



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

---

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :Ι. ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΣΕ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΔΟΜΙΚΑ ΚΕΛΥΦΗ ΜΕΣΩ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΘ' ΟΛΗ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ



ΧΡΙΣΤΑΚΗ ΣΟΦΙΑ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2012

Χριστάκη Σοφία  
Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright c Χριστάκη Σοφία, 2012  
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, διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρών μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κο Ιωάννη Τζουβαδάκη, Επίκουρο καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο), καθώς και τον Κο Μενέλαο Ξενάκη, υποψήφιο διδάκτορα Ε.Μ.Π., Αρχιτέκτων Msc, για την βοήθεια τους στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Από την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος μέχρι και το κλείσιμο της εργασίας, η συμβολή τους ήταν καθοριστική. Αυτή η προσπάθεια δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς την καθοδήγηση και τις πολύτιμες υποδείξεις τους καθώς και την συμπαράσταση την οποία είχα.

Εν τέλει, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, στους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους καθ όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

*Μια αστραπή η ζωή μας.....μα προλαβαίνουμε.*

*N.Καζαντζάκης*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση στη σύγχρονη κοινωνία καθώς και τα σημαντικά ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα που αναπόφευκτα απορρέουν από αυτή, καθιστούν επιτακτική την κατάθεση δημιουργικών προτάσεων για την εφαρμογή «καθαρών» ενεργειακών λύσεων. Οι λύσεις αυτές αναφέρονται κυρίως στον οικιακό τομέα, ο οποίος καταναλώνει περίπου το ¼ της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ελλάδα. Η κατά το δυνατόν μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας σε μία κατοικία, μέσα από την εφαρμογή βασικών αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού και τη χρήση βιοκλιματικών διατάξεων, επιβάλλεται πλέον να αποτελεί πρωταρχικό στόχο κάθε μηχανικού μελετητή.

Αντικείμενο, λοιπόν, της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί ο βιοκλιματικός σχεδιασμός μίας νέας κατοικίας και στόχος της είναι η εύρεση της βέλτιστης λύσης κατασκευής του κτιρίου σε συγκεκριμένο οικοπεδικό χώρο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ανάλυσης των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων-οφελών αυτού, των απαιτήσεων εφαρμογής του καθώς και των στρατηγικών που υιοθετούνται για τη βελτιστοποίηση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Σημαντική ενότητα της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η περιγραφή των παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης, απλών διατάξεων, που αξιοποιούν τις φυσικές πηγές για θέρμανση ή ψύξη του κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων καθώς και η παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας τους. Παράλληλα, αναλύονται οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού για την αύξηση της θερμικής άνεσης κατά τη θερινή περίοδο με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της βλάστησης.

Περαιτέρω, αναλύονται οι διάφορες μορφές ενέργειας-ανανεώσιμες και συμβατικές-, η προέλευσή τους καθώς και οι τρόποι εκμετάλλευσής τους. Επισημαίνονται, σε ξεχωριστά κεφάλαια, οι τεχνικές αξιοποίησης της κάθε μίας μορφής ενέργειας καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την εκμετάλλευση και χρήση αυτών.

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική εργασία παρατίθεται η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού με τον σχεδιασμό τριών κτισμάτων, στα οποία τοποθετήθηκαν παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά τα κτίσματα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών και τα ενεργειακά οφέλη που αποδίδουν.

Συμπερασματικά, καταλήγουμε ότι ακολουθώντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, και μάλιστα ενσωματώνοντας απλές τεχνικές οι οποίες ευνοούνται από το εύκρατο μεσογειακό ελληνικό κλίμα και δεν επιβαρύνουν σημαντικά το κόστος κατασκευής, δύνανται να κατασκευαστούν κατοικίες εναρμονισμένες στο περιβάλλον προσφέροντας παράλληλα υψηλά επίπεδα θερμικής και οπτικής άνεσης στους ενοίκους τους.

## **ABSTRACT**

The increasing energy consumption in modern societies as well as the important energy and environmental problems that inevitably arise, render the deposit of creative proposals for the application of «eco-friendly» energy solutions imperative. These solutions refer mainly to the domestic sector, which roughly takes up the ¼ of the globally consumed energy in Greece. Each and every engineer's fundamental objective should focus on the maximization of energy saving in a residence, through the application of basic principles of bioclimatic design and the use of bioclimatic provisions.

The aim of this dissertation is the bioclimatic design of a new residence and the finding of the optimal solution of manufacturing a building on a specific lot. This is achieved by the analysis of the principles of bioclimatic planning, the expected results-profits of this planning, its requirements of application, as well as the strategies that are adopted for the optimization of thermal behavior of the building, throughout the year.

The description of passive solar systems of heating constitutes an important unit of this dissertation. These are simple provisions that use the natural sources for heating or cooling the building without the interjection of mechanical means. The presentation of their way of operation is mentioned, too. At the same time, there is the analysis of the techniques and the systems of natural ventilation for the increase of thermal comfort during the summer period with simultaneous exploitation of vegetation.

Furthermore, different types of energy –renewable and conventional- are analyzed along with their origin and ways of exploitation. Utilization techniques for each type of energy, as well as the advantages and disadvantages that derive from their use, are also presented in separate chapters.

Concluding this diplomatic project, the application of theory of bioclimatic design is mentioned, beginning with the design and construction of three little buildings, in which types of passive solar systems of heating were placed. Taking into consideration the results by measurements of temperature in the interior of the buildings, useful conclusions on the designing of the residence are drawn.

Finally, we reach to the conclusion that by applying the principles of bioclimatic design, and in particular by integrating simple techniques, which are encouraged by the Mediterranean Greek climate, harmonized with the environment, residences can be manufactured. These techniques, which do not considerably overload the cost of manufacturing of the building, offer high levels of thermal and optical comfort in their dwellers.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### ABSTRACT

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Εισαγωγή.....	1
1.1 Το «τρίτο» δέρμα.....	1
1.2 Εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	3
1.2.1 Ορισμός βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.....	3
1.2.2 Ενεργειακό όφελος.....	3
1.2.3 Κριτήρια εφαρμογής.....	4
1.2.4 Εφαρμογή συστημάτων βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	5
Βιβλιογραφία.....	6
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Ενέργεια και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	7
2.1 Εισαγωγή.....	7
2.2 Συμβατικές πηγές ενέργειας .....	8
2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	9
2.3.1 Πλεονεκτήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	11
2.3.2 Μειονεκτήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	12
Βιβλιογραφία.....	14
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	15
3.1 Εισαγωγή .....	15
3.2 Χρήση ηλιακής ενέργειας.....	16
3.3 Ηλιοθερμία.....	18
3.3.1 Ηλιοθερμικά συστήματα.....	17
3.3.1.1 Ηλιοθερμικά συστήματα για οικιακή χρήση.....	20
3.3.1.2 Ηλιοθερμικά συστήματα για βιομηχανική χρήση.....	20
3.3.2 Λειτουργία ηλιακού συλλέκτη.....	21
3.3.2.1 Το σύστημα μετάδοσης της θερμότητας.....	22
3.3.2.2 Συστήματα κυκλοφορίας για ζεστό νερό.....	23
3.3.2.3 Ο χώρος αποθήκευσης ζεστού νερού.....	27
3.3.2.4 Η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας.....	27
3.3.2.4.1 Πλεονεκτήματα συλλεκτών κενού.....	28
3.3.2.4.2 Αποδόσεις συλλεκτών κενού.....	29
3.3.3 Τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών.....	29
3.3.3.1 Καταλληλότερη γωνία κλίσης συλλεκτών.....	31
3.4 Πόσο οικολογικό είναι ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού;.....	32
Συμπεράσματα.....	33
Βιβλιογραφία.....	34

