‘Variable: Name’ από τη λίστα που υπάρχει επιλέχθηκε το ‘Zone Mean Air Temperature’.



Εικόνα 4.38 : Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Output: Variable’

#### ❖ Υποκατηγορία ‘Output: Meter’

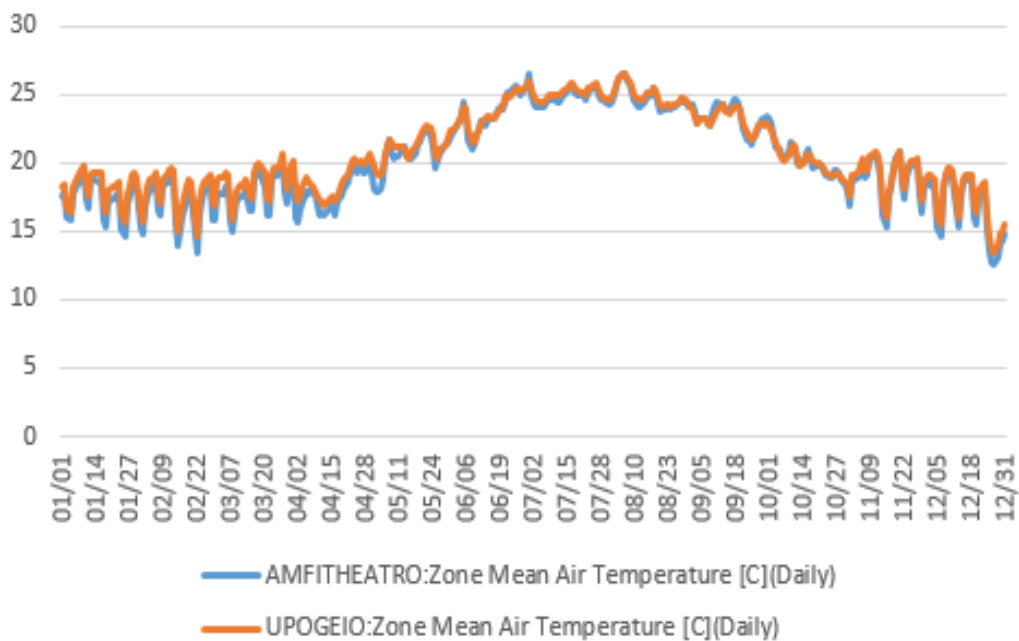
Με αυτή την υποκατηγορία επιλέγουμε τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν για τις ενεργειακές καταναλώσεις. Δημιουργήθηκαν τέσσερα αντικείμενα για τις ενεργειακές καταναλώσεις και πιο συγκεκριμένα στο πεδίο ‘Name’ επιλέχθηκαν τα ‘District Heating: Facility’, ‘District Cooling: Facility’, ‘Interior Lights: Electricity’ και ‘Interior Equipment: Electricity’ στο αντίστοιχο αντικείμενο. Προκειμένου να εξαχθούν μηνιαίες καταναλώσεις, επιλέχθηκε το ‘Monthly’ στο πεδίο ‘Reporting Frequency’. Οι καταναλώσεις ενέργειας που προκύπτουν από το πρόγραμμα είναι σε Joules (J), επομένως για να γίνει η κοστολόγηση της καταναλισκόμενης ενέργειας του κτιρίου, πρέπει να μετατραπούν σε kWh, έτσι σημειώνεται ότι  $1 \text{ J} = 2.777778 \times 10^{-7} \text{ kWh}$ . Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται αναλυτικά τα πεδία που συμπληρώθηκαν.



Εικόνα 4.39 : Παράμετροι Υποκατηγορίας 'Output: Meter'

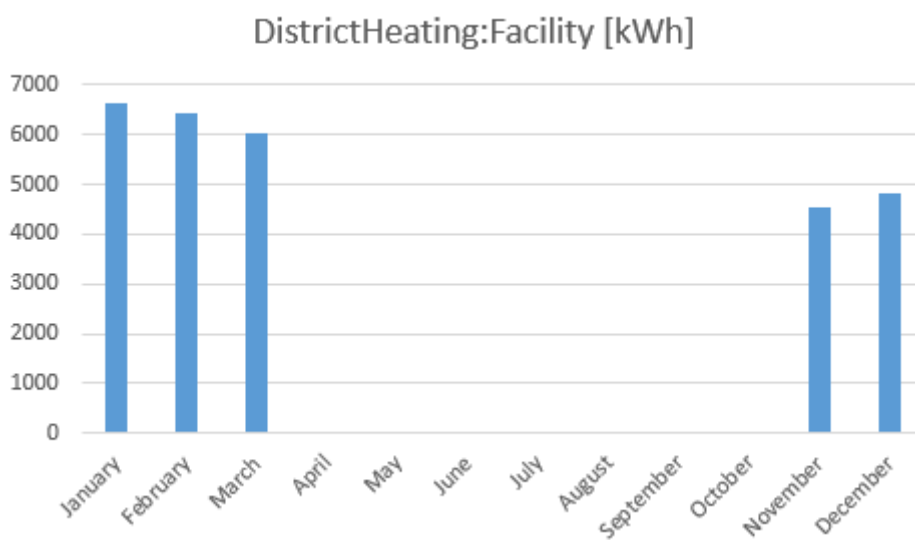
## 4.5 Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Αρχικά, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα στο οποίο φαίνονται οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες των δύο θερμικών ζωνών του κτιρίου. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η μέση θερμοκρασία της θερμικής ζώνης 'amfitheatro' σε σχέση με την αντίστοιχη στη ζώνη 'υρογειο', είναι ελαφρώς χαμηλότερη, κάτι που ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι το περισσότερο τμήμα του αμφιθεάτρου είναι προς το Βορρά ενώ το υπόγειο είναι προς το Νότο. Επίσης, τους χειμερινούς μήνες η ζώνη 'amfitheatro', που είναι εκτεθειμένη στις εξωτερικές συνθήκες, είναι λογικό να παρουσιάζει χαμηλότερες θερμοκρασίες από τη ζώνη 'υρογειο' που βρίσκεται ολόκληρη μέσα στο έδαφος επομένως είναι πιο προστατευμένη. Η διαφορά αυτή στις θερμοκρασίες των δύο θερμικών ζωνών μπορεί να φτάσει έως και 1 °C.

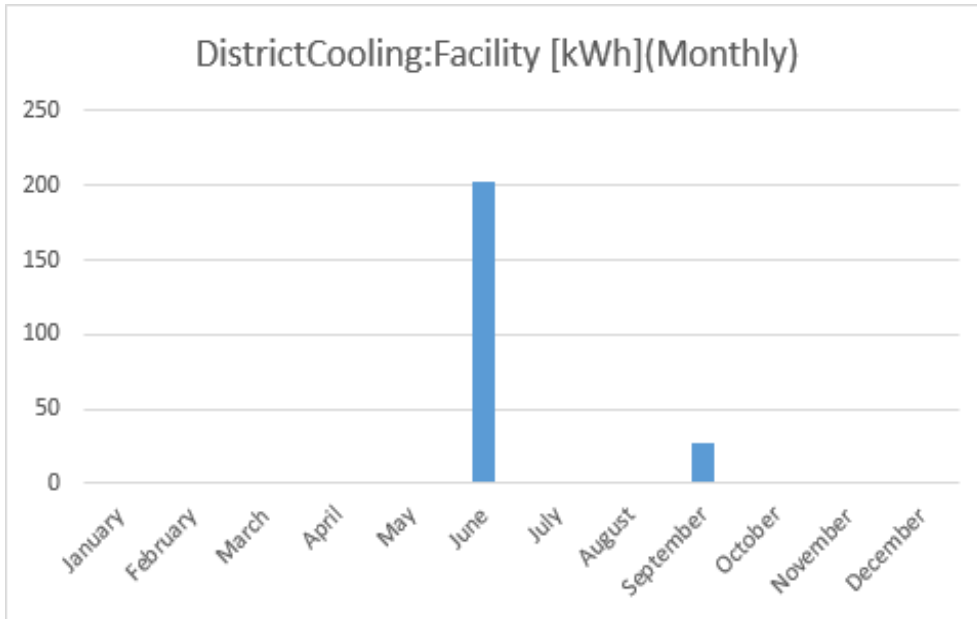


Διάγραμμα 4.40 : Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Θερμικών Ζωνών ( °C)

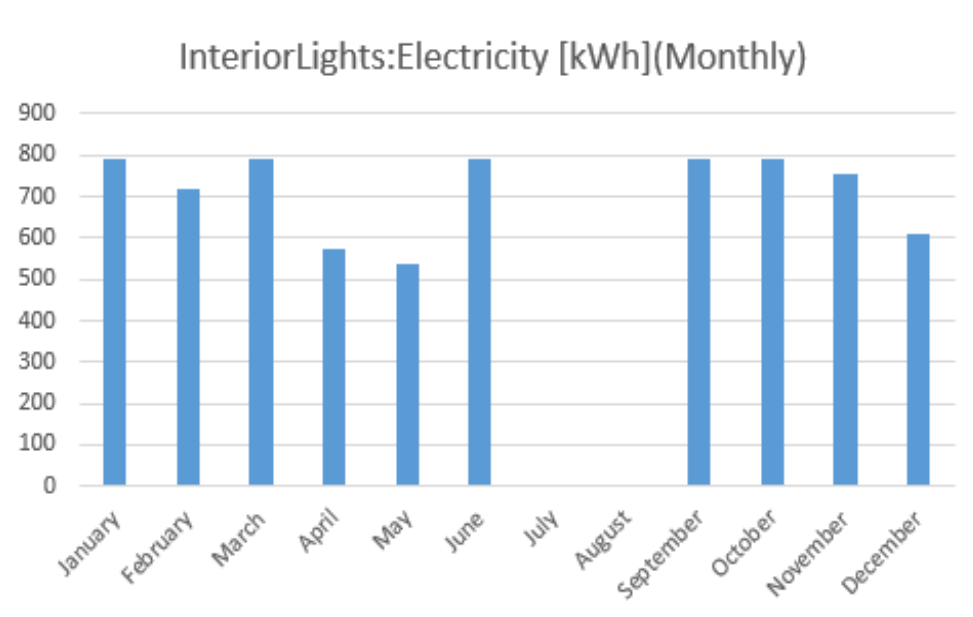
Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνονται οι μηνιαίες καταναλώσεις της ενέργειας που χρειάζονται αναλυτικά για τις ανάγκες της θέρμανσης, της ψύξης, του τεχνητού φωτισμού και του ηλεκτρικού εξοπλισμού.



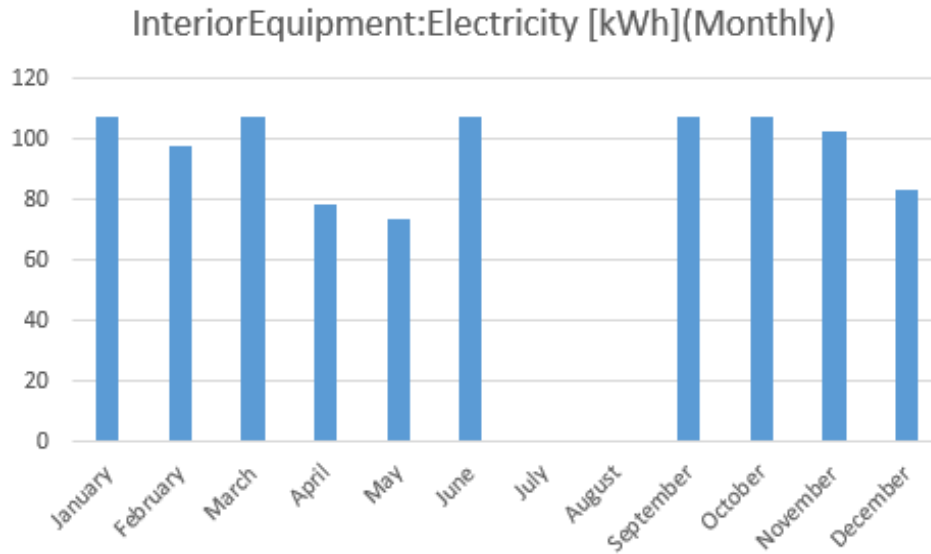
Διάγραμμα 4.41 : Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας Θέρμανσης Κτιρίου (kWh)



Διάγραμμα 4.42 : Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας Ψύξης Κτιρίου (kWh)

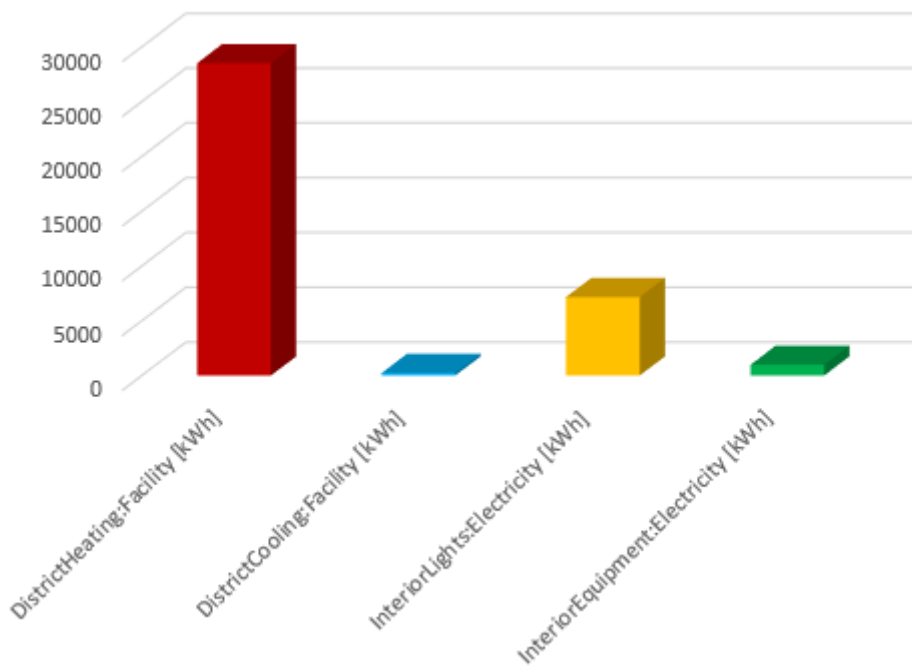


Διάγραμμα 4.43 : Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας Τεχνητού Φωτισμού Κτιρίου (kWh)



Διάγραμμα 4.44 : Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας Ηλεκτρικού Εξοπλισμού Κτιρίου (kWh)

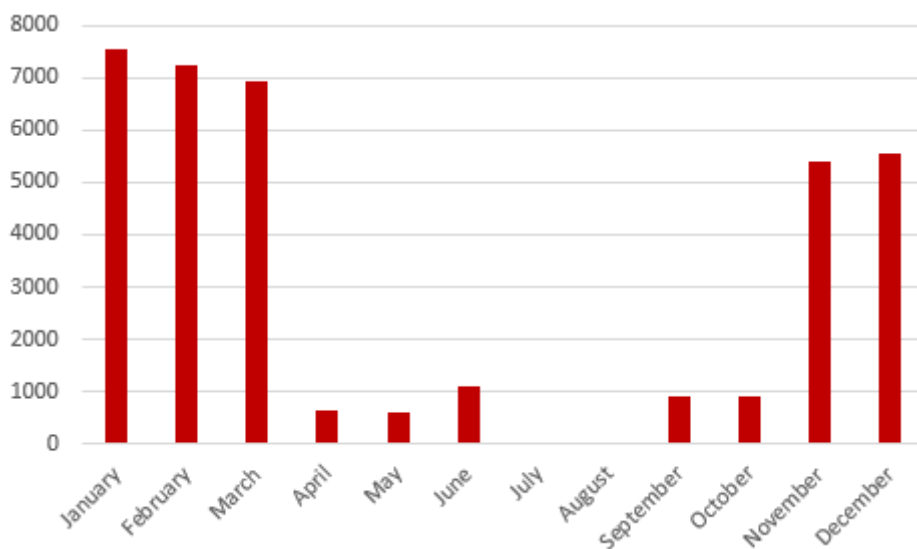
Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα γράφημα στο οποίο φαίνονται οι επιμέρους ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό αντίστοιχα.