<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....</b>	<b>35</b>
4.1 Εισαγωγή.....	35
4.2 Ανεμογεννήτριες.....	36
4.3 Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας.....	38
4.4 Μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας.....	39
Συμπεράσματα.....	39
Βιβλιογραφία.....	40
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....</b>	<b>41</b>
5.1 Εισαγωγή.....	41
5.2 Αρχή γεωθερμικής ενέργειας.....	44
5.3 Οφέλη εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας.....	47
Συμπεράσματα.....	48
Βιβλιογραφία.....	49
<b>Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: ΒΙΟΜΑΖΑ.....</b>	<b>50</b>
6.1 Ορισμός.....	50
6.2 Κατηγορίες βιομάζας.....	50
6.3 Η αρχή διατήρησης της ενέργειας.....	51
6.4 Εφαρμογές με καύσιμο τη βιομάζα.....	52
6.5 Πλεονεκτήματα βιομάζας.....	53
6.6 Μειονεκτήματα βιομάζας.....	54
Βιβλιογραφία.....	55
<b>Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....</b>	<b>56</b>
7.1 Εισαγωγή.....	56
7.2 Περιβαλλοντικές παράμετροι.....	57
7.2.1 Το κλίμα του τόπου.....	57
7.2.2 Το φυσικό περιβάλλον.....	57
7.3 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	58
7.3.1 Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης.....	60
7.3.1.1 Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο-προσανατολισμός.....	60
7.3.1.2 Σχήμα κτιρίου.....	61
7.3.1.3 Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού.....	61
7.3.1.4 Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων.....	62
7.3.2 Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας.....	62
7.3.2.1 Προστασία από ψυχρούς ανέμους.....	62
7.3.2.2 Θερμική προστασία-θερμομόνωση.....	63
7.3.3 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας.....	63
7.3.3.1 Θερμική μάζα-θερμοχωρητικότητα.....	64
7.3.4 Το κτίριο ως αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης.....	64
7.3.4.1 Ηλιοπροστασία κτιρίου και ανοιγμάτων.....	64
7.3.4.2 Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών.....	65
7.3.4.3 Επάρκεια θερμικής μάζας.....	65
7.3.4.4 Θερμομόνωση.....	65
7.3.4.5 Φυσικός αερισμός.....	65
7.3.4.6 Νυχτερινή ακτινοβολία.....	65
7.3.4.7 Μικροκλίμα.....	66
Βιβλιογραφία.....	67

<b>Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup> :ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....</b>	<b>69</b>
8.1Εισαγωγή.....	69
8.2Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων.....	69
8.3Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων.....	70
8.3.1Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας.....	71
8.3.2Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.....	71
8.4Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης.....	72
8.4.1Συστήματα άμεσου κέρδους.....	72
8.4.1.1Κριτήρια σχεδιασμού για το άνοιγμα.....	74
8.4.1.2Κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη.....	76
8.4.2Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος.....	77
8.4.2.1Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης.....	80
8.4.3Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος.....	81
8.4.4Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης.....	86
8.4.5Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση.....	87
8.5Επιλογή παθητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης.....	88
8.5.1Συστήματα άμεσου κέρδους.....	89
8.5.2Τοίχος θερμικής αποθήκευσης.....	89
8.5.3Προσαρτημένο θερμοκήπιο.....	90
8.5.4Θερμοσιφωνικό πανέλο.....	90
8.5.5Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση.....	90
8.6Συμπεράσματα.....	91
Βιβλιογραφία.....	92
<b>Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>:ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ.....</b>	<b>95</b>
9.1Εισαγωγή.....	95
9.2Τεχνικές φυσικού δροσίσμου.....	95
9.3Ηλιοπροστασία.....	96
9.3.1 Ο σκιασμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.....	96
9.3.2 Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών.....	98
9.4Επάρκεια θερμικής μάζας.....	98
9.4.1Ημιπόσκαφες κατασκευές.....	98
9.4.2Υπεδάφιοι αγωγοί.....	98
9.5Θερμομόνωση.....	99
9.6Φυσικός αερισμός.....	99
9.6.1 Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο.....	99
9.6.2 Κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου.....	101
9.6.3 Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.....	104
9.6.4 Η χρήση του κτιρίου.....	106
9.7Νυχτερινή ακτινοβολία.....	106
9.8Μικροκλίμα-φύτευση δωματίων.....	107
9.9Βιβλιογραφία.....	109
<b>Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup> :ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>111</b>
10.1Στόχος ανάλυσης.....	111
10.1.1Περιγραφή κτισμάτων.....	111
10.1.2Περιγραφή μετρήσεων.....	118
10.2Αποτελέσματα μετρήσεων.....	118
10.3Ανάλυση συμπερασμάτων.....	128



**ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....131**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ & ΥΓΡΑΣΙΑΣ**

## 1.Εισαγωγή

### 1.1.Το «τρίτο δέρμα»

Τα κτίρια, σύμφωνα με μία αντίληψη, είναι το τρίτο μας «δέρμα». Για να επιβιώσει, ο άνθρωπος έχει ανάγκη προστασίας από τις καιρικές συνθήκες, χρησιμοποιώντας τρία «δέρματα». Το πρώτο είναι το πραγματικό δέρμα του σώματος, το δεύτερο είναι ο ρουχισμός και το τρίτο είναι το κτίριο. Σε ορισμένα κλίματα, η επιβίωση και η ευημερία του ανθρώπου είναι δυνατές μόνο αν συνυπάρχουν και τα τρία δέρματα. Σε άλλα, το πρώτο μόνο δέρμα είναι αρκετό. Όσο πιο ακραίο όμως είναι το κλίμα, τόσο πιο πολύ βασίζεται ο άνθρωπος στα κτίρια για να προστατευθεί από τις καιρικές συνθήκες.

Η αρχιτεκτονική του 20<sup>ού</sup> αιώνα έχει επηρεαστεί από τη θεώρηση του σπουδαίου Γάλλου αρχιτέκτονα Λε Κορμπυζιέ [1] ότι «το κτίριο είναι μια μηχανή μέσα στην οποία ζούμε». Κάτι τέτοιο απέχει τελικά πολύ από την πραγματικότητα, γιατί μία μηχανή είναι ένα αντικείμενο που λειτουργεί με συγκεκριμένο τρόπο ανάλογα με τους χειρισμούς του κατόχου της. Το κτίριο συμπεριφέρεται διαφορετικά, διότι, αν και μπορεί να ελέγχεται από τους ενοίκους του, η βασική συνιστώσα που επενεργεί σ' αυτό και διαμορφώνει τις συνθήκες άνεσης και προστασίας είναι οι κλιματικές και οι ευρύτερες περιβαλλοντικές συνθήκες, που δεν μπορούν να ελεγχθούν από τους ενοίκους.

Οι μηχανές είναι σταθερά, στατικά αντικείμενα, που υπόκεινται σε επιστημονική μελέτη και αξιολόγηση. Τα κτίρια όμως, αποτελούν τμήμα μιας πολύπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ των ανθρώπων, των ίδιων των κτιρίων, του κλίματος και του περιβάλλοντος. Η άποψη ότι τα κτίρια είναι σταθερά, ταιριάζει σε ορισμένες μορφές επιστημονικής ανάλυσης, όπως του εσωτερικού φωτισμού, της ροής ενέργειας, του μηχανικού αερισμού κ.λπ. Αυτή όμως η προσέγγιση δεν είναι η πλέον κατάλληλη για να γίνουν κατανοητά τα πιο δυναμικά μέρη του συστήματος ( θερμοκρασία, φυσικός αερισμός, παθητικός δροσισμός και όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες που συντελούνται σε αυτό ).

Παράμετροι, όπως ο φυσικός φωτισμός, η ενέργεια, η θερμομόνωση και η χρήση συσκευών δεν μπορούν να αγνοηθούν κατά την επιστημονική προσέγγιση του κτιρίου. Ο σχεδιασμός των κτιρίων πρέπει να στοχεύει στην κάλυψη τόσο των αόρατων όσο και των ορατών αναγκών των ενοίκων τους. Παραδοσιακά, τα κτίρια σχεδιάζονται στη βάση υπαρκτών αναγκών κάτω από δεδομένες περιβαλλοντικές και άλλες συνθήκες. Οι τρεις αρχές πάνω στις οποίες θα πρέπει να βασίζεται ο σχεδιασμός κάθε κτιρίου είναι :

1. Σχεδιασμός βάσει των κλιματικών αλλαγών της περιοχής δόμησης.
2. Σχεδιασμός εναρμονισμένος με το συγκεκριμένο φυσικό, κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον.
3. Σχεδιασμός βάσει του επιθυμητού χρόνου ζωής της κατασκευής.

Οι άνθρωποι έχτιζαν βάσει αυτών των αρχών εδώ και χιλιετίες και κατάφεραν να εξελίξουν ποικίλους τύπους κατοικιών, ανά τον κόσμο, οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι σε συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες, περιβάλλοντα και πολιτισμούς. Η τελική επιτυχία βασίζεται στην εμπειρία, τη χρήση εργαλείων και μεθόδων, οι οποίες βοηθούν τους σχεδιαστές να φέρουν εις πέρας τα απαραίτητα και περίπλοκα στάδια κατασκευής ενός κτιρίου.

Ο Alberti [2] ορίζει την αρχιτεκτονική, σαν εκείνη τη νοητική σύλληψη που οδηγεί τη ζωή και την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών, στο να εναρμονιστούν όσο το δυνατόν καλύτερα και πληρέστερα με τα εξής κριτήρια : «necessitas, commoditas, voluptas και ecologicas».

- Η «αναγκαιότητα-necessitas» ορίζεται ως η εναρμόνιση της κατασκευής με τους νόμους της φυσικής και της μηχανικής.
- Η «άνεση-commoditas» εκφράζεται από την κάλυψη μίας μέσης, κοινωνικής ανάγκης.
- Η «θελκτικότητα-voluptas» ορίζεται σαν η ικανότητα της αρχιτεκτονικής να εκφράζει, με τα δικά της μέσα, μια ποιητική του δομημένου χώρου, που προέρχεται από την εσωτερική ευχαρίστηση της έκφρασης του συναισθήματος της ομορφιάς.
- Η «οικολογική λογική-ecologicas» βασίζεται στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο και στην χρησιμοποίηση οικολογικών υλικών φιλικών προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

## 1.2.Εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού

### 1.2.1.Ορισμός βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων ( εσωτερικών και εξωτερικών-υπαίθριων ) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στο κτίριο με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό αυτών.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός – αν και είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη τη γη – θεωρείται από πολλούς ως μία νέα ‘θεώρηση’ στην αρχιτεκτονική και σχετίζεται με την οικολογία περισσότερο, παρά με την ενέργεια και την εξοικονόμηση που δύναται να επιφέρει. Παρά ταύτα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως , ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές, αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Και αυτό, λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση, το δροσισμό και τον φωτισμό των κτιρίων που προκύπτουν από την εφαρμογή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και πολλαπλά οφέλη που την συνεπάγονται : ενεργειακά ( εξοικονόμηση και θερμική/οπτική άνεση ), οικονομικά ( μείωση κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων ), περιβαλλοντικά ( μείωση ρύπων ) και κοινωνικά.

### 1.2.2.Ενεργειακό όφελος

Ειδικότερα, το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους :

- Εξοικονόμηση ενέργειας από τη σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων.
- Παραγωγή θερμικής ενέργειας (θερμότητας ) 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 όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη ( σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι ).

- Διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα υψηλά τον χειμώνα ( και αντίστοιχα σε χαμηλά επίπεδα το καλοκαίρι ), με αποτέλεσμα τη μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά τη χρήση του κτιρίου.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών, γενικότερα, όπως προκύπτει από τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου-περιβάλλοντος. Η δε θερμική λειτουργία ενός κτιρίου αποτελεί μία δυναμική κατάσταση, η οποία :

- Εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους ( την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, τη βλάστηση, το σκιασμό από άλλα κτίρια ), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου ( κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία κτλ.) και
- Βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και ( κατ' επέκταση ) των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από τη λειτουργία του κτιρίου.

### 1.2.3.Κριτήρια εφαρμογής

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

Ο βαθμός στον οποίον ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σήμερα αξιοποιεί το τοπικό κλίμα ποικίλει, γεγονός που παρέχει μία ευελιξία ως προς τους τρόπους αρχιτεκτονικής έκφρασης και δυνατοτήτων εφαρμογής μέσα από πολύ απλές τεχνικές και επεμβάσεις έως και πολύπλοκα παθητικά ηλιακά συστήματα. Είναι δε, ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική των περισσότερων διακεκριμένων αρχιτεκτόνων και μελετητών διεθνώς – με έργα παραδείγματα ( ή και πειραματισμούς ) που αποτελούν πρότυπες εφαρμογές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής οι οποίες αποδεικνύουν τα πολλαπλά οφέλη που προκύπτουν από τη συμβίωση με το περιβάλλον και το κλίμα.

### 1.2.4.Εφαρμογή συστημάτων βιοκλιματικού σχεδιασμού

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης, ως μέρος του βιοκλιματικού σχεδιασμού, σε τρία προκατασκευασμένα κτίσματα στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Σε κάθε ένα από αυτά τοποθετήθηκε από ένα παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης(αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 10).

Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης 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.

Αυτές τις ιδιότητες των παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης θελήσαμε να τις εξακριβώσουμε στην πράξη, τοποθετώντας, όπως προαναφέρθηκε από ένα παθητικό ηλιακό σύστημα σε κάθε κτίσμα. Πιο συγκεκριμένα, τοποθετήθηκε ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης, τύπου Trombe, ένας ηλιακός χώρος, τύπου θερμοκήπιο και ένα σύστημα άμεσου κέρδους, δηλαδή παράθυρο. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας, μέσω θερμοϋγρομέτρων που τοποθετήθηκαν σε διάφορα σημεία των κτισμάτων. Οι μετρήσεις αυτές έδωσαν μια εικόνα διακύμανσης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κτισμάτων ως αποτέλεσμα της θέσης των κτισμάτων σε συνδυασμό με τις ιδιότητες του κάθε παθητικού ηλιακού συστήματος αλλά και τις ιδιότητες των υλικών από τα οποία αποτελούνται.

Τα συμπεράσματα της εν λόγω εφαρμογής λοιπόν, εξήχθησαν συγκρίνοντας τις ιδιότητες των διαφόρων συστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των μετρήσεων θερμοκρασίας, της ενέργειας δηλαδή που αποδίδει το κάθε παθητικό ηλιακό σύστημα στο κτίσμα, σε συνδυασμό με τις εξωτερικές θερμοκρασίες που επικράτησαν στην περιοχή το εν λόγω χρονικό διάστημα.

**Βιβλιογραφία**

- [1]Le Corbusier (1924). Une Petite Maison. Le Corbusier Aux Editions d' Architecture, Zurich.
- [2]Leon Batista Alberti : [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- Roaf, S., et al. «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Τσίππρας Στ., Κώστας & Θέμης, «Οικολογική Αρχιτεκτονική», Κέδρος 2005

## 2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 2.1.Εισαγωγή

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων ( κατοικιών και γραφείων ), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση ολοένα και αυξάνεται. Στις μέρες μας το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που καταναλώνουμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίες αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας, που προέρχεται από αυτές τις πηγές, δημιουργεί μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα, με αιχμή τους το γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

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

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή χρήση του 1979 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίηση τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές. Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

Εύλογο θα ήταν να αναφερθεί ότι η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματικά εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.