Διάγραμμα 4.45 : Επιμέρους Ετήσιες Καταναλώσεις Ενέργειας για Θέρμανση, Ψύξη, Τεχνητό Φωτισμό και Ηλεκτρικό Εξοπλισμό (kWh)

Τέλος, στο παρακάτω γράφημα φαίνονται οι συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για κλιματισμό, φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό για ολόκληρο το χρόνο. Φαίνεται ότι τους μήνες Απρίλιο μέχρι Ιούνιο καθώς και Σεπτέμβριο μέχρι Οκτώβριο συναντώνται μικρότερες καταναλώσεις ενέργειας που οφείλονται στο ότι δεν λειτουργεί πολύ ο κλιματισμός. Τους δύο καλοκαιρινούς μήνες που η σχολή παραμένει κλειστή παρατηρούνται οι μικρότερες καταναλώσεις που παίρνουν σχεδόν μηδενική τιμή. Αντίθετα, οι μεγαλύτερες καταναλώσεις παρατηρούνται τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο και οφείλονται κυρίως στα μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνονται για τη θέρμανση του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις συνολικές καταναλώσεις θεωρήθηκαν μέσα στα όρια με βάση τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από άτομα της Τεχνικής Υπηρεσίας της Πολυτεχνειούπολης. Επίσης, με ενημέρωσαν ότι είναι απόλυτα φυσιολογικό η θέρμανση να αποτελεί μεγάλο ποσοστό της συνολικής ενέργειας καθώς το κτίριο δεν έχει και ιδιαίτερες απαιτήσεις σε άλλες ανάγκες όπως σε ηλεκτρικό εξοπλισμό.



Διάγραμμα 4.46 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κτιρίου (kWh)

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται αναλυτικά οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας του κτιρίου και το κόστος αυτών. Σύμφωνα με τον πίνακα τιμολογίων της Δ.Ε.Η. κατά το έτος 2015, εκτιμάται η τιμή της kWh στα 0,14446 €.

| Μήνες         | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας<br>σε kWh | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας<br>σε € |
|---------------|---|---------------------------------------|
| Ιανουάριος    | 7541,013373                             | 1089,374792                           |
| Φεβρουάριος   | 7249,126555                             | 1047,208822                           |
| Μάρτιος       | 6949,165219                             | 1003,876408                           |
| Απρίλιος      | 654,1787539                             | 94,50266279                           |
| Μάιος         | 613,2925817                             | 88,59624635                           |
| Ιούνιος       | 1101,460881                             | 159,1170389                           |
| Ιούλιος       | 0                                       | 0                                     |
| Αύγουστος     | 0                                       | 0                                     |
| Σεπτέμβριος   | 926,8565624                             | 133,893699                            |
| Οκτώβριος     | 899,4957866                             | 129,9411613                           |
| Νοέμβριος     | 5407,754161                             | 781,2041661                           |
| Δεκέμβριος    | 5538,469254                             | 800,0872684                           |
|               |   |                                       |
| <b>Σύνολο</b> | <b>36880,81313</b>                      | <b>5327,802264</b>                    |

Πίνακας 4.1 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κτιρίου και Αντίστοιχο Κόστος

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



## **5° Κεφάλαιο : Σενάρια Ενεργειακής Βελτίωσης**

### **Αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών**

#### **5.1 Γενική αναφορά επεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης**

Με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου, προτείνονται παρακάτω ορισμένες πιθανές επεμβάσεις με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς αλλά και τη μείωση των ενεργειακών του καταναλώσεων και κατ' επέκταση και του κόστους λειτουργίας του. Για καθεμία πιθανή επέμβαση υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρει, το αντίστοιχο κόστος της και εκτιμάται ο χρόνος απόσβεσης του κόστους αυτού. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, εξετάζονται οι επεμβάσεις που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου, δηλαδή εξωτερική θερμομόνωση τόσο στο δώμα όσο και στους εξωτερικούς τοίχους, το εσωτερικό του κτιρίου, χρησιμοποιώντας λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας και συγκεκριμένα λαμπτήρες LED και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πανέλων στο δώμα του κτιρίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε να μειωθεί το συνολικό κόστος λειτουργίας του.

#### **5.2 Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης**

Το προς μελέτη κτίριο, διαθέτει ήδη στις εξωτερικές του επιφάνειες, τοίχους και δώμα, θερμομόνωση και συγκεκριμένα εξηλασμένη πολυστερίνη, επομένως σε αυτή την περίπτωση μελετήθηκε η προσθήκη μιας επιπλέον θερμομονωτικής στρώσης σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Στο σημείο αυτό εξετάστηκαν τρεις περιπτώσεις: στην πρώτη τοποθετήθηκε θερμομόνωση και στο δώμα και στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, στη δεύτερη περίπτωση τοποθετήθηκε μόνο στο δώμα και στην τρίτη περίπτωση τοποθετήθηκε μόνο στους εξωτερικούς τοίχους.

##### **5.2.1 Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus**

- **Προσθήκη θερμομόνωσης σε δώμα και τοίχους**

Η εξωτερική θερμομόνωση επιλέγεται να γίνει με τη χρήση εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 8 cm σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες.

Στην υποκατηγορία 'Material', όπου είναι ορισμένα όλα τα υλικά της κατασκευής, προστίθεται και η εξηλασμένη πολυστερίνη με τις ιδιότητές της, όπως βρέθηκαν από την τεχνική οδηγία (T.O.T.E.E), οι οποίες φαίνονται και στην εικόνα που ακολουθεί.

| Field               | Units  | Obj38     | Obj39       | Obj40         | Obj41       | Obj42        | Obj43              |
|---------------------|--------|-----------|-------------|---------------|-------------|--------------|--------------------|
| Name                |        | Gewufasma | Asfaltopano | Poluathilieno | Metaldoor   | Glassdoor    | ExilasmehPolusteri |
| Roughness           |        | Rough     | VeryRough   | Rough         | MediumRough | MediumSmooth | MediumSmooth       |
| Thickness           | m      | 0,001     | 0,006       | 0,0002        | 0,045       | 0,012        | 0,08               |
| Conductivity        | W/m-K  | 0,04      | 0,23        | 0,33          | 45,28       | 1            | 0,035              |
| Density             | kg/m3  | 100       | 1100        | 920           | 7824        | 2500         | 35                 |
| Specific Heat       | J/kg-K | 1030      | 1000        | 2200          | 500         | 750          | 1450               |
| Thermal Absorptance |        |           |             |               |             |              |                    |
| Solar Absorptance   |        |           |             |               |             |              |                    |
| Visible Absorptance |        |           |             |               |             |              |                    |

Εικόνα 5.1 : Χαρακτηριστικά Εξηλασμένης Πολυστερίνης

Στη συνέχεια, στην υποκατηγορία ‘Construction’ τροποποιήθηκε η κατασκευή των εξωτερικών τοίχων και δώματος, δηλαδή των αντικειμένων ‘ExteriorCeiling’ και ‘ExteriorWall’, έτσι ώστε η νέα κατασκευαστική δομή να περιέχει το θερμομονωτικό υλικό. Τέλος, στην υποκατηγορία ‘Building Surface: Detailed’ αναγνωρίζεται αυτόματα η νέα δομή των αντίστοιχων επιφανειών.

| Field         | Units | Obj3            | Obj4               | Obj5             | Obj6               | Obj7         |
|---------------|-------|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------|
| Name          |       | InteriorCeiling | ExteriorWall       | InteriorWall     | ExteriorCeiling    | ExteriorDoor |
| Outside Layer |       | Marmaro         | AsvKoniama         | AsvKoniama       | Skura              | Clear 3mm    |
| Layer 2       |       | AsvTsimentokon  | ExilasmehPolusteri | Optoplinthodomi8 | ExilasmehPolusteri | Air 13mm     |
| Layer 3       |       | OpISkurodema    | Optoplinthodomi    | AsvKoniama       | Gewufasma          | Clear 3mm    |
| Layer 4       |       |                 | ExilPolusterini    |                  | ExilPolusterini    |              |
| Layer 5       |       |                 | OpISkurodema       |                  | Asfaltopano        |              |
| Layer 6       |       |                 |                    |                  | KupselwtoBeton     |              |
| Layer 7       |       |                 |                    |                  | OpISkurodema       |              |
| Layer 8       |       |                 |                    |                  |                    |              |
| Layer 9       |       |                 |                    |                  |                    |              |

Εικόνα 5.2 : Κατασκευαστική Δομή Όλων των Εξωτερικών Επιφανειών με Θερμομόνωση

- Προσθήκη θερμομόνωσης στο δώμα

Προκειμένου να προστεθεί εξωτερική θερμομόνωση μόνο στο δώμα, ακολουθούνται ακριβώς τα ίδια βήματα με πριν. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην υποκατηγορία ‘Construction’ τροποποιήθηκε η κατασκευή μόνο του δώματος, δηλαδή του αντικειμένου ‘ExteriorCeiling’ .

| Field         | Units | Obj3            | Obj4            | Obj5             | Obj6               |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Name          |       | InteriorCeiling | ExteriorWall    | InteriorWall     | ExteriorCeiling    |
| Outside Layer |       | Marmaro         | AsvKoniama      | AsvKoniama       | Skura              |
| Layer 2       |       | AsvTsimentokon  | Optoplinthodomi | Optoplinthodomi8 | ExilasmehPolusteri |
| Layer 3       |       | OpISkurodema    | ExilPolusterini | AsvKoniama       | Gewufasma          |
| Layer 4       |       |                 | OpISkurodema    |                  | ExilPolusterini    |
| Layer 5       |       |                 |                 |                  | Asfaltopano        |
| Layer 6       |       |                 |                 |                  | KupselwtoBeton     |
| Layer 7       |       |                 |                 |                  | OpISkurodema       |
| Layer 8       |       |                 |                 |                  |                    |
| Layer 9       |       |                 |                 |                  |                    |

Εικόνα 5.3 : Κατασκευαστική Δομή του Δώματος με Θερμομόνωση

- Προσθήκη θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους

Προκειμένου να προστεθεί εξωτερική θερμομόνωση μόνο στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, ακολουθούνται ακριβώς τα ίδια βήματα με πριν. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην υποκατηγορία ‘Construction’ τροποποιήθηκε η κατασκευή μόνο των εξωτερικών τοίχων, δηλαδή του αντικειμένου ‘ExteriorWall’ .