## 2.2.Συμβατικές πηγές ενέργειας

Οι συμβατικές ή μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αποκαλούνται έτσι γιατί δεν είναι δυνατόν να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Η διαδικασία σχηματισμού τους διαρκεί εκατομμύρια χρόνια, σε αντίθεση με την κατανάλωσή τους, η οποία μπορεί να συντελεσθεί σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα.

Οι συμβατικές πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν :

- Τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων, όπως λιγνίτη, ανθρακίτη, τύρφη.
- Τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε με κατεργασία, όπως μαζούτ, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη κλπ.
- Τα αέρια καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο, υγραέριο κλπ.
- Την πυρηνική ενέργεια που παίρνουμε από τη σχάση ραδιενεργών υλικών.

**Άνθρακας** : Ο άνθρακας παράγεται από την αποσύνθεση φυτών και έχει τη μορφή μαύρης ή καφέ πέτρας. Η συλλογή του άνθρακα γίνεται στα ανθρακωρυχεία τα οποία ευθύνονται για σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς τοξικές χημικές ουσίες απελευθερώνονται στο γύρω περιβάλλον και διηθούνται σε κοντινές πηγές. Μεγάλα ποσοστά των εκπομπών διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του άνθρακα και οξειδίων του αζώτου παράγονται από την καύση του άνθρακα. Οι ποσότητες αυτές συνεισφέρουν σημαντικά στις αλλαγές του κλίματος του πλανήτη, εφόσον είναι οι κύριες αιτίες πρόκλησης του φαινομένου του θερμοκηπίου.

**Πετρέλαιο** : Η καύση του πετρελαίου προκαλεί λιγότερη μόλυνση σε σχέση με την καύση του άνθρακα, αλλά εν τούτοις αρκετά σημαντική. Ο λεγόμενος ‘Μαύρος Χρυσός’ χρησιμοποιείται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο τόσο για την κίνηση οχημάτων όσο και για τη θέρμανση. Η επερχόμενη εξάντληση των αποθεμάτων του καθιστά ολοένα και πιο σημαντική την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος σε παγκόσμια κλίμακα.

**Φυσικό Αέριο** : Πρόκειται για μία φθηνή και φιλική προς το περιβάλλον λύση, αλλά όχι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Παρόλο που υπάρχουν αρκετά αποθέματα φυσικού αερίου για δεκαετίες, δεν παύουν να είναι πεπερασμένα. Η χρησιμοποίησή του παράγει βέβαια επιβλαβή αέρια, αλλά πολύ λιγότερα σε σχέση με άλλα συμβατικά καύσιμα.

**Πυρηνική Ενέργεια** : Η πυρηνική ενέργεια παράγεται από τη διάσπαση ατόμων ουρανίου και πλουτωνίου. Παρόλο που στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχουν εκπομπές επιβλαβών αερίων, εγκυμονούν σοβαροί κίνδυνοι για την υγεία και το περιβάλλον. Ένα ενδεχόμενο ατύχημα σε πυρηνικές εγκαταστάσεις θα απελευθερώσει ραδιενεργό υλικό στην ατμόσφαιρα με καταστροφικά αποτελέσματα, αντίστοιχα με αυτά του Τσερνομπίλ. Ένα επίσης σοβαρό πρόβλημα είναι η ασφαλής αποθήκευση πυρηνικών αποβλήτων. Η

πυρηνική διάσπαση δημιουργεί προϊόντα που παραμένουν ραδιενεργά για χιλιάδες χρόνια, ενώ καθίσταται αδύνατο να εγγυηθεί κανείς την ασφαλή αποθήκευση των αποβλήτων αυτών για μια τόσο μεγάλη χρονική περίοδο.

### 2.3.Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχεται από τις διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, η βιομάζα, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος ‘ήπιες’ αναφέρεται σε δύο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχήν, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση, καύση όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες συμβατικές πηγές ενέργειας αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Επίσης, πρόκειται για ‘καθαρές’ μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, που δεν αποδεδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα και κατά συνέπεια δεν συμβάλλουν στο πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών, που τόσο πολύ απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα.

Ως ανανεώσιμες πηγές θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών συμβατικών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Στην ουσία οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια από τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δεσεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια ‘συσκευασμένη’ κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο : η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική ενέργεια εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται από τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Ωστόσο, ο χαρακτηρισμός ‘ανανεώσιμες’ είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια, δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών, καθώς, στην προκειμένη περίπτωση, τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για τη θέρμανση) είτε μετατρέπομενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που

έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος status quo στον ενεργειακό τομέα, εμποδίζουν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. Ειδικά στην Ελλάδα, όπου υπάρχει κατάλληλο κλίμα και μορφολογία για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασσικών πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα, στην αρχή ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για περαιτέρω αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών των ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνεχώς τα τελευταία χρόνια και ειδικά η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται σε ίδια επίπεδα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

**Ηλιακή Ενέργεια** : Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται τόσο για τη θέρμανση των κτιρίων, με άμεσο ή έμμεσο τρόπο και με τη χρήση ενεργητικών ή παθητικών συστημάτων, όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους : 1) με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και 2) με ηλιακά θερμικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να θερμάνουν ένα υγρό το οποίο παράγει ατμό ο οποίος τροφοδοτεί μία τουρμπίνα και μία γεννήτρια.

**Αιολική Ενέργεια** : Η αιολική ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία παρέχει δυναμικό για μεγάλης κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανεμογεννητριών χωρίς σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι ανεμογεννήτριες ( οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα ) χρησιμοποιούνται τόσο μαζί με μπαταρία σε μικρές εγκαταστάσεις όσο και συμπληρωματικά μαζί με φωτοβολταϊκά στοιχεία και είναι τις περισσότερες φορές συνδεδεμένες με το δίκτυο. Η απελευθέρωση της ενέργειας, το 2001, έχει οδηγήσει στην κατασκευή πολλών αιολικών πάρκων ανά την Ελλάδα.

**Βιομάζα** : Βιομάζα ονομάζονται τα κατάλοιπα διαφόρων διεργασιών που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, τα οποία χρησιμοποιούνται για θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και κίνηση. Τα κατάλοιπα αυτά μπορεί να είναι από αστικά σκουπίδια, από την αγροτική παραγωγή ( υπολείμματα ξυλείας, σοδειάς, ζωικά απόβλητα ) καθώς επίσης και υποπροϊόντα βιομηχανικής παραγωγής (από επεξεργασία τροφίμων ή οργανικών υλών ). Με κατάλληλη επεξεργασία, η βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο ( biofuel ). Με την καύση του αερίου αυτού παράγεται ηλεκτρική ενέργεια με μεγάλη απόδοση αλλά και μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις παράλληλα. Η τεχνολογία αυτή παρέχει το μέγιστο δυναμικό για παραγωγή ενέργειας σε

πανευρωπαϊκό επίπεδο. Η καύση όμως τελικά δεν μπορεί να τη χαρακτηρίσει σαν καθαρή για το περιβάλλον.

**Γεωθερμική Ενέργεια :** Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται με τη μετατροπή ζεστού νερού ή υδρατμού που βρίσκεται σε αρκετό βάθος από την επιφάνεια της γης, σε ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 25-350°C . Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων κλπ. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία ( πάνω από 150 ), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χώρα μας, λόγω της διαμόρφωσης του υπεδάφους της, είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια. Στην περιοχή του νότιου Αιγαίου οι θερμοκρασίες των γεωθερμικών ρευστών είναι πολύ υψηλές, ενώ περιοχές πλούσιες σε γεωθερμία, με ρευστά χαμηλότερων θερμοκρασιών, είναι διάσπαρτες σε ολόκληρη τη χώρα.

**Κυματική Ενέργεια :** Είναι μορφή ενέργειας που προκύπτει από την κινητική ενέργεια των κυμάτων. Το φαινόμενο των ανέμων έχει ως συνέπεια το σχηματισμό κυμάτων τα οποία είναι εκμεταλλεύσιμα σε περιοχές με υψηλό δείκτη ανέμων και σε ακτές ωκεανών.

**Παλιρροϊκή Ενέργεια :** Είναι η μορφή ενέργειας που προκύπτει από τη βαρυτική έλξη της σελήνης και της γης και η οποία είναι εκμεταλλεύσιμη κατά τη διαφορά του ύψους της επιφάνειας της στάθμης των νερών – άμπωτη και πλημμυρίδα.

**Υδροηλεκτρική Ενέργεια :** Στα υδροηλεκτρικά έργα, η ενέργεια από την πτώση του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, με τη βοήθεια μίας τουρμπίνας. Παρόλο που στα υδροηλεκτρικά έργα δεν παράγονται επιβλαβή αέρια, στα μεγάλα φράγματα λαμβάνονται υπόψη και άλλες περιβαλλοντικές παράμετροι, όπως αντιπλημμυρικά έργα, η ποιότητα του ύδατος, καθώς επίσης και η επιρροή στη ζωή των ψαριών του ποταμού και των υπόλοιπων ζώων της περιοχής. Κατά συνέπεια, μόνο τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα ( με δυναμικό λιγότερο των 30 MW ) θεωρούνται ‘πράσινα’ , ενώ τα μεγάλης κλίμακας θεωρούνται απλώς ‘καθαρά’.

### 2.3.1.Πλεονεκτήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι :

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του φαινομένου του

- θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
  - Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
  - Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών ( π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή ).
  - Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
  - Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
  - Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων ( π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας ).
  - Μπορούν να βοηθήσουν στην ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
  - Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας ( καταρχήν για την ύπαιθρο ) αλλά και για τη μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
  - Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.

### **2.3.2.Μειονεκτήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

Τα κύρια μειονεκτήματα των ΑΠΕ είναι :

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.

- Για τον ίδιο λόγο , προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και η απόδοση της αιολικής, ηλιακής και υδροηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη και ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης ( π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα ) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν ξεπεραστεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό και έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

**Βιβλιογραφία**

- Διαδίκτυο : Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)
- Διαδίκτυο : Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- Διαδίκτυο : [www.wikipedia.gr](http://www.wikipedia.gr)
- Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Olivier, D., (1992), Energy Efficiency and Renewables : Recent Experience on Mainland Europe. Energy Advisory Associates

### 3. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

#### 3.1.Εισαγωγή

Ο Ήλιος έχει διάμετρο κάπου 108 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της Γης, η οποία βρίσκεται επίσης 108 ‘ηλιακές διαμέτρους’ μακριά του. Εξαιτίας της μεγάλης απόστασης και του μικροσκοπικού μεγέθους της, η Γη δέχεται λιγότερο από μισό δισεκατομμυριοστό της ενέργειας που συνεχώς εκπέμπει ο Ήλιος. Αυτό το ελάχιστο ποσοστό αποτελεί το θεμέλιο της ζωής στη Γη, καθώς επίσης και την κινητήρια δύναμη των καιρικών φαινομένων και γενικότερα του κλίματος.

Ο Ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται στον πυρήνα του από τη σύντηξη του υδρογόνου και τη μετατροπή του στο στοιχείο ήλιο, ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα. Παρότι αυτό συμβαίνει συνεχώς εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια, ο ήλιος αποτελείται ακόμη κατά 70% από υδρογόνο. Επομένως για πολλά εκατομμύρια χρόνια ακόμα δεν αναμένεται να υπάρξει μείωση της ενέργειας που ακτινοβολείται από αυτόν.

**Ηλιακή ενέργεια** χαρακτηρίζεται το σύνολο των διάφορων 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 ακτινοβολία που εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα είναι αυτή που προκαλεί την εξάτμιση του νερού, κινεί τον αέρα και τα θαλάσσια ρεύματα, δημιουργεί τα καιρικά φαινόμενα. Μετασχηματίζεται σε χημική ενέργεια με τη φωτοσύνθεση, είναι υπεύθυνη για τη ζωή στη Γη και έχει δημιουργήσει στο πέρασμα των αιώνων τα ορυκτά καύσιμα.

Παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας είναι παντού σταθερή, δε συμβαίνει το ίδιο με αυτή που φτάνει στο έδαφος. Αυτή εξαρτάται από την εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας, την παρουσία νεφών, ομίχλης και σκόνης, ενώ εξασθενεί τόσο περισσότερο όσο μικρότερη είναι η γωνία πρόσπτωσης της στην επιφάνεια του εδάφους και συνεπώς, μεγαλύτερη η διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Αυτός ο παράγοντας είναι και ο σημαντικότερος για τη διαμόρφωση της μέσης έντασης της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στο έδαφος. Γι’ αυτό, άλλωστε, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο μιας περιοχής παίζουν τόσο σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού σ’ αυτήν, καθώς επίσης και των εποχών στα δύο ημισφαίρια της Γης. Όσο πιο κοντά στον ισημερινό βρίσκεται η περιοχή, τόσο μικραίνει η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας και αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης έως τις 90°, με αποτέλεσμα οι συνέπειές της να γίνονται πιο έντονες.

Από αυτή την άποψη, η Ελλάδα είναι μία από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας. Στο μεγαλύτερο τμήμα της, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες ετησίως. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή, σε όλη την ελληνική



επικράτεια, η οικονομικά επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θερμικές χρήσεις.

### 3.2. Χρήση ηλιακής ενέργειας

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για :

- Την άμεση παραγωγή θερμότητας μέσω ενεργητικών και παθητικών συστημάτων. Αν η παραγόμενη θερμότητα είναι υψηλής θερμοκρασίας, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού και στη συνέχεια μηχανικής ενέργειας ( με αμοστροβίλους ). Η μηχανική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτήν την περίπτωση αναφερόμαστε σε θερμική παραγωγή ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια.
- Την άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την εκμετάλλευση του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Αναλυτικότερα,

- Τα ενεργητικά ή θερμικά ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανολογικά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση του νερού σε πισίνες κλπ. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, τα οποία αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συνδυάζονται και με τεχνικές φυσικού φωτισμού καθώς και με παθητικά συστήματα και τεχνικές για τον φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι. Μπορούν δε να εφαρμοστούν τόσο σε καινούργια, όσο και σε υπάρχοντα κτίρια.
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β ) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, λύνοντας έτσι το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης περιοχών που είναι δύσκολο να πάρουν ρεύμα από το ηλεκτρικό δίκτυο ( απομονωμένα σπίτια, φάροι κ. α. ). Η παραγωγή ενέργειας με φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να

συνεισφέρει σημαντικά στην αποτελεσματική και μακροχρόνια προστασία του περιβάλλοντος από την εξάντληση των ενεργειακών πόρων και τη ρύπανσή του.