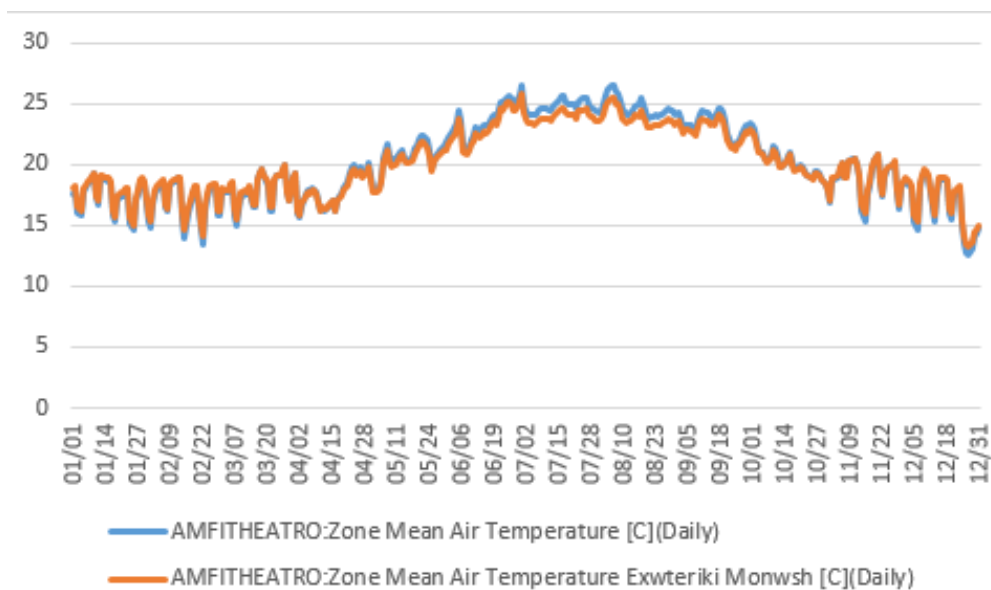
| Field         | Units | Obj2           | Obj3            | Obj4               | Obj5             | Obj6            | Obj7         |
|---------------|-------|----------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Name          |       | InteriorFloor  | InteriorCeiling | ExteriorWall       | InteriorWall     | ExteriorCeiling | ExteriorDoor |
| Outside Layer |       | OpISkurodema   | Marmaro         | AsvKoniama         | AsvKoniama       | Skura           | Clear 3mm    |
| Layer 2       |       | AsvTsimentokon | AsvTsimentokon  | ExilasmehPolusteri | Optoplinthodomi8 | Gewufasma       | Air 13mm     |
| Layer 3       |       | Marmaro        | OpISkurodema    | Optoplinthodomi    | AsvKoniama       | ExilPolusterini | Clear 3mm    |
| Layer 4       |       |                |                 | ExilPolusterini    |                  | Asfaltopano     |              |
| Layer 5       |       |                |                 | OpISkurodema       |                  | KupselwtoBeton  |              |
| Layer 6       |       |                |                 |                    |                  | OpISkurodema    |              |
| Layer 7       |       |                |                 |                    |                  |                 |              |
| Layer 8       |       |                |                 |                    |                  |                 |              |
| Layer 9       |       |                |                 |                    |                  |                 |              |

Εικόνα 5.4 : Κατασκευαστική Δομή των Εξωτερικών Τοίχων με Θερμομόνωση

## 5.2.2 Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

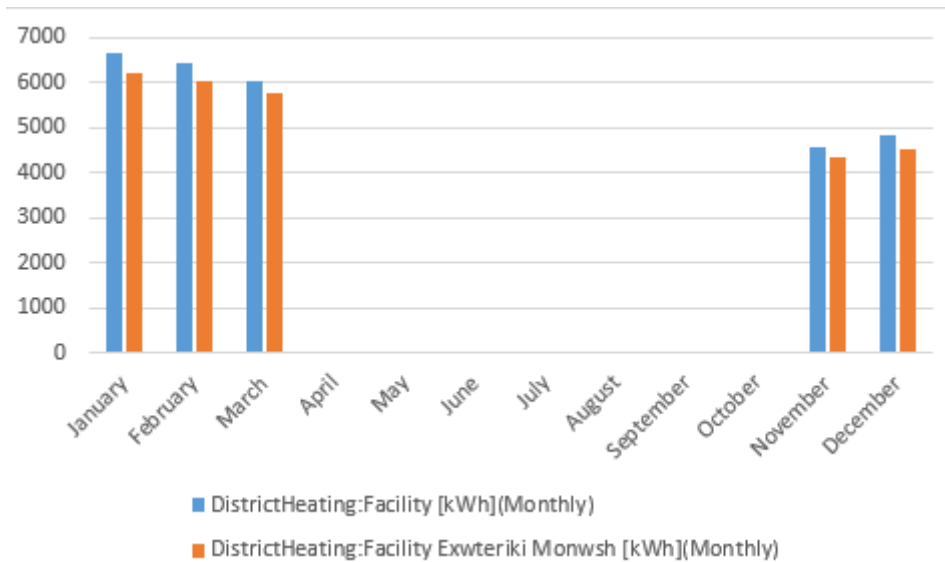
- Προσθήκη θερμομόνωσης σε δώμα και τοίχους

Μετά την προσθήκη της εξωτερικής θερμομόνωσης στο κτίριο παρατηρείται αισθητή μείωση της θερμοκρασίας και στις δύο θερμικές ζώνες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αντίστοιχη αύξηση τους χειμερινούς μήνες. Ακολουθεί ένα ενδεικτικό διάγραμμα το οποίο δείχνει τη διαφορά της θερμοκρασίας της ζώνης 'amfitheatro' πριν και μετά την επέμβαση. Η μείωση της μέσης θερμοκρασίας στη συγκεκριμένη θερμική ζώνη φτάνει περίπου και τον 1 °C.



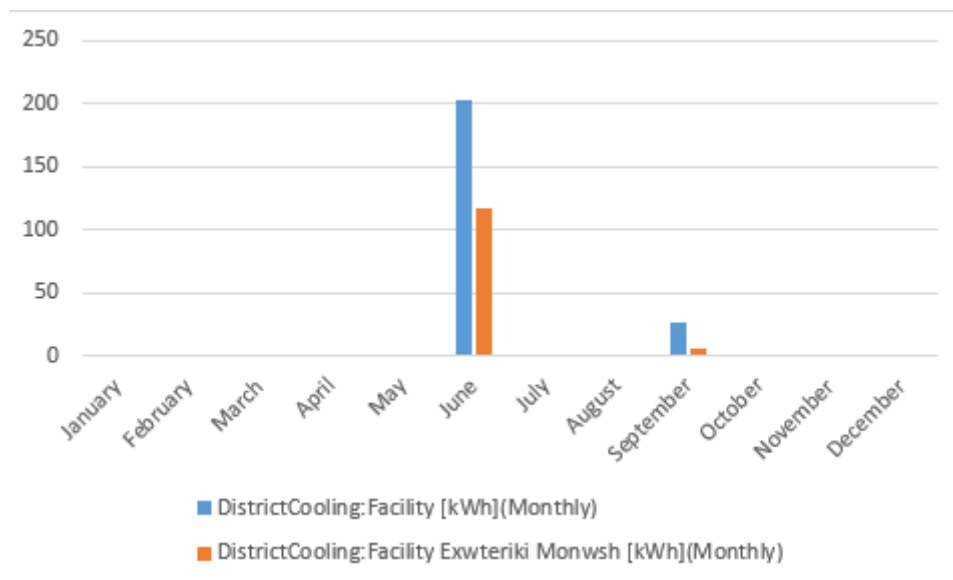
Διάγραμμα 5.5 : Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Ζώνης amfitheatro πριν και μετά την τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Η διαφορά αυτή στις μέσες θερμοκρασίες του κτιρίου συνεπάγεται και διαφορά στις ενεργειακές του καταναλώσεις. Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η διαφορά αυτή στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη χωρίς θερμομόνωση και με θερμομόνωση σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.



Διάγραμμα 5.6 : Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Θέρμανσης πριν και μετά την Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Από το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι υπάρχει σημαντική μείωση της ενέργειας που χρειάζεται το κτίριο για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες. Σημαντική μείωση παρατηρείται και στις καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 5.7 : Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Ψύξης πριν και μετά την Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την προσθήκη της εξωτερικής θερμομόνωσης ισούται με 1792,29 kWh/έτος. Η διαφορά αυτή για κέρδος 0,14446 €/kWh ισούται με 258,9 € συνολικό ετήσιο κέρδος.

Στη συνέχεια, κοστολογείται η τοποθέτηση θερμομόνωσης σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες (τοίχους και δώμα). Η συνολική επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων είναι 1227 m<sup>2</sup> και του δώματος είναι 411 m<sup>2</sup>. Τα υλικά τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη θερμομόνωση είναι εκτός από την εξηλασμένη πολυστερίνη, υλικά επικόλλησης, υαλοπλέγματα ενίσχυσης, βύσματα στερέωσης, βασικό επίχρισμα και τελικό σιλικονούχο επίχρισμα. Μετά από επικοινωνία με Πολιτικό Μηχανικό που ασχολείται με μονώσεις, το συνολικό κόστος για τα υλικά αυτά αλλά και για την εργασία ανέρχεται στα 20 €/ m<sup>2</sup> για τους εξωτερικούς τοίχους και στα 15 €/ m<sup>2</sup> για το δώμα, καθώς δεν χρειάζονται στο δώμα όλα αυτά τα πρόσθετα υλικά. Με τις συγκεκριμένες τιμές, το κόστος επένδυσης της επέμβασης αυτής ανέρχεται συνολικά στα 30707,2 € και με δεδομένο ότι η ετήσια εξοικονόμηση είναι 258,9 € , γίνεται απόσβεση σε 118 χρόνια. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι μηνιαίες καταναλώσεις πριν και μετά τη θερμομόνωση. Επίσης, φαίνεται και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και γίνεται αναγωγή σε €.

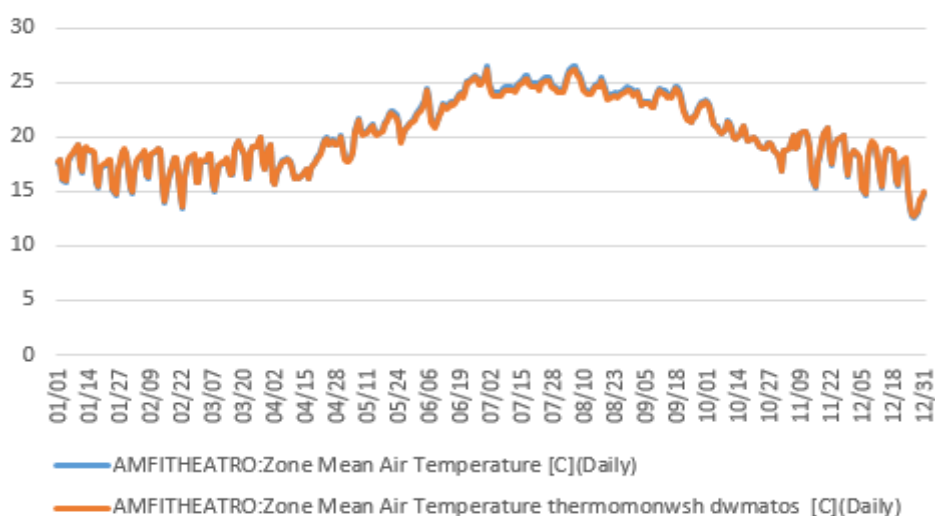
Συνεπώς, συμπεραίνουμε ότι η επέμβαση αυτή αν και επιφέρει μειώσεις στις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου, η απόσβεσή της γίνεται μετά από πολλά χρόνια, επομένως δεν συστήνεται να πραγματοποιηθεί.

| Μήνες                      | Συνολική Κατανάλωση ενέργειας χωρίς θερμομόνωση (kWh) | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας με θερμομόνωση (kWh) |
|----------------------------|---|--|
| Ιανουάριος                 | 7541,013  | 7120,871   |
| Φεβρουάριος                | 7249,127  | 6832,064   |
| Μάρτιος                    | 6949,165  | 6648,03  |
| Απρίλιος                   | 654,1788  | 654,1788   |
| Μάιος                      | 613,2926  | 613,2926   |
| Ιούνιος                    | 1101,461  | 1016,414   |
| Ιούλιος                    | 0   | 0  |
| Αύγουστος                  | 0   | 0  |
| Σεπτέμβριος                | 926,8566  | 905,4609   |
| Οκτώβριος                  | 899,4958  | 899,4958   |
| Νοέμβριος                  | 5407,754  | 5183,883   |
| Δεκέμβριος                 | 5538,469  | 5214,844   |
| <b>Σύνολο</b>              | <b>36880,81</b>                                       | <b>35088,53</b>                                    |
| <b>Εξοικονόμηση σε kWh</b> | <b>1792,29</b>  |  |
| <b>Εξοικονόμηση σε €</b>   | <b>258,9</b>  |  |

Πίνακας 5.1 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά την Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες

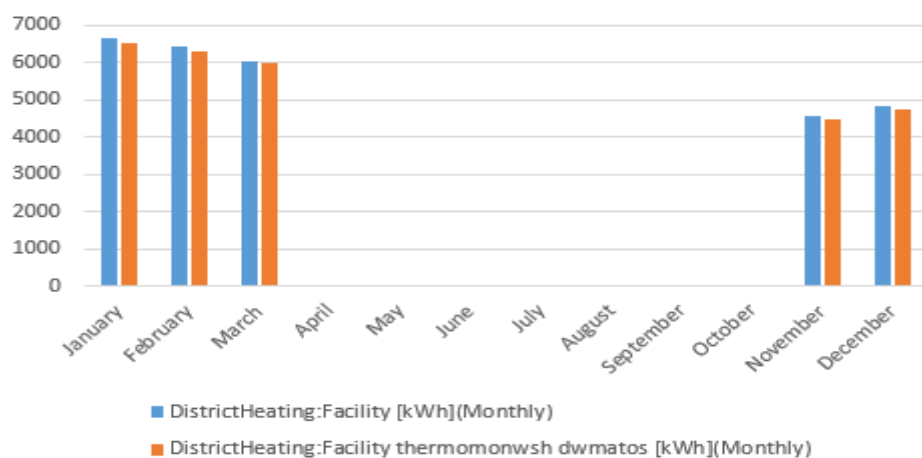
- Προσθήκη θερμομόνωσης στο δώμα

Μετά την προσθήκη της εξωτερικής θερμομόνωσης μόνο στο δώμα του κτιρίου, παρατηρείται πάλι κάποια μείωση της θερμοκρασίας και στις δύο θερμικές ζώνες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αντίστοιχη αύξηση τους χειμερινούς μήνες. Ακολουθεί ένα ενδεικτικό διάγραμμα το οποίο δείχνει τη διαφορά της θερμοκρασίας της ζώνης ‘amfitheatro’ πριν και μετά την επέμβαση. Σε σύγκριση με την προηγούμενη επέμβαση εδώ έχουμε μικρότερες διαφορές στη θερμοκρασία της ζώνης πριν και μετά την τοποθέτηση της θερμομόνωσης.