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνιστάται για τους εξής λόγους :

- Αξιοπιστία : είναι μια καθ' όλα ώριμη και δοκιμασμένη τεχνολογία
- Αποκέντρωση : η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι οι τεράστιες απώλειες από τη μεταφορά της ενέργειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου.
- Αυτονομία : αποτρέπονται οι τεράστιες δαπάνες για εισαγωγή ενέργειας και η ανασφάλεια λόγω εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους, τη στιγμή που ο ήλιος είναι δωρεάν και υπάρχει παντού.
- Ανάπτυξη : η ενίσχυση της εγχώριας αγοράς αυξάνει την ποιότητα των ελληνικών προϊόντων προκειμένου να αντιμετωπίσουν το ανταγωνιστικότερο περιβάλλον των εξαγωγών.
- Θέσεις εργασίας : η ανάπτυξη της αγοράς συνεπάγεται νέες θέσεις εργασίας σε μία καθαρή τεχνολογία.
- Ευκολία : η τοποθέτηση ενός ηλιακού συλλέκτη είναι απλή. Η δε συντήρηση που απαιτεί είναι ελάχιστη.
- Εξοικονόμηση χρημάτων : για τον απλό καταναλωτή, ο ηλιακός θερμοσίφοντας η πιο απλή και συμφέρουσα λύση για να περικόψει τους λογαριασμούς ρεύματος.
- Εξοικονόμηση ενέργειας : για την Ελλάδα η εξοικονόμηση που ήδη συντελείται είναι πολύ σημαντική. Οι εγκατεστημένοι ηλιακοί συλλέκτες εξοικονομούν ήδη δισεκατομμύρια κιλοβατώρες το χρόνο. Χωρίς αυτούς θα υπήρχε ένα σημαντικό έλλειμμα ισχύος, ιδιαίτερα στα απομονωμένα ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία θα αντιμετώπιζαν έτσι συχνές διακοπές ρεύματος, ιδίως κατά την καλοκαιρινή τουριστική περίοδο.
- Προστασία περιβάλλοντος : αποτρέπεται η έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.
- Κλιματικές αλλαγές : αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές.

Ωστόσο, η ηλιακή ενέργεια έχει δύο σημαντικά μειονεκτήματα :

- Είναι διάχυτη σε όλη την επιφάνεια της γης και για να συγκεντρωθούν αξιόλογες ποσότητες, χρειάζονται δαπανηρές εγκαταστάσεις.
- Δεν είναι πάντα διαθέσιμη όταν χρειάζεται.

### 3.3.Ηλιοθερμία

Ο ήλιος αποτελεί πηγή ζωτικής ενέργειας και είναι ένα ελεύθερο αγαθό το οποίο χαρίζει φως και θερμότητα. Στη χώρα μας υπάρχει σε αφθονία και ακτινοβολεί μια μεγάλη ποσότητα ενέργειας με μηδενικό κόστος και χωρίς βλαβερές εκπομπές για το περιβάλλον.

- Η **ηλιοθερμία** είναι η μέθοδος με την οποία αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για χρήση στην εγκατάσταση θέρμανσης. Στις οικιακές εφαρμογές θέρμανσης το μέσο μεταφοράς θερμότητας είναι το νερό, το οποίο θερμαίνεται με την καύση πετρελαίου ή φυσικού αερίου και κυκλοφορεί στα θερμαντικά σώματα ή στη θέρμανση δαπέδου. Το νερό της θέρμανσης μπορεί να θερμανθεί μέσω της ηλιακής ενέργειας κατά μεγάλο ποσοστό, ανάλογα με την εγκατάσταση, με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση του καταναλισκόμενου καυσίμου. Ειδικά στην Ελλάδα, όπου υπάρχει έντονη ηλιακή ακτινοβολία ακόμα και τους χειμερινούς μήνες, η εφαρμογή της ηλιοθερμίας είναι πολύ αποδοτική.

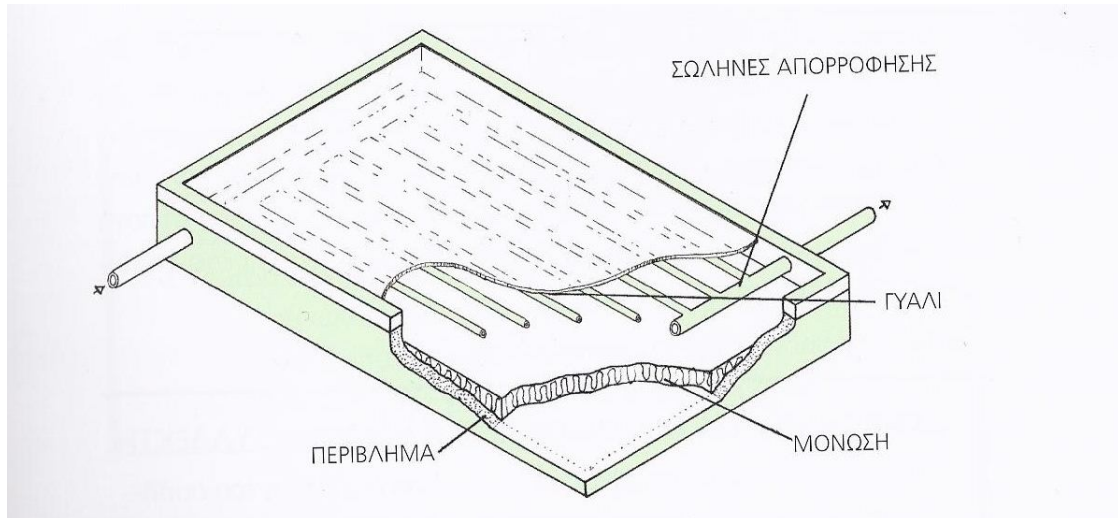
Η βασική αρχή ενός ηλιοθερμικού συστήματος είναι ότι εγκαθίσταται και λειτουργεί συνεισφέροντας στη θέρμανση με χρήση άλλων καυσίμων (της βασικής εγκατάστασης) και όχι καταργώντας την. Ο βαθμός συνεισφοράς και κατ' επέκταση μείωσης της χρήσης καυσίμων εξαρτάται από το μέγεθος της εγκατάστασης, τη γεωγραφική θέση και άλλους παράγοντες. Για παράδειγμα, ένα ηλιοθερμικό σύστημα σε εφαρμογή θέρμανσης δαπέδου στην Κρήτη, θα μπορεί να αναλάβει σχεδόν εξ' ολοκλήρου τα θερμικά φορτία, μηδενίζοντας τη χρήση πετρελαίου, ενώ το ποσοστό συνεισφοράς θα είναι σαφώς μικρότερο σε κάποια περιοχή της Μακεδονίας, όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι μειωμένη, παρ' όλα αυτά η συνεισφορά θα είναι σε επίπεδα άνω του 50%, μείωση που είναι πολύ σημαντική για τις καταναλώσεις καυσίμων και την καθημερινή οικιακή οικονομία.

Τα πλεονεκτήματα της ηλιοθερμίας είναι :

- Εξοικονόμηση καυσίμου.
- Μείωση ρύπων.
- Μειωμένη συντήρηση.
- Πολύ γρήγορη απόσβεση της επένδυσης.
- Αισθητικό αποτέλεσμα.
- Δεν καταργείται το υπάρχον σύστημα θέρμανσης.
- Πολύ μικρές επεμβάσεις στις υφιστάμενες κατοικίες.

### 3.3.1. Ηλιοθερμικά συστήματα

Τα ηλιοθερμικά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (Εικόνα 3.1) και τη μετατρέπουν σε θερμική ενέργεια, η οποία μπορεί να παράξει ηλεκτρισμό. Υπάρχουν διάφορα είδη ηλιοθερμικών συστημάτων και η διαφορά τους έγκειται στο βαθμό θερμότητας που μπορούν να παράξουν, διακρίνονται δηλαδή σε χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας συλλέκτες.



Εικόνα 3.1 Ηλιακός συλλέκτης

Οι χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας συλλέκτες είναι επίπεδες πλάκες που παγιδεύουν την ηλιακή ενέργεια, χρησιμοποιώντας το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», για να ζεστάνουν νερό μέσα στο πλαίσιο. Αυτά τα συστήματα δεν παράγουν ηλεκτρισμό αλλά ζεστό νερό για οικιακή ή βιομηχανική χρήση.

Αντίθετα, οι υψηλής θερμοκρασίας συλλέκτες συγκεντρώνουν την ηλιακή ενέργεια με κάτοπτρα ή φακούς σε ένα ντεπόζιτο νερού μετατρέποντάς το σε ατμό, ο οποίος κινεί ατμογεννήτρια η οποία στη συνέχεια παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Για να λειτουργήσουν αποδοτικά, τα ηλιοθερμικά συστήματα, απαιτείται άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους συλλέκτες ή τα κάτοπτρα. Εάν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια η απόδοσή τους μειώνεται αισθητά. Αυτή είναι και μία βασική διαφορά των ηλιοθερμικών συστημάτων σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν χρειάζονται ηλιοφάνεια για να παράξουν ηλεκτρισμό. Παρ' όλα αυτά, τα ηλιοθερμικά συστήματα είναι πιο αποδοτικά καθώς μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια

πρώτα σε θερμική και μετέπειτα σε ηλεκτρική, ενώ τα φωτοβολταϊκά τη μετατρέπουν απευθείας σε ηλεκτρική.

### **3.3.1.1.Ηλιοθερμικά συστήματα για οικιακή χρήση**

Ο τρόπος λειτουργίας και η αρχιτεκτονική των οικιακών ηλιοθερμικών συστημάτων είναι αρκετά απλός. Αποτελούνται από έναν ηλιακό συλλέκτη, έναν ταμιευτήρα και ένα σύστημα σύνδεσης με το κεντρικό δίκτυο. Ο ηλιακός συλλέκτης απαρτίζεται από μια απορροφητική πλάκα, η οποία περιέχει αγωγούς από τους οποίους διέρχεται το προς τη θέρμανση ρευστό. Η απορροφητική πλάκα περιέχεται σε ένα αεροστεγές και αδιάβροχο πλαίσιο, το οποίο είναι καλυμμένο από την πλευρά του ήλιου με γυαλί ή διαφανές ανθεκτικό πλαστικό και από την άλλη πλευρά, με θερμομονωτικό υλικό. Η απορροφητική πλάκα για να απορροφά το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μαύρου χρώματος και ματ και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της προκύπτουν από ποικίλες τεχνικές (ηλεκτροχημικές κ.ά.), προκειμένου να αυξηθεί η απορροφητικότητα της πλάκας. Οι ηλιακοί συλλέκτες διακρίνονται σε επίπεδους συλλέκτες και σε συλλέκτες κενού. Ο ταμιευτήρας κατασκευάζεται με τον ίδιο τρόπο που κατασκευάζονται οι συμβατικοί θερμοσίφωνες. Αποτελείται, δηλαδή, από ένα μεταλλικό κύλινδρο, ο οποίος περιέχει θερμομονωτική επένδυση, για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του ρευστού.

### **3.3.1.2.Ηλιοθερμικά συστήματα για βιομηχανική χρήση**

Τα ηλιοθερμικά συστήματα που προορίζονται για κεντρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας έχουν διαφορετική αρχιτεκτονική και κατασκευή. Αυτές οι μονάδες χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού για τη βιομηχανία, την τηλεθέρμανση οικισμών, τον ηλιακό κλιματισμό και κυρίως για την ηλιοθερμική παραγωγή ηλεκτρισμού.

Αξιοποιούνται σε ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία, αθλητικά κέντρα, συγκροτήματα κατοικιών, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά όχι για οικιακή χρήση, καθώς οι απαιτήσεις σε χώρο και εξοπλισμό είναι πολύ μεγάλες. Για τη λειτουργία τους αξιοποιούν ένα σύστημα κεντρικού ελέγχου με θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες (ίδιας

φιλοσοφίας με τα οικιακά συστήματα αλλά μεγαλύτερης έκτασης), ταμειυτήρες, καθώς και κυκλοφορητές του ρευστού.

Επίσης, επειδή λειτουργούν σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τα φωτοβολταϊκά, μπορούν να αποθηκεύσουν ενέργεια με τη μορφή θερμότητας για την αδιάλειπτη παροχή ενέργειας. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση αλάτων που λιώνουν όταν υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας και αποδίδουν τη θερμική τους ενέργεια όταν υπάρχει ανάγκη.

### 3.3.2.Λειτουργία ηλιακού συλλέκτη

Ένας ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από ένα διαφανές κάλυμμα, μια επιφάνεια απορρόφησης και ένα σύστημα μεταφοράς θερμότητας, που περιλαμβάνει σωλήνες ζεστού νερού ή ζεστού αέρα.

Ένας καλός ηλιακός συλλέκτης θέρμανσης υγρού θα πρέπει να έχει ελάχιστη αναμενόμενη διάρκεια ζωής 20-30 έτη. Οι περισσότεροι συλλέκτες που είναι κατασκευασμένοι μετά το 1980 αποτελούνται από υλικά με διάρκεια ζωής 30-50 ετών, εφόσον όμως συντηρούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι καλοί ηλιακοί συλλέκτες, συνήθως, διαθέτουν χάλκινους σωλήνες νερού (σωλήνες και αγωγούς), ένα σκληρυμένο γυάλινο κάλυμμα και ένα μονωμένο μεταλλικό περίβλημα.

Αν και ένα μικρό μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω στο διαφανές κάλυμμα αντανακλάται, το μεγαλύτερο μέρος της διαπερνά το κάλυμμα, απορροφάται από την πλάκα απορρόφησης και θερμαίνει το νερό που περιέχει. Μόλις το νερό αρχίσει να γίνεται θερμότερο από το περίβλημα, η πλάκα απορρόφησης θα αρχίσει να χάνει θερμότητα και να τη μεταδίδει στο περίβλημά της. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τοποθετείται μόνωση κάτω από την πλάκα : η θερμότητα που χάνεται να μη μεταφέρεται μέσω αγωγής, αγωγιμότητας και ακτινοβολίας στη στέγη που βρίσκεται από κάτω. Σε περιοχές όπου το νερό θερμαίνεται σε θερμοκρασίες πολύ μεγαλύτερες από τη θερμοκρασία του αέρα, η απώλεια θερμότητας από την πλάκα απορρόφησης μπορεί να είναι πολύ υψηλή και να πρέπει να χρησιμοποιηθούν διπλά τζάμια για να μπορέσει το διαφανές κάλυμμα να διατηρήσει αυτή τη θερμότητα. Αυτό συμβαίνει ανεξάρτητα από το γεγονός ότι το διπλό φύλλο γυαλιού μπορεί να μεταδίδει μόνο το 70% περίπου της θερμότητας που δέχεται πάνω στην πλάκα απορρόφησης. Τα είδη των συλλεκτών ποικίλλουν, από ένα απλό μαύρο λάστιχο έως έναν πολύ εξεζητημένο συλλέκτη με σωλήνες κενού, ο οποίος είναι πιο αποτελεσματικός από τον πιο συνηθισμένο επίπεδο συλλέκτη στην απορρόφηση θερμότητας από έναν νεφελώδη ουρανό. Κατά την επιλογή του συλλέκτη που θα χρησιμοποιηθεί στο κάθε κτίριο θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η απόδοσή του.