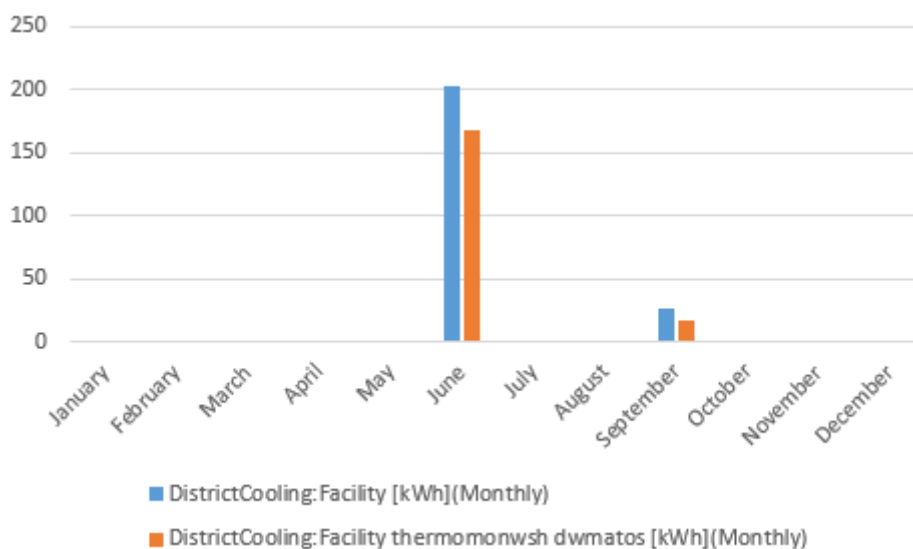
Διάγραμμα 5.8 : Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Ζώνης amfitheatro πριν και μετά την τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης στο Δώμα

Οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου μειώνονται μετά την προσθήκη της θερμομόνωσης όπως φαίνεται από τα διαγράμματα που ακολουθούν :



Διάγραμμα 5.9 : Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Θέρμανσης πριν και μετά την Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης στο Δώμα

Από το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι υπάρχει αισθητή μείωση της ενέργειας που χρειάζεται το κτίριο για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες. Σημαντική μείωση παρατηρείται και στις καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 5.10 : Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Ψύξης πριν και μετά την Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης στο Δώμα

Η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την προσθήκη της εξωτερικής θερμομόνωσης ισούται με 535,77 kWh/έτος. Η διαφορά αυτή για κέρδος 0,14446 €/kWh ισούται με 77,4 € συνολικό ετήσιο κέρδος.

Στη συνέχεια, κοστολογείται η τοποθέτηση θερμομόνωσης μόνο στο δώμα του κτιρίου δηλαδή στην επιφάνεια των 411 m<sup>2</sup>. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω με κόστος υλικών 15 €/ m<sup>2</sup>, το κόστος επένδυσης της επέμβασης αυτής ανέρχεται συνολικά στα 6165 € και με δεδομένο ότι η ετήσια εξοικονόμηση είναι 77,4 €, γίνεται απόσβεση σε 79 χρόνια, κάτι το οποίο πάλι δεν φαίνεται να είναι συμφέρον, επομένως δεν προτείνεται να εφαρμοστεί. Αξίζει όμως να σημειωθεί πως σε αυτή την περίπτωση έχουμε μικρότερη απόσβεση σε σχέση με εκείνη που είχαμε στην προηγούμενη επέμβαση, δηλαδή αν τοποθετηθεί θερμομόνωση σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι μηνιαίες καταναλώσεις πριν και μετά τη θερμομόνωση στο δώμα. Επίσης, φαίνεται και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και γίνεται αναγωγή σε €.

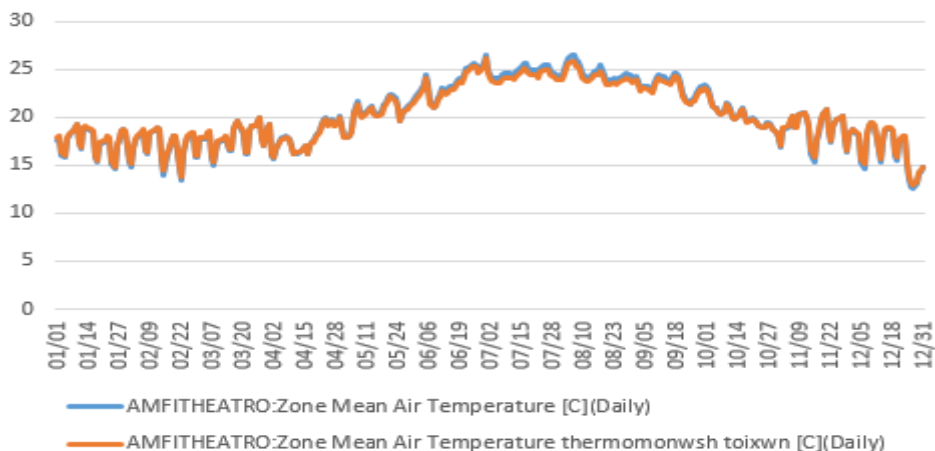


| Μήνες                      | Συνολική Κατανάλωση ενέργειας χωρίς θερμομόνωση (kWh) | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας με θερμομόνωση (kWh) |
|----------------------------|---|--|
| Ιανουάριος                 | 7541,013  | 7412,471   |
| Φεβρουάριος                | 7249,127  | 7130,688   |
| Μάρτιος                    | 6949,165  | 6876,835   |
| Απρίλιος                   | 654,1788  | 654,1788   |
| Μάιος                      | 613,2926  | 613,2926   |
| Ιούνιος                    | 1101,461  | 1066,74  |
| Ιούλιος                    | 0   | 0  |
| Αύγουστος                  | 0   | 0  |
| Σεπτέμβριος                | 926,8566  | 916,3542   |
| Οκτώβριος                  | 899,4958  | 899,4958   |
| Νοέμβριος                  | 5407,754  | 5338,615   |
| Δεκέμβριος                 | 5538,469  | 5436,374   |
| <b>Σύνολο</b>              | <b>36880,81</b>                                       | <b>36345,04</b>                                    |
| <b>Εξοικονόμηση σε kWh</b> | <b>535,77</b>   |  |
| <b>Εξοικονόμηση σε €</b>   | <b>77,4</b>   |  |

Πίνακας 5.2 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά την Τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης στο Δώμα του κτιρίου

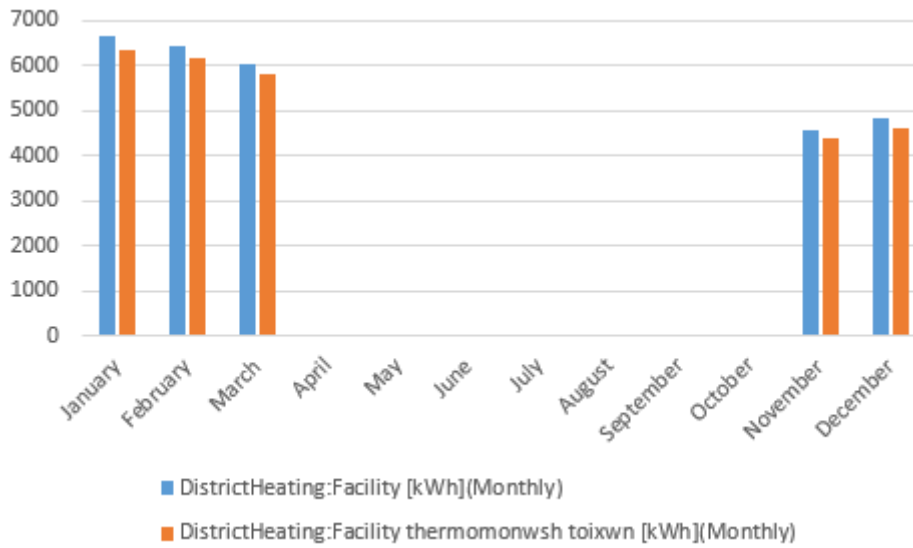
- Προσθήκη θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους

Μετά την προσθήκη της εξωτερικής θερμομόνωσης μόνο στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα για τη ζώνη ‘amfitheatro’, παρατηρείται πάλι κάποια μείωση της θερμοκρασίας το καλοκαίρι και αντίστοιχη αύξηση το χειμώνα.

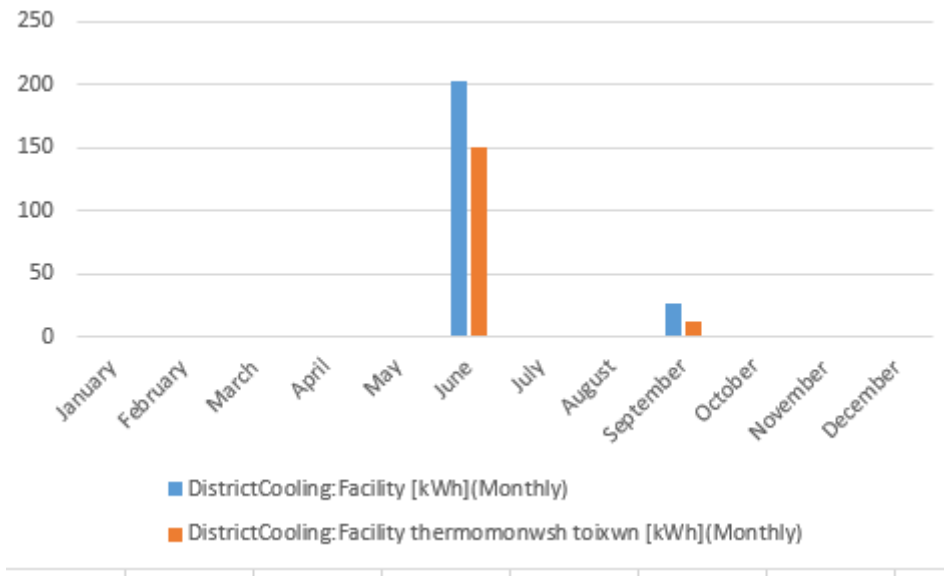


Διάγραμμα 5.11 : Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Ζώνης amfitheatro πριν και μετά την τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης στους τοίχους

Ακολουθούν τα διαγράμματα με τις ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και ψύξη στα οποία φαίνονται και οι μειώσεις μετά την παρέμβαση.



Διάγραμμα 5.12 : Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Θέρμανσης πριν και μετά την Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης στους τοίχους



Διάγραμμα 5.13 : Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Ψύξης πριν και μετά την Προσθήκη Εξωτερικής Θερμομόνωσης στους τοίχους

Παρατηρούμε και σε αυτή την περίπτωση σημαντική μείωση τόσο στη θέρμανση όσο και στην ψύξη, μετά την προσθήκη της θερμομόνωσης στους τοίχους του κτιρίου.

Η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την προσθήκη της εξωτερικής θερμομόνωσης στους τοίχους ισούται με 1220,52 kWh/έτος. Η διαφορά αυτή για κέρδος 0,14446 €/kWh ισούται με 176,3 € συνολικό ετήσιο κέρδος.

Στη συνέχεια, κοστολογείται η τοποθέτηση θερμομόνωσης μόνο στους τοίχους του κτιρίου δηλαδή στην επιφάνεια των 1227 m<sup>2</sup>. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, με κόστος υλικών 20 €/ m<sup>2</sup>, το κόστος επένδυσης της επέμβασης αυτής ανέρχεται συνολικά στα 24542,2 € και με δεδομένο ότι η ετήσια εξοικονόμηση είναι 176,3 €, γίνεται απόσβεση σε 139 χρόνια, κάτι το οποίο πάλι δεν φαίνεται να είναι συμφέρον, επομένως δεν προτείνεται να εφαρμοστεί. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται η μεγαλύτερη απόσβεση επομένως εάν υπήρχε δυνατότητα εφαρμογής κάποιας από τις παραπάνω επεμβάσεις θα μπορούσε να γίνει αυτή του δώματος, καθώς παρουσιάζει τη μικρότερη απόσβεση από όλες. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι μηνιαίες καταναλώσεις πριν και μετά τη θερμομόνωση στους τοίχους. Επίσης, φαίνεται και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και γίνεται αναγωγή σε €.

| Μήνες                      | Συνολική Κατανάλωση ενέργειας χωρίς θερμομόνωση (kWh) | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας με θερμομόνωση (kWh) |
|----------------------------|---|--|
| Ιανουάριος                 | 7541,013  | 7261,305   |
| Φεβρουάριος                | 7249,127  | 6961,19  |
| Μάρτιος                    | 6949,165  | 6725,8   |
| Απρίλιος                   | 654,1788  | 654,1788   |
| Μάιος                      | 613,2926  | 613,2926   |
| Ιούνιος                    | 1101,461  | 1049,575   |
| Ιούλιος                    | 0   | 0  |
| Αύγουστος                  | 0   | 0  |
| Σεπτέμβριος                | 926,8566  | 911,9568   |
| Οκτώβριος                  | 899,4958  | 899,4958   |
| Νοέμβριος                  | 5407,754  | 5257,522   |
| Δεκέμβριος                 | 5538,469  | 5325,979   |
| <b>Σύνολο</b>              | <b>36880,81</b>                                       | <b>35660,29</b>                                    |
| <b>Εξοικονόμηση σε kWh</b> | <b>1220,52</b>  |  |
| <b>Εξοικονόμηση σε €</b>   | <b>176,3</b>  |  |

Πίνακας 5.3 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά την τοποθέτηση Εξωτερικής Θερμομόνωσης στους τοίχους του κτιρίου

## 5.3 Τοποθέτηση Λαμπτήρων Εξοικονόμησης Ενέργειας

Μία άλλη επέμβαση που προτείνεται είναι η τοποθέτηση λαμπτήρων οικονομίας και επιλέχθηκαν συγκεκριμένα οι λαμπτήρες 'LED'. Με την εξέλιξη των LED υψηλής απόδοσης και ισχύος έγινε δυνατή η χρήση τους για φωτισμό και φωταγωγήση. Η αντιστοιχία φωτιστικής απόδοσης μεταξύ λαμπτήρα πυρακτώσεως, λαμπτήρα φθορισμού και λαμπτήρα LED διαφέρει ανάλογα με τη μάρκα και την ποιότητα. Ας αναφέρουμε ότι με τους λαμπτήρες LED επιτυγχάνεται η ίδια ένταση φωτός που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία των χώρων του κτιρίου, αλλά με το 1/6 της ενέργειας, σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Είναι φανερό λοιπόν, ότι με τους λαμπτήρες LED μπορούν να μειωθούν πολύ οι ενεργειακές καταναλώσεις που σχετίζονται με το φωτισμό του αμφιθεάτρου.

### 5.3.1 Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus

Προκειμένου να εξαχθούν αποτελέσματα για την επέμβαση αυτή έγινε μια αναγωγή στα απαιτούμενα Watt με την υπόθεση ότι ένας λαμπτήρας LED ισοδυναμεί με έξι λαμπτήρες πυρακτώσεως. Έτσι, στην κατηγορία 'Internal Gains' στην υποκατηγορία 'Lights' για το χώρο του αμφιθεάτρου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες LED με ισχύ 3 Watts, ενώ για τους χώρους των W.C. στο υπόγειο λαμπτήρες των 1 Watt.

[-----] RoomAirSettings:AirflowNetwork

Internal Gains

- [0002] People
- [-----] ComfortViewFactorAngles
- [0002] Lights
- [0001] ElectricEquipment
- [-----] GasEquipment
- [-----] HotWaterEquipment
- [-----] SteamEquipment
- [-----] OtherEquipment
- [-----] ElectricEquipment:ITE:AirCooled
- [-----] ZoneBaseboard:OutdoorTemperatureControlled

Explanation of Object and Current Field

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

Field Description:  
ID: A1  
Enter a alphanumeric value

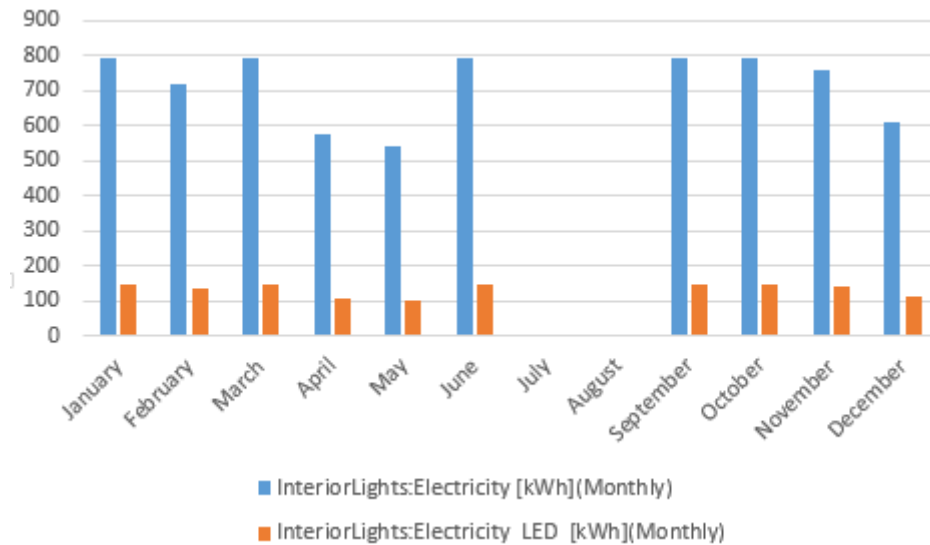
| Field  | Units    | Obj1              | Obj2                |
|--|----------|-------------------|---------------------|
| Name   |          | LightsUpogeoio    | LightsAmfitheatro   |
| Zone or ZoneList Name                                  |          | upogeoio          | amfitheatro         |
| Schedule Name  |          | SchUpogeoioLights | SchAmfitheatroLight |
| Design Level Calculation Method                        |          | Watts/Area        | Watts/Area          |
| Lighting Level   | W        |                   |                     |
| Watts per Zone Floor Area                              | W/m2     | 1                 | 3                   |
| Watts per Person                                       | W/person |                   |                     |
| Return Air Fraction                                    |          | 0                 | 0                   |
| Fraction Radiant                                       |          | 0,42              | 0,42                |
| Fraction Visible                                       |          | 0,18              | 0,18                |
| Fraction Replaceable                                   |          | 1                 | 1                   |
| End-Use Subcategory                                    |          | General           | General             |
| Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature |          | No                | No                  |

Εικόνα 5.14 : Χαρακτηριστικά Λαμπτήρων LED

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

### 5.3.2 Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

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



Διάγραμμα 5.15 : Μηνιαίες καταναλώσεις Ενέργειας Φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως και με λαμπτήρες LED

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι εξοικονομείται μεγάλο ποσό ενέργειας με την επέμβαση αυτή. Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται οι συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας με λαμπτήρες πυρακτώσεως και με λαμπτήρες LED. Η εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει τις 4775,53 kWh ετησίως, το οποίο μεταφράζεται σε 689,8 € ετήσιο όφελος. Η επέμβαση αυτή οδηγεί σε μείωση της απαιτούμενης ενέργειας κατά ένα ποσοστό 12,95 % επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου.

Για το κόστος της επέμβασης αυτής, αρχικά υπολογίστηκαν οι απαιτήσεις για φωτισμό του αμφιθεάτρου. Ο κυρίως χώρος του αμφιθεάτρου καταλαμβάνει περίπου 411 m<sup>2</sup> και χρειάζεται 3 W/m<sup>2</sup> για φωτισμό και το υπόγειο με επιφάνεια περίπου 30 m<sup>2</sup> χρειάζεται 1 W/ m<sup>2</sup>. Συνολικά, λοιπόν, οι απαιτήσεις του κτιρίου για φωτισμό ανέρχονται στα 1264,6 W. Έπειτα από έρευνα αγοράς, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες LED ισχύος 3W με κόστος 1,40 €. Άρα, το κόστος επένδυσης ανέρχεται στα 590,8 €. Παρατηρείται ότι γίνεται απόσβεση σε λιγότερο από ένα χρόνο.

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

| Μήνες                      | Συνολική Κατανάλωση ενέργειας με λαμπτήρες πυρακτώσεως (kWh) | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας με λαμπτήρες LED (kWh) |
|----------------------------|--|--|
| Ιανουάριος                 | 7541,013   | 7141,683   |
| Φεβρουάριος                | 7249,127   | 6882,64  |
| Μάρτιος                    | 6949,165   | 6541,663   |
| Απρίλιος                   | 654,1788   | 185,9595   |
| Μάιος                      | 613,2926   | 174,337  |
| Ιούνιος                    | 1101,461   | 411,9588   |
| Ιούλιος                    | 0  | 0  |
| Αύγουστος                  | 0  | 0  |
| Σεπτέμβριος                | 926,8566   | 267,0521   |
| Οκτώβριος                  | 899,4958   | 255,6942   |
| Νοέμβριος                  | 5407,754   | 5018,002   |
| Δεκέμβριος                 | 5538,469   | 5226,292   |
|                            |  |  |
| <b>Σύνολο</b>              | <b>36880,81</b>  | <b>32105,28</b>                                      |
| <b>Εξοικονόμηση σε kWh</b> | <b>4775,53</b>   |  |
| <b>Εξοικονόμηση σε €</b>   | <b>689,8</b>   |  |

Πίνακας 5.4 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας με λαμπτήρες πυρακτώσεως και με λαμπτήρες LED

## 5.4 Τοποθέτηση Φυτεμένου Δώματος

Μία άλλη επέμβαση που προτείνεται είναι η τοποθέτηση φυτεμένου δώματος με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη. Επιλέχθηκε να γίνει τοποθέτηση εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος και αναμένεται να υπάρχει διαφορά στις καταναλώσεις ενέργειας του κτιρίου.

### 5.4.1 Εισαγωγή Υλικών στο EnergyPlus

Σε πρώτο στάδιο, στην υποκατηγορία ‘Material: RoofVegetation’ δημιουργήθηκε ένα αντικείμενο και προσδιορίστηκαν τα χαρακτηριστικά της φυτοκάλυψης και του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών. Το πρόγραμμα για διευκόλυνση του μελετητή στη συμπλήρωση των χαρακτηριστικών αυτών τιμών θέτει τα όρια μέσα στα οποία κυμαίνονται συνήθως αυτές οι τιμές, ενώ προτείνει και κάποιες τυπικές τιμές που συναντώνται συνήθως στην αγορά. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται αναλυτικά οι τιμές που εισήχθησαν.

The screenshot shows the 'Material: RoofVegetation' object selected in the software. The 'Explanation of Object and Current Field' pane provides details about the object's description and field requirements. Below, a table lists the fields and their values:

| Field                       | Units         | Obj1            |
|-----------------------------|---------------|-----------------|
| Name                        |               | Εκτατικός Τυπος |
| Height of Plants            | m             | 0,2             |
| Leaf Area Index             | dimensionless | 1               |
| Leaf Reflectivity           | dimensionless | 0,22            |
| Leaf Emissivity             |               | 0,95            |
| Minimum Stomatal Resistance | s/m           | 180             |
| Soil Layer Name             |               | Green Roof Soil |
| Roughness                   |               | MediumRough     |
| Thickness                   | m             | 0,1             |
| Conductivity of Dry Soil    | W/m-K         | 0,35            |
| Density of Dry Soil         | kg/m3         | 1100            |
| Specific Heat of Dry Soil   | J/kg-K        | 1200            |
| Thermal Absorptance         |               | 0,9             |
| Solar Absorptance           |               | 0,7             |
| Visible Absorptance         |               | 0,75            |

Εικόνα 5.16 : Εισαγωγή των χαρακτηριστικών της φυτοκάλυψης

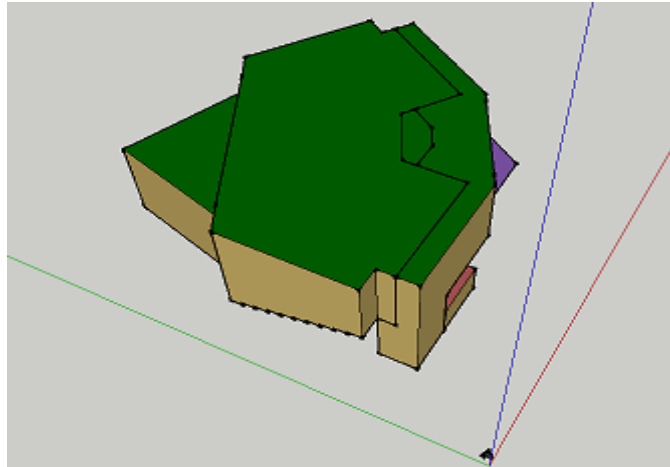
Στη συνέχεια, στην υποκατηγορία ‘Construction’ δημιουργήθηκε ένα νέο αντικείμενο στο οποίο προσδιορίζεται η κατασκευαστική δομή του δώματος όπου προστίθεται ως τελική στρώση και η δομή του εκτατικού τύπου που δημιουργήθηκε παραπάνω.

The screenshot shows the 'Construction' object selected. The 'Explanation of Object and Current Field' pane describes the construction layers. Below, a table lists the field values for each layer:

| Field         | Units | Obj5            | Obj6            | Obj7         | Obj8              | Obj9         | Obj10           |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|
| Name          |       | InteriorWall    | ExteriorCeiling | ExteriorDoor | ExteriorDoorMetal | InteriorDoor | EcoRoof         |
| Outside Layer |       | AsvKoniama      | Skura           | Clear 3mm    | Metaldoor         | Metaldoor    | Εκτατικός Τυπος |
| Layer 2       |       | OptoPnlInHodoM8 | Gewulasma       | Air 13mm     |                   |              | Steganwsh       |
| Layer 3       |       | AsvKoniama      | ExilPolusterini | Clear 3mm    |                   |              | Gewulasma       |
| Layer 4       |       |                 | Asfaltopano     |              |                   |              | ExilPolusterini |
| Layer 5       |       |                 | KupselwtoBeton  |              |                   |              | Asfaltopano     |
| Layer 6       |       |                 | OplSkurodema    |              |                   |              | KupselwtoBeton  |
| Layer 7       |       |                 |                 |              |                   |              | OplSkurodema    |
| Layer 8       |       |                 |                 |              |                   |              |                 |
| Layer 9       |       |                 |                 |              |                   |              |                 |
| Layer 10      |       |                 |                 |              |                   |              |                 |

Εικόνα 5.17 : Κατασκευαστική δομή φυτεμένου δώματος

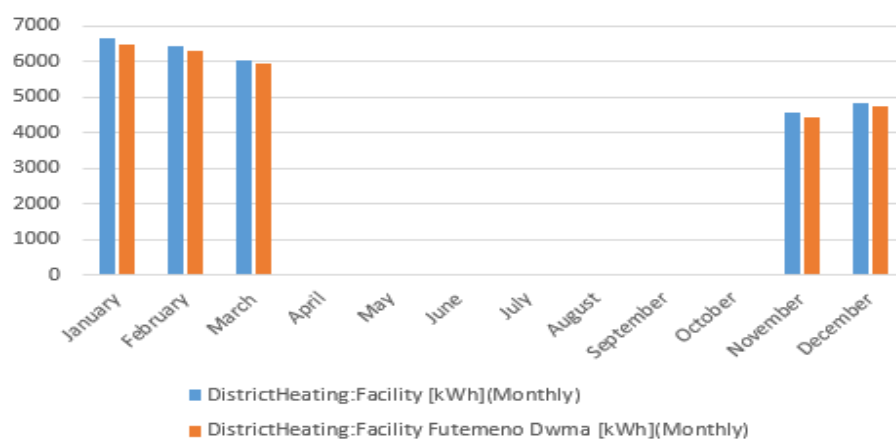
Τέλος, στην υποκατηγορία ‘Building Surface: Detailed’ επιλέγεται αντί για ‘ExteriorCeiling’ το ‘EcoRoof’. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η απεικόνιση της προτεινόμενης φυτεμένης όψης στο σχεδιαστικό πρόγραμμα SketchUp.



Εικόνα 5.18 : Απεικόνιση της προτεινόμενης φυτεμένης όψης στην προσομοίωση

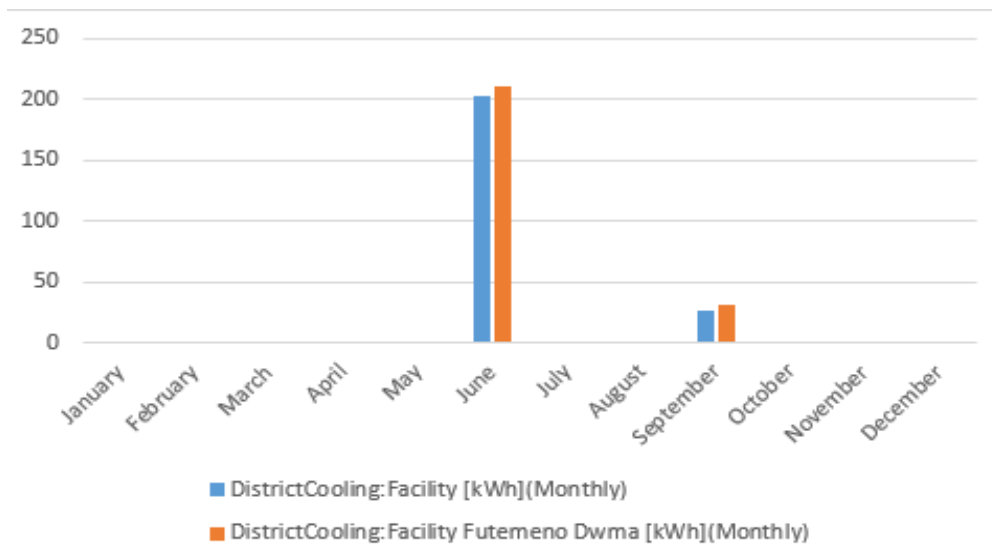
#### 5.4.2 Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά την τοποθέτηση φυτεμένου δώματος. Όπως παρατηρούμε, υπάρχει μια αισθητή μείωση των καταναλώσεων για τις ανάγκες θέρμανσης, ενώ για τις ανάγκες ψύξης υπάρχει μια ελάχιστη αύξηση σε ποσοστό 0,95% της συνολικής ενέργειας για ψύξη.



Διάγραμμα 5.19 : Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Θέρμανσης πριν και μετά την τοποθέτηση φυτεμένου δώματος





Διάγραμμα 5.20 : Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Ψύξης πριν και μετά την τοποθέτηση φυτεμένου δώματος

Όσον αφορά το κόστος της επέμβασης αυτής, έπειτα από έρευνα αγοράς, το κόστος των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν ανέρχεται στα 60 - 75 € / m<sup>2</sup>, επομένως η κατασκευή ενός δώματος εκτατικού τύπου σε μία επιφάνεια 411 m<sup>2</sup> κοστίζει 26715€. Αν ληφθεί υπόψη και το κόστος συντήρησης, τότε το συνολικό κόστος αυξάνεται. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει για το κτίριο είναι 622,29 kWh, το οποίο μεταφράζεται σε 89,9 €/έτος. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι μία τέτοια επέμβαση, παρόλο που επιφέρει κάποιες μειώσεις στις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου και παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, λόγω του πολύ μεγάλου χρόνου απόσβεσης, δεν θα ήταν κατάλληλο από οικονομικής άποψης, να εφαρμοστεί στο συγκεκριμένο κτίριο.

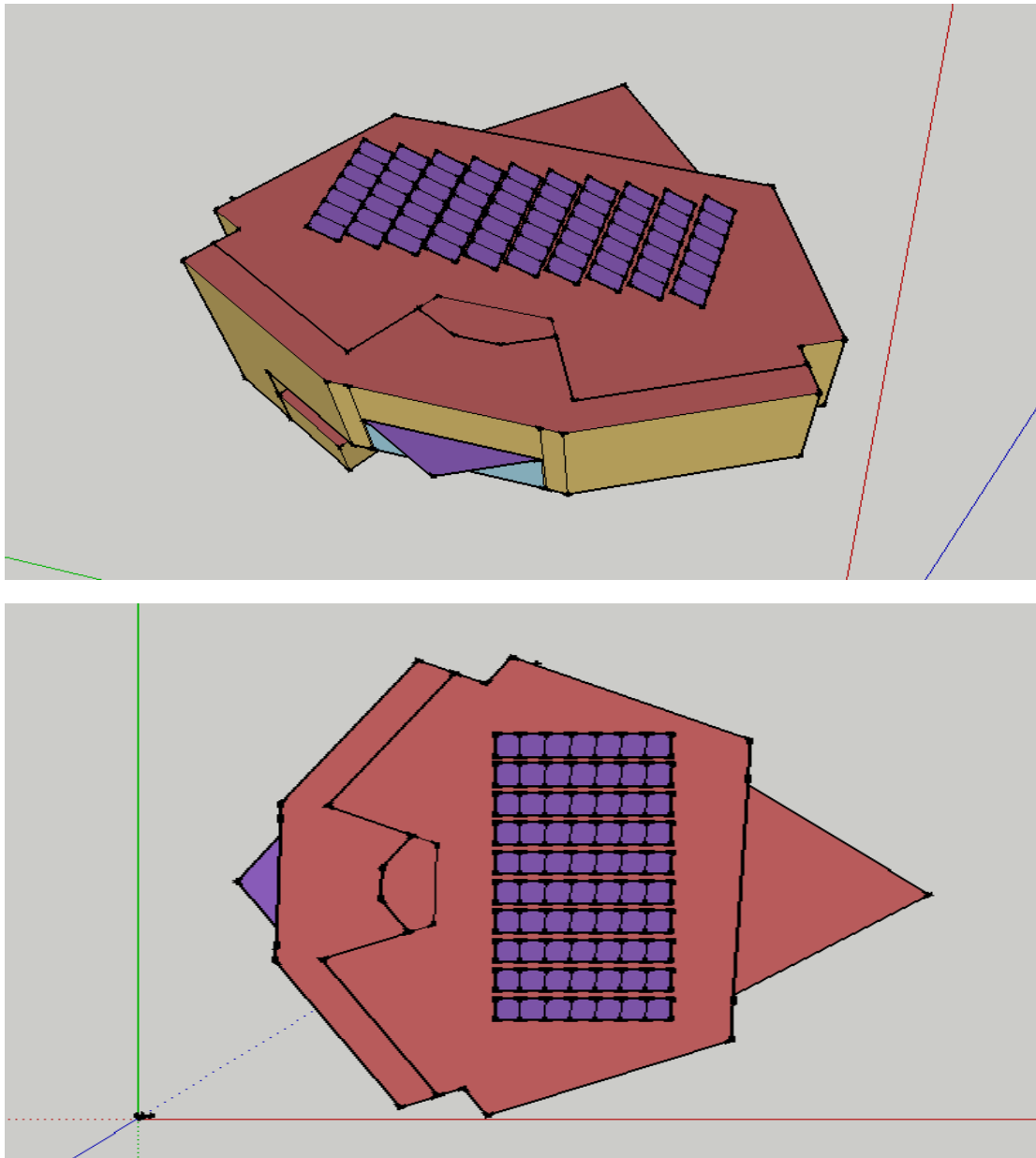
Στον επόμενο πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι μηνιαίες καταναλώσεις πριν και μετά την τοποθέτηση φυτεμένου δώματος. Επίσης, φαίνεται και η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και γίνεται αναγωγή σε €.

| Μήνες                      | Συνολική Κατανάλωση ενέργειας χωρίς φυτεμένο δώμα (kWh) | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας με φυτεμένο δώμα (kWh) |
|----------------------------|---|--|
| Ιανουάριος                 | 7541,013  | 7374,294   |
| Φεβρουάριος                | 7249,127  | 7111,446   |
| Μάρτιος                    | 6949,165  | 6827,432   |
| Απρίλιος                   | 654,1788  | 654,1788   |
| Μάιος                      | 613,2926  | 613,2926   |
| Ιούνιος                    | 1101,461  | 1109,54  |
| Ιούλιος                    | 0   | 0  |
| Αύγουστος                  | 0   | 0  |
| Σεπτέμβριος                | 926,8566  | 930,2176   |
| Οκτώβριος                  | 899,4958  | 899,4958   |
| Νοέμβριος                  | 5407,754  | 5300,233   |
| Δεκέμβριος                 | 5538,469  | 5438,402   |
|                            |   |  |
| <b>Σύνολο</b>              | <b>36880,81</b>   | <b>36258,53</b>                                      |
| <b>Εξοικονόμηση σε kWh</b> | <b>622,29</b>   |  |
| <b>Εξοικονόμηση σε €</b>   | <b>89,9</b>   |  |

Πίνακας 5.5 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά την τοποθέτηση φυτεμένου δώματος

## 5.5 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων έχει ως στόχο την παραγωγή σημαντικών ποσών ηλεκτρικής ενέργειας και ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους λειτουργίας του κτιρίου. Αρχικά, σχεδιάστηκαν στην οροφή του κτιρίου τα πανέλα στο πρόγραμμα SketchUp. Επιλέχθηκαν πανέλα συγκεκριμένης εταιρείας με διαστάσεις 1660 x 990 x 50 mm, με κλίση 30 μοίρες και προσανατολισμό προς το Νότο, κατασκευασμένα από μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα πυριτίου με ονομαστική απόδοση 255 Wp το καθένα. Τοποθετήθηκαν στην επιφάνεια της οροφής του κτιρίου συνολικά 70 στοιχεία. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η διάταξή τους, έτσι ώστε να μη σκιάζονται.

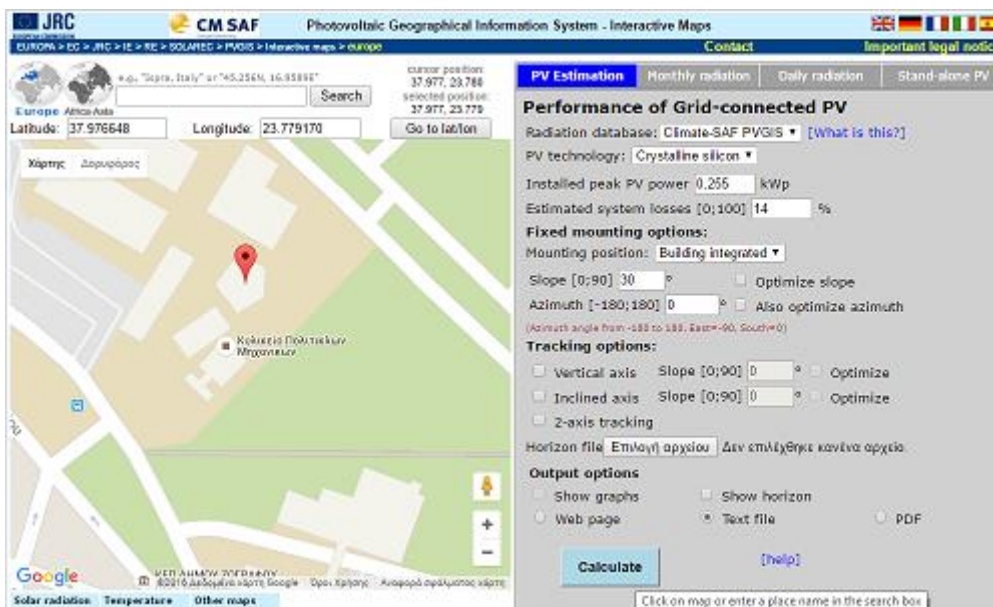


Εικόνα 5.21 : Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Στοιχείων στην οροφή του κτιρίου

### 5.5.1 Εισαγωγή Παραμέτρων στο Πρόγραμμα PVGIS

Αρχικά, συμπληρώθηκαν οι συντεταγμένες του κτιρίου στα πεδία ‘Latitude’ (γεωγραφικό πλάτος) και ‘Longitude’ (γεωγραφικό μήκος). Οι ακριβείς συντεταγμένες είναι 37.976648 και 23.779170. Στη συνέχεια, στο πεδίο ‘PV Technology’ επιλέγεται ο τύπος του φωτοβολταϊκού στοιχείου που θα χρησιμοποιηθεί. Έχει επιλεγεί να χρησιμοποιηθούν φωτοβολταϊκά πάνελ από μονοκρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα πυριτίου, επομένως επιλέχθηκε το ‘Crystalline Silicon’. Στο πεδίο ‘Installed peak PV power’ συμπληρώνεται η μέγιστη ισχύς του ενός στοιχείου δηλαδή 0,255 kWp. Στο πεδίο ‘Estimated system losses’ θεωρούμε απώλειες της τάξης του 14%. Επειδή το συγκεκριμένο σύστημα τοποθετείται στην

οροφή του κτιρίου, στο πεδίο 'Mounting position' επιλέγεται το 'Building integrated'. Τέλος, στο πεδίο 'Slope' εισάγεται η κλίση των πάνελ δηλαδή 30° και στο 'Azimuth' 0°, δηλαδή η απόκλιση του άξονα του κτιρίου από τον άξονα του Νότου. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται αναλυτικά τα πεδία που συμπληρώθηκαν.



Εικόνα 5.22 : Εισαγωγή Παραμέτρων στο PVGIS

Προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα, πρέπει να επιλεγεί ο τύπος του αρχείου που διευκολύνει το χρήστη. Τα αποτελέσματα είναι πιο εύκολα επεξεργάσιμα σε αρχείο 'Text file'. Συνολικά τα πάνελ είναι 70, επομένως η ενέργεια που παράγεται, η οποία είναι για το ένα στοιχείο, πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό των πάνελ, προκειμένου να έχουμε τα τελικά αποτελέσματα.

### 5.5.2 Αποτελέσματα Προσομοίωσης και Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Το φωτοβολταϊκό σύστημα, που αποτελείται από 70 πάνελ, θα κατασκευαστεί στην οροφή του κτιρίου και θα έχει συνολική ισχύ 17.85 kWp. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης εξάγονται σε ένα σημειωματάριο τύπου 'Text File' και αφορούν τη μέση ημερήσια παραγωγή ενέργειας του συστήματος, τη μέση μηνιαία παραγωγή και κάποια άλλα στοιχεία σχετικά με τα ποσοστά της παγκόσμιας ακτινοβολίας που δέχεται το σύστημα. Αυτές οι πληροφορίες φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.

PVdata375835N\_234645E\_0kW\_30deg\_0deg\_14 (2) - Σημειωματάριο

Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια

Latitude: 37°58'35" North,  
Longitude: 23°46'45" East  
Nominal power of the PV system: 0.255kWp  
Inclination of modules: 30deg.  
Orientation (azimuth) of modules: 0deg.

| Fixed angle |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|
| Month       | Ed   | Em   | Hd   | Hm   |
| 1           | 0.67 | 20.8 | 3.43 | 106  |
| 2           | 0.80 | 22.5 | 4.18 | 117  |
| 3           | 1.10 | 34.2 | 5.88 | 182  |
| 4           | 1.18 | 35.5 | 6.46 | 194  |
| 5           | 1.24 | 38.4 | 6.92 | 215  |
| 6           | 1.32 | 39.5 | 7.53 | 226  |
| 7           | 1.30 | 40.2 | 7.54 | 234  |
| 8           | 1.26 | 38.9 | 7.28 | 226  |
| 9           | 1.17 | 35.0 | 6.61 | 198  |
| 10          | 0.99 | 30.6 | 5.37 | 166  |
| 11          | 0.76 | 22.9 | 4.02 | 121  |
| 12          | 0.59 | 18.4 | 3.05 | 94.6 |
| Year        | 1.03 | 31.4 | 5.70 | 173  |

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)  
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Εικόνα 5.23 : Αποτελέσματα Προσομοίωσης Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Όπως παρατηρούμε από την παραπάνω εικόνα, η παραγωγή ενέργειας από το σύστημα είναι αυξημένη τους καλοκαιρινούς μήνες, όπως είναι και φυσιολογικό, λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα που αναφέρονται στη μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το κάθε φωτοβολταϊκό στοιχείο και στη συνέχεια υπολογίστηκε η συνολική. Η συνολική παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σύστημα ανέρχεται στις 26383 kWh ετησίως, το οποίο μεταφράζεται σε όφελος 3811,3 €. Αυτό το ποσό ενέργειας καλύπτει περίπου το 71,54% των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου χωρίς καμία επέμβαση.

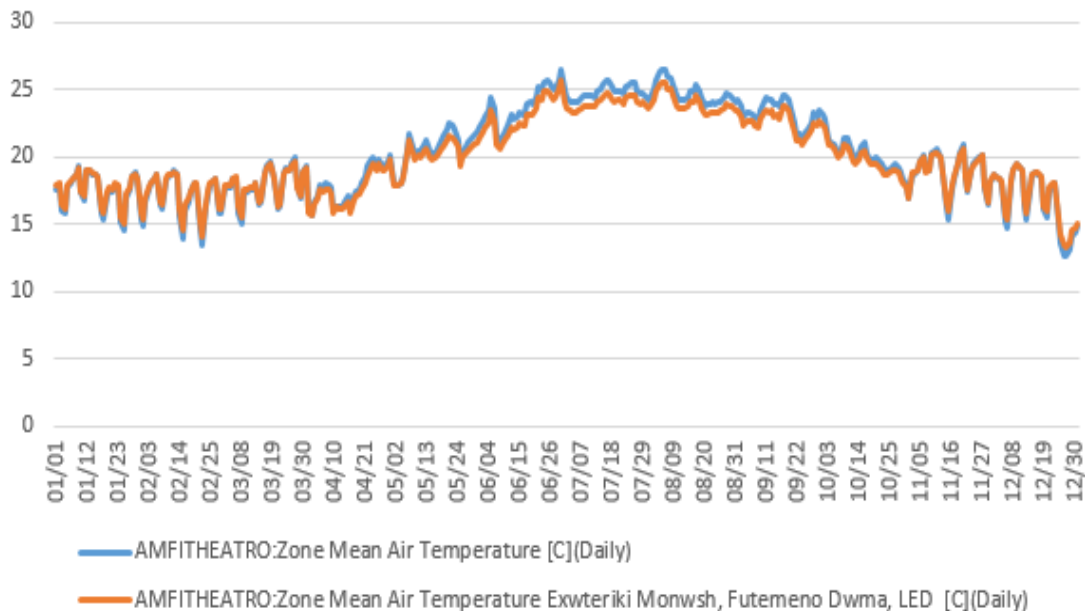
Το κόστος ενός Φ/Β συστήματος τέτοιων διαστάσεων (120 kWp), μαζί με τον εξοπλισμό, όπως πάνελ και πλαίσια στήριξης, και το κόστος εργασίας, ανέρχεται περίπου στα 48405 €. Επομένως, η απόσβεση του συστήματος γίνεται στα 12 χρόνια. Σημειώνεται ότι το σύστημα θα είναι διασυνδεδεμένο (on-grid) με τη Δ.Ε.Η. και όχι αυτόνομο, καθώς το κόστος των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων είναι πολύ υψηλότερο.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι περίπου 25 χρόνια, επομένως μέχρι να γίνει η απόσβεσή τους στα 12 χρόνια δεν έχουν χάσει την απόδοσή τους.

## 5.6 Συνολικά Αποτελέσματα Επεμβάσεων

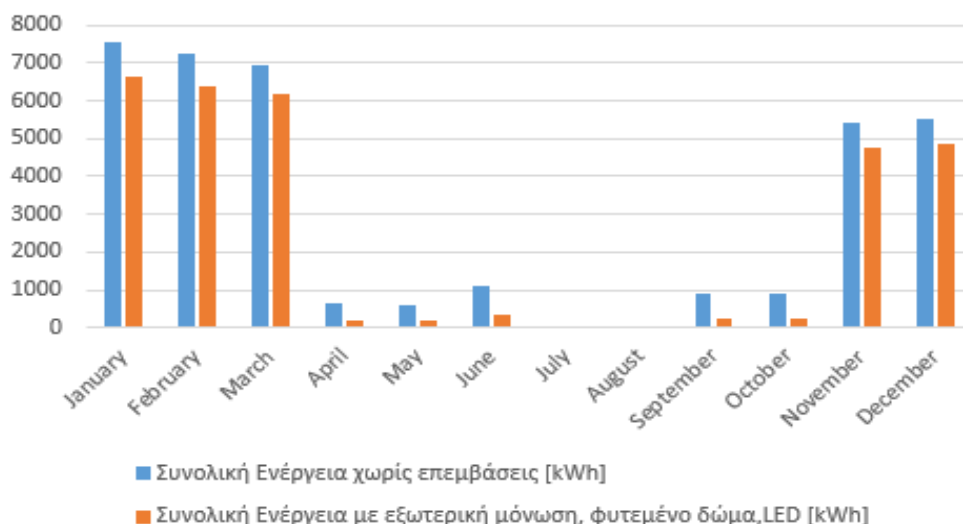
Σε αυτό το σημείο, κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιασθούν τα συνολικά αποτελέσματα μετά από την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων μαζί, δηλαδή την τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, του φυτεμένου δώματος και τη χρήση λαμπτήρων LED. Όσον αφορά την εξωτερική θερμομόνωση, από τις τρεις περιπτώσεις που μελετήθηκαν παραπάνω, επιλέχθηκε να μελετηθεί η περίπτωση που περιλαμβάνει όλες τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου, δώμα και εξωτερικούς τοίχους.

Στην εικόνα που ακολουθεί, φαίνεται ένα διάγραμμα για τη ζώνη 'amfitheatro' που απεικονίζει τη μέση θερμοκρασία πριν και μετά τις επεμβάσεις.



Διάγραμμα 5.24 : Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες Ζώνης Amfitheatro πριν και μετά τις Επεμβάσεις

Παρατηρείται ότι η διαφορά θερμοκρασίας λόγω της τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης και του φυτεμένου δώματος φτάνει και τον 1 °C. Η διαφορά αυτή παρατηρείται κυρίως τις πιο θερμές ημέρες του καλοκαιριού και αντίστοιχα τις πιο κρύες ημέρες του χειμώνα. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία του κτιρίου (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό) χωρίς τις επεμβάσεις και συνολικά με όλες τις επεμβάσεις. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



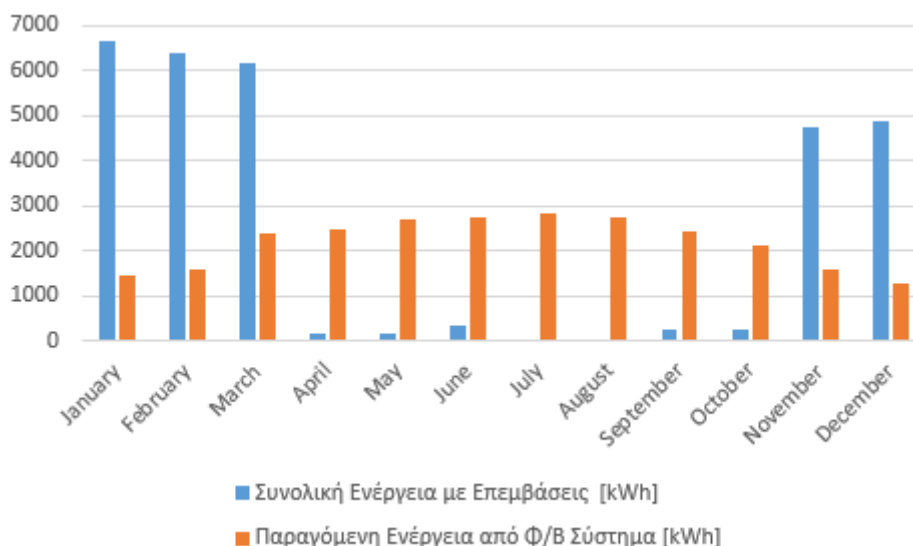
Διάγραμμα 5.25 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας πριν και μετά τις Επεμβάσεις

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, προκύπτει ότι μειώνονται αισθητά οι καταναλώσεις ενέργειας μετά την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται αναλυτικά η μείωση αυτή για κάθε μήνα καθώς και η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh, η οποία φτάνει τις 6842,46 kWh ετησίως, με όφελος 988,5 €. Η ενέργεια αυτή αποτελεί το 18,55 % της συνολικής ετήσιας ενέργειας που θα καταναλώνε το κτίριο χωρίς καμία επέμβαση.

| Μήνες                      | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh χωρίς καμία επέμβαση | Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας σε kWh με Επεμβάσεις |
|----------------------------|---|--|
| Ιανουάριος                 | 7541,013  | 6640,34  |
| Φεβρουάριος                | 7249,127  | 6403,348   |
| Μάρτιος                    | 6949,165  | 6181,05  |
| Απρίλιος                   | 654,1788  | 185,9595   |
| Μάιος                      | 613,2926  | 174,337  |
| Ιούνιος                    | 1101,461  | 339,6743   |
| Ιούλιος                    | 0   | 0  |
| Αύγουστος                  | 0   | 0  |
| Σεπτέμβριος                | 926,8566  | 256,1186   |
| Οκτώβριος                  | 899,4958  | 255,6942   |
| Νοέμβριος                  | 5407,754  | 4746,51  |
| Δεκέμβριος                 | 5538,469  | 4855,618   |
| <b>Σύνολο</b>              | <b>36880,81</b>   | <b>30038,65</b>                                    |
| <b>Εξοικονόμηση σε kWh</b> | <b>6842,16</b>  |  |
| <b>Εξοικονόμηση σε €</b>   | <b>988,5</b>  |  |

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

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



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

Η παραγωγή αυτή του Φ/Β συστήματος αποτελεί το 87,83 % της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου με τις προτεινόμενες επεμβάσεις.

Η ετήσια ενέργεια που θα καταναλώνει το κτίριο είναι 30038,65 kWh, εκ των οποίων οι 26383 kWh παράγονται από το Φ/Β σύστημα. Συνεπώς, η ενέργεια που θα καλείται να εξοφλεί η Δ.Ε.Η. ετησίως ανέρχεται στις 3655,65 kWh. Συνολικά δηλαδή, η μείωση φτάνει τις 33225,16 kWh, μείωση κατά 90,1 % το οποίο μεταφράζεται σε 4799,7 € ετήσιο όφελος.

Το κόστος επένδυσης των επεμβάσεων, όπως έχει ήδη υπολογιστεί παραπάνω, 30707 € για την εξωτερική θερμομόνωση,  $590.8 \text{ €} \times 25 = 14770 \text{ €}$  (για αλλαγή κάθε δύο χρόνια) για τους λαμπτήρες LED, 26715 € για το φυτεμένο δώμα και 48405 € για το Φ/Β σύστημα. Συνολικά λοιπόν, για όλες τις επεμβάσεις, το κόστος ανέρχεται στα 120597 €, δεδομένου ότι η ετήσια εξοικονόμηση είναι 4799,7€, η απόσβεση γίνεται στα 25 χρόνια.



## 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο : Συμπεράσματα και Προτάσεις

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

Αρχικά λοιπόν, εξετάστηκε η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, και συγκεκριμένα η χρήση μιας επιπλέον στρώσης εξηλασμένης πολυστερίνης, στους εξωτερικούς τοίχους και στο δώμα του κτιρίου αλλά και μεμονωμένα σε καθένα από αυτά. Στην περίπτωση που τοποθετηθεί και στους εξωτερικούς τοίχους και στο δώμα, το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας φτάνει το 4,86 % της συνολικής κατανάλωσης του κτιρίου, ωστόσο εάν τοποθετηθεί μόνο στο δώμα το ποσοστό γίνεται 1,45 %, ενώ στην περίπτωση που τοποθετηθεί μόνο στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου το ποσοστό φτάνει το 3,31 %. Εκτιμάται ότι με βάση το χρόνο απόσβεσης και το κόστος που έχει αναλυθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, μεγαλύτερο συμφέρον έχει η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης μόνο στο δώμα, όπου έχουμε απόσβεση περίπου σε 79 χρόνια. Όπως προκύπτει, ακόμα και αυτή η περίπτωση, αν και από ενεργειακή άποψη επιφέρει μειώσεις στις συνολικές καταναλώσεις του κτιρίου, από τεχνικο-οικονομική άποψη είναι μία μη συμφέρουσα λύση και έτσι δεν προτείνεται να εφαρμοστεί, ωστόσο έπρεπε να εξεταστεί η αποδοτικότητά της με βάση τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Στη συνέχεια, κρίθηκε εύλογο να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες LED στο κτίριο αντί για λαμπτήρες πυρακτώσεως. Η ενέργεια που καταναλώνουν οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες είναι περίπου το 1/6 της ενέργειας που απαιτείται για το φωτισμό του κτιρίου, σε σχέση με τους συμβατικούς λαμπτήρες. Με αυτή την επέμβαση εξοικονομούνται σημαντικά ποσά ενέργειας, τα οποία φτάνουν το 12.95% της συνολικής κατανάλωσης. Η απόσβεση των λαμπτήρων LED γίνεται σε λιγότερο από ένα χρόνο και συνεπώς αυτή η πρόταση κρίνεται ιδιαίτερα επιτυχημένη.

Όσον αφορά την τοποθέτηση φυτεμένου δώματος στην οροφή του κτιρίου, το ποσοστό μείωσης είναι της τάξης του 1,68 % επί της συνολικής ενέργειας του κτιρίου, και η απόσβεσή της γίνεται σε πολλά χρόνια, επομένως αν και δεν αποτελεί συμφέρουσα λύση κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί με βάση τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Μελετήθηκε και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων στην οροφή του κτιρίου, με την οποία καλύπτεται ένα ποσοστό που φτάνει περίπου το 71,54% των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου χωρίς καμία επέμβαση. Το ποσοστό αυτό κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό, σχετικά με τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτιρίου. Συνεπώς, παρ' όλο που το κόστος του συστήματος αυτού είναι ιδιαίτερα υψηλό, η επέμβαση αυτή κρίνεται ιδιαίτερα επιτυχημένη, καθώς η απόσβεση γίνεται στα 12 χρόνια. Η διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι περίπου 25 χρόνια, επομένως έχει προλάβει να γίνει η απόσβεσή τους, στα 12 χρόνια, και έτσι δεν έχουν χάσει την απόδοσή τους.

Τέλος, εάν εφαρμοστούν όλες οι επεμβάσεις αυτές, χωρίς το Φ/Β σύστημα, θα εξοικονομήσουν ένα σημαντικό ποσοστό των συνολικών ενεργειακών

απαιτήσεων του κτιρίου ετησίως και συγκεκριμένα η μείωση φτάνει το 18,55 %. Μετά την τοποθέτηση και του Φ/Β συστήματος, η παραγόμενη ενέργεια από αυτό, καλύπτει το 87,83 % της συνολικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου μετά τις προτεινόμενες επεμβάσεις. Η συνολική απαιτούμενη ενέργεια μειώνεται κατά 33225,16 kWh ετησίως και έτσι καλύπτεται το 90,1 % της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας. Το κόστος όλων αυτών των επεμβάσεων είναι αρκετά υψηλό, αλλά η απόσβεση θα γίνει στα 25 χρόνια. Είναι, επομένως, στην κρίση του επενδυτή ποιες από αυτές τις επεμβάσεις θα πραγματοποιηθούν.

Μελλοντικές προτάσεις για το κτίριο είναι ενδεχομένως η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας καθώς και η τοποθέτηση ειδικού μηχανολογικού συστήματος κλιματισμού για εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης, θα μπορούσαμε να ενισχύσουμε τη σκίαση του κτιρίου με τη φύτευση μεγάλων φυλλοβόλων δένδρων. Αυτά συνεισφέρουν στη σκίαση αλλά και στο φυσικό δροσισμό του αέρα το καλοκαίρι, χωρίς να εμποδίζουν τον ηλιασμό τους χειμερινούς μήνες.

## Βιβλιογραφία

- [1] Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας : Ιστορική Ανασκόπηση των Ενεργειακών Εξελίξεων, INT.-  
<http://www.allaboutenergy.gr/Intro12.html>
- [2] Χρήση των πηγών ενέργειας στις διάφορες εποχές - Ιστορική αναδρομή, INT.-  
[http://users.sch.gr/imarinakis/energy\\_history.htm](http://users.sch.gr/imarinakis/energy_history.htm)
- [3] Ενέργεια, INT.-  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1>
- [4] Αειφόρος Ανάπτυξη και Πράσινες Δημόσιες Επεμβάσεις, Τμήμα Περιβάλλοντος, INT.-  
<http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/97100E5511AAC492C225795200325062?OpenDocument>
- [5] The World Bank Group: What is Sustainable Development, INT.-  
<http://www.worldbank.org/depweb/english/sd.html>
- [6] Διατριβή στην Ενεργειακή Ζήτηση : Κτιριακός τομέας - πλαίσιο θεώρησης, επιμέλεια Σοφία Ιωάννου Τσεσμελή, Μάρτιος 2006
- [7] Κίνητρα για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης στα κτίρια  
Προτάσεις της Greenpeace, INT.-  
<http://www.greenpeace.org/greece/Global/greece/report/2007/10/efficiency-buildings.pdf>
- [8] Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, Υπουργείο Ανάπτυξης , Τομέας Ενέργειας και Φυσικών Πόρων, INT.-  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm)

[9] Τεχνικές βελτίωσης Ενεργειακής συμπεριφοράς Υφιστάμενων Κτιρίων  
επιμέλεια : Θεόδωρος Θεοδοσίου, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

[10] Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας , Υπουργείο Ανάπτυξης, Τομέας  
Ενέργειας και Φυσικών Πόρων , INT.-

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/energeiaki\\_diaxeirisi\\_metra\\_exikonom.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/energeiaki_diaxeirisi_metra_exikonom.htm)

[11] Technical and commercial company landscape, environment, sports  
Bioclimatic architecture, landco ltd

[12] Βιοκλιματικός Σχεδιασμός κτιρίων, INT.-

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82\\_%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82\\_%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD](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)

[13] Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων - Γενικές  
αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, Επιμέλεια : Κλειώ Ν.Αξαρή,  
αρχιτέκτονας ΑΠΘ

[14] Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Κέντρο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης  
Καστρίου 2013, INT.-

[http://kpe-kastr.ark.sch.gr/site/images/seminars/ren\\_energy/RenEnergySemPres.pdf](http://kpe-kastr.ark.sch.gr/site/images/seminars/ren_energy/RenEnergySemPres.pdf)

[15] Αξιοποίηση Ηλιακής Ενέργειας , 49<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Αθηνών, INT.-

[http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH\\_ENERDEIAS.htm](http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH_ENERDEIAS.htm)

[16] Φωτοβολταϊκό Σύστημα, INT.-

[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](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)

- [17] The Green Energy Developer, Eunice Energy Group  
Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα, INT.-  
[http://www.eunice-group.com/index.php?Itemid=0&id=155&option=com\\_content&view=article&lang=el](http://www.eunice-group.com/index.php?Itemid=0&id=155&option=com_content&view=article&lang=el)
- [18] Αιολική Ενέργεια, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, INT.-  
<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=287&language=el-GR>
- [19] Χρηματοοικονομική Ανάλυση και Ενημέρωση για την Ανάπτυξη της Γεωθερμίας σε χώρες της Ευρώπης, GEOFAR, INT.-  
[http://www.energia.gr/geofar/page.asp?p\\_id=12&lng=5](http://www.energia.gr/geofar/page.asp?p_id=12&lng=5)
- [20] Υδραυλική Ενέργεια, Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας, INT.-  
<http://www.allaboutenergy.gr/YdravlikiEnergeia.html>
- [21] Μορφές Βιομάζας και Παραγόμενα Προϊόντα, Modern Fuels, INT.-  
<http://www.modernfuels.gr/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%B7-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1/>
- [22] ΙΕΚΕΜ - Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Ενεργειακός - Βιοκλιματικός Σχεδιασμός ενόψει της εφαρμογής του νόμου 3661/08 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, Υπεύθυνη : Μαργαρίτα Καραβασίλη, Αρχιτέκτων Μηχανικός, Σεμινάριο Μάιος - Ιούνιος, 2009
- [23] ΚΑΠΕ - Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα, Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής, Επιμέλεια : Ευγενία Α.Λάζαρη, Αρχιτέκτων Μηχανικός, Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002
- [24] Διπλωματική Εργασία “Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική” , Νικολούδης Ι.Στέλιος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μάρτιος 2013

- [25] Μεταπτυχιακή Εργασία “Συμβολή στο Βιοκλιματικό Ανασχεδιασμό κτιρίου μικτής χρήσης με τη χρήση του λογισμικού Energyplus” , Παπακωνσταντίνου Χρήστος - Ιωάννης, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σεπτέμβριος 2015
- [26] Πτυχιακή Εργασία “Σχεδιασμός Βιοκλιματικής Κατοικίας”, Βίγλης Δημήτριος, Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων, ΤΕΙ Πειραιά, 2008
- [27] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική - Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- [28] Crosbie, M., (Ed.), “The Passive solar design and construction handbook”, John Wiley and Sons, 1997
- [29] Μιλτιάδης Γ. Ζαμπάρας - [oikologos.gr](http://oikologos.gr)

## Εικόνες - Σχήματα

- [1] εικόνα 1.1 : Εφαρμογή ενεργειακού σχεδιασμού στην αρχαία Ελλάδα, Διπλωματική Δ.Παναγιωτοπούλου, Νοέμβριος 2015
- [2] εικόνα 1.2 : Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση, INT.-  
[www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- [3] εικόνα 1.3 : κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων στην Ελλάδα, INT.-  
[www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)

[4] εικόνα 1.4 : « ενεργειακή διαχείριση κτιρίων » , παράγοντες εξοικονόμησης ενέργειας, INT.-

[www.cres.gr](http://www.cres.gr)

[5] εικόνα 2.3 : Προσανατολισμός του κτιρίου για βέλτιστη εκμετάλλευση του ήλιου, INT.-

<http://kpe-kastor.kas.sch.gr>

[6] εικόνα 2.16 : κινητές περσίδες για φυσικό φωτισμό, INT.-

[https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiBjenjyO3MAhUmAsAKHQf-DUgQ\\_AUIBigB#imgrc=l3GbPwla7ILj1M%3A](https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiBjenjyO3MAhUmAsAKHQf-DUgQ_AUIBigB#imgrc=l3GbPwla7ILj1M%3A)

[7] εικόνα 2.17 : ανοίγματα οροφής για φυσικό φωτισμό, INT.-

[https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiBjenjyO3MAhUmAsAKHQf-DUgQ\\_AUIBigB#imgdii=3NV-gV9Onudi\\_M%3A%3B3NV-gV9Onudi\\_M%3A%3B2zziWXtUjHblRM%3A&imgrc=3NV-gV9Onudi\\_M%3A](https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiBjenjyO3MAhUmAsAKHQf-DUgQ_AUIBigB#imgdii=3NV-gV9Onudi_M%3A%3B3NV-gV9Onudi_M%3A%3B2zziWXtUjHblRM%3A&imgrc=3NV-gV9Onudi_M%3A)

[8] εικόνα 3.1 : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, INT.-

[http://kpe-kastr.ark.sch.gr/site/images/seminars/ren\\_energy/RenEnergySemPres.pdf](http://kpe-kastr.ark.sch.gr/site/images/seminars/ren_energy/RenEnergySemPres.pdf)

[9] εικόνα 3.2 : Ηλιακή Ενέργεια, INT.-

[http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH\\_ENERDEIAS.htm](http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH_ENERDEIAS.htm)

[10] εικόνα 3.3 : Λειτουργία Θερμοκηπίου, Παθητικά ηλιακά συστήματα Θέρμανσης, INT.-

[http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH\\_ENERDEIAS.htm](http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH_ENERDEIAS.htm)

[11] εικόνα 3.4 : Διάγραμμα Ηλιακού Θερμοσίφωνα, INT.-

[http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH\\_ENERDEIAS.htm](http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH_ENERDEIAS.htm)

[12] εικόνα 3.5 : Ηλιακός Συλλέκτης, INT.-

[https://www.google.gr/search?q=%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%B9+%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%83%CE%B9%CF%86%CF%89%CE%BD%CE%B5%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwizu\\_P\\_nM\\_MAhUJJR4KHT-gBJkQ\\_AUIBigB#imgrc=S8lmpmtJoc\\_m6M%3A](https://www.google.gr/search?q=%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%B9+%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%83%CE%B9%CF%86%CF%89%CE%BD%CE%B5%CF%82&espv=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwizu_P_nM_MAhUJJR4KHT-gBJkQ_AUIBigB#imgrc=S8lmpmtJoc_m6M%3A)

[13] εικόνα 3.6 : Λειτουργία Φωτοβολταϊκού συστήματος , EN GREEN

TECH - Φωτοβολταϊκά Συστήματα, INT.-

[https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B1+%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1&espn=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6mqLMoNLMAhWkQpoKHdQDDn8Q\\_AUIBigB#imgrc=iDk4Jg0-fU7BbM%3A](https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B1+%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1&espn=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6mqLMoNLMAhWkQpoKHdQDDn8Q_AUIBigB#imgrc=iDk4Jg0-fU7BbM%3A)

[14] εικόνα 3.7 : Φωτοβολταϊκό Πάρκο, INT.-

[https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%BF+%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%BF&espn=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwitmlTavdLMAhUDjwKHQbbBmoQ\\_AUIBigB](https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%BF+%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%BF&espn=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwitmlTavdLMAhUDjwKHQbbBmoQ_AUIBigB)

[15] εικόνα 3.8 : Αιολικό Πάρκο, INT.-

[https://www.google.gr/search?q=%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1&espn=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6xYW0ytLMAhVBG B4KHbq1C5wQ\\_AUIBigB#imgrc=Wi9u6TJOSfxOTM%3A](https://www.google.gr/search?q=%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1&espn=2&biw=1366&bih=677&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6xYW0ytLMAhVBG B4KHbq1C5wQ_AUIBigB#imgrc=Wi9u6TJOSfxOTM%3A)

[16] εικόνα 3.9 : Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

1997- 2013, INT.-

[http://www.eunice-group.com/index.php?Itemid=0&id=155&option=com\\_content&view=article&lang=el](http://www.eunice-group.com/index.php?Itemid=0&id=155&option=com_content&view=article&lang=el)

[17] εικόνα 3.10 : Γεωθερμική Ενέργεια, INT.-

[http://kpe-kastr.ark.sch.gr/site/images/seminars/ren\\_energy/RenEnergySemPres.pdf](http://kpe-kastr.ark.sch.gr/site/images/seminars/ren_energy/RenEnergySemPres.pdf)

[18] εικόνα 3.11 : Υδροηλεκτρική Ενέργεια, INT.-

[https://www.google.gr/search?q=%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1&espn=2&biw=679&bih=655&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0ahUKEwiK1ZGK4dLMAhUECCwKHe-zDV4Q\\_AUIBigB#imgrc=X7O6r0a15FGyM%3A](https://www.google.gr/search?q=%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1&espn=2&biw=679&bih=655&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0ahUKEwiK1ZGK4dLMAhUECCwKHe-zDV4Q_AUIBigB#imgrc=X7O6r0a15FGyM%3A)



- [19] εικόνα 2.2 : Α.Τομπάζης, 1983 , Διπλωματική Εργασία “Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική” , Νικολούδης Ι.Στέλιος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μάρτιος 2013
- [20] εικόνα 2.12 : Ηλιακές καμινάδες στο Building Research Establishment, Watford, United Kingdom, Feilden Clegg Architects, 1996
- [21] εικόνα 2.14 : Καμινάδες αερισμού, κτίριο γραφείων στο Cambridge, Αρχιτέκτονας : R. H. Partnership, 1994