### 3.3.2.1. Το σύστημα μετάδοσης της θερμότητας

Πρόκειται για τους αγωγούς που μεταφέρουν το ζεστό νερό από το συλλέκτη στη δεξαμενή αποθήκευσης ή στο σημείο χρήσης. Το νερό μπορεί να μετακινηθεί κυκλικά στο σύστημα με έναν από τους εξής δύο τρόπους : με την κυκλοφορία λόγω βαρύτητας (θερμοσιφωνισμός) ή με την εξαναγκασμένη κυκλοφορία. Η απόφαση για το αν θα χρησιμοποιηθεί αντλία ή όχι, αποτελεί ένα από τα πρώτα βήματα στον σχεδιασμό ενός ηλιακού συστήματος. Όσο για το σύστημα διανομής, μπορεί να είναι άμεσο ή έμμεσο.

**Άμεσο σύστημα** είναι το σύστημα όπου το νερό της βρύσης κυκλοφορεί μέσα από τον ηλιακό συλλέκτη :

- Τα συστήματα αυτά έχουν λιγότερες απώλειες.
- Μακροπρόθεσμα, μπορεί να εμφανιστεί διάβρωση των τμημάτων του συστήματος αν διακινείται σε αυτά νερό με υψηλή συγκέντρωση αλάτων, με αποτέλεσμα την πιθανή αύξηση της απώλειας μεταφοράς.
- Σε αρκετά κλίματα απαιτούνται μη-χημικές μέθοδοι αποτροπής των ζημιών από την ψύξη (πάγωμα) του νερού.
- Σε πολλές θερμές και ηλιόλουστες περιοχές, το άμεσο σύστημα αποτελεί μια οικονομική, απλή μέθοδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και θέρμανσης του νερού κατά τη διάρκεια της ημέρας, για οικιακή χρήση το απόγευμα, μέσω μιας μεταλλικής δεξαμενής βαμμένης σε μαύρο χρώμα η οποία τοποθετείται στη στέγη.

**Έμμεσο σύστημα** είναι εκείνο που χρησιμοποιεί ένα ξεχωριστό υδραυλικό σύστημα για τη μετάδοση της θερμότητας από τους ηλιακούς συλλέκτες στον χώρο αποθήκευσης του νερού :

- Επιτρέπει τη χρήση αντιδιαβρωτικών και αντιψυκτικών υγρών (πολυπροπυλενογλυκόλη) τα οποία επιτρέπουν τη χρήση μιας ευρύτερης ποικιλίας υλικών στο συλλέκτη και τις σωληνώσεις.
- Τα συστήματα αυτά συνήθως έχουν υψηλότερο αρχικό κόστος αγοράς ή κατασκευής, αλλά είναι πιο ανθεκτικά στη διάβρωση και στις φθορές.
- Επιτρέπουν την ανάπτυξη υψηλότερων θερμοκρασιών στο νερό που συλλέγεται.
- Περιορίζουν την εναπόθεση στερεών (ιζημάτων) εντός του συλλέκτη.

### 3.3.2.2.Συστήματα κυκλοφορίας για ζεστό νερό

Ένα φυσικό θερμοσιφωνικό σύστημα :

- Το θερμό νερό ανεβαίνει πάνω από το ψυχρότερο νερό, δημιουργώντας μια διαφορά πίεσης, η οποία θα σπρώξει το συγκεκριμένο υγρό προς ένα κεκλιμένο σωλήνα.
- Με την ηλιακή ενέργεια, το θερμό νερό μπορεί να υψωθεί με φυσικό τρόπο στην κορυφή του συλλέκτη και από εκεί προς τους σωλήνες διανομής και μέσα στον αποθηκευτικό χώρο.
- Το κρύο νερό συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος του συλλέκτη, από τη βάση της δεξαμενής.
- Ο αποθηκευτικός χώρος μπορεί να τοποθετηθεί τουλάχιστον 0,5 μ πάνω από τον συλλέκτη.
- Οι σωληνώσεις θα πρέπει να σχεδιαστούν προσεκτικά, ώστε να ανεβάζουν το υγρό και να μη δυσχεραίνουν την κίνησή του, εξαιτίας της λανθασμένης επιλογής του μήκους τους.
- Δεν πρέπει να υπάρχουν απώλειες ενέργειας εξαιτίας διαρροής ή αδράνειας του συστήματος.
- Το σύστημα αυτό απαιτεί τύπους συλλεκτών για συγκεκριμένη χρήση
- Πρόκειται για ένα απλό σύστημα με χαμηλό κόστος.
- Η απόδοση του συστήματος είναι μειωμένη σε «ενδιάμεσες» καιρικές συνθήκες.
- Δεν υπάρχει ικανοποιητικός έλεγχος της υπερθέρμανσης.

Σύστημα με αντλία :

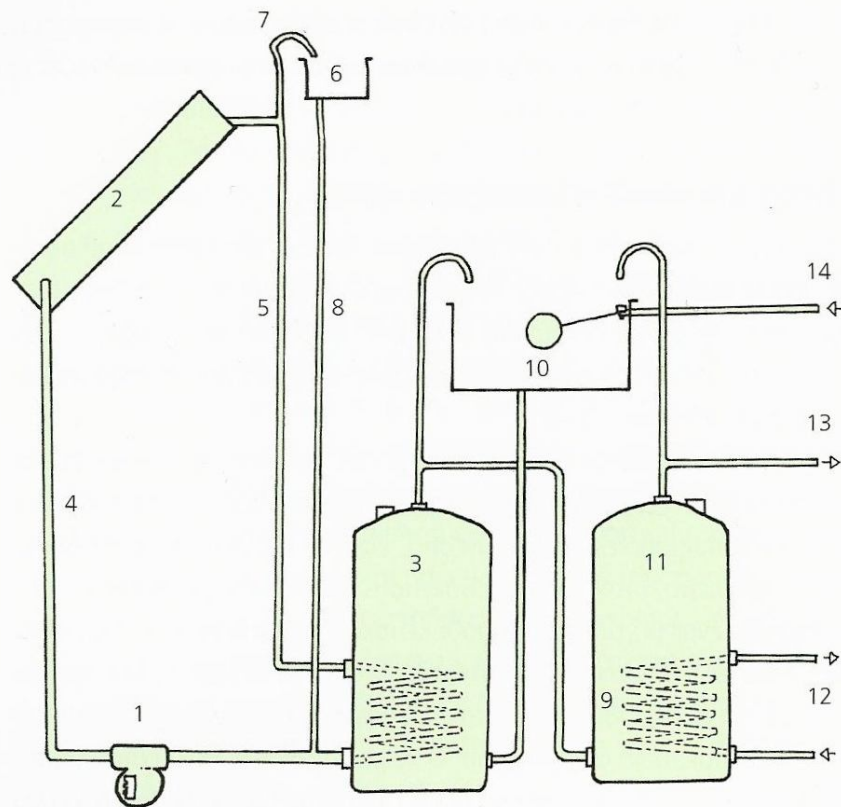
Η δύναμη για τη μετακίνηση της θερμότητας μεταξύ του συλλέκτη και του αποθηκευτικού χώρου προέρχεται από μια ηλεκτρική αντλία, η οποία :

- Επιτρέπει ευχέρεια στις επιλογές σχεδιασμού του συλλέκτη και των σωληνώσεων.
- Απομακρύνει στο βέλτιστο βαθμό τη θερμότητα από τον συλλέκτη.
- Περιορίζει τις απώλειες θερμότητας από τους αγωγούς.
- Επιτρέπει την πλήρωση πολλαπλών αποθηκευτικών χώρων με μια «έξυπνη» εναλλαγή προτεραιοτήτων.
- Επιτρέπει τον έλεγχο σε περίπτωση υπερθέρμανσης και παρέχει ολική αντιψυκτική προστασία.
- Επιτρέπει τον ακριβή υπολογισμό και έλεγχο της ροής θερμότητας.
- Διαθέτει επιλογές για άμεσες εφαρμογές Φ/Β.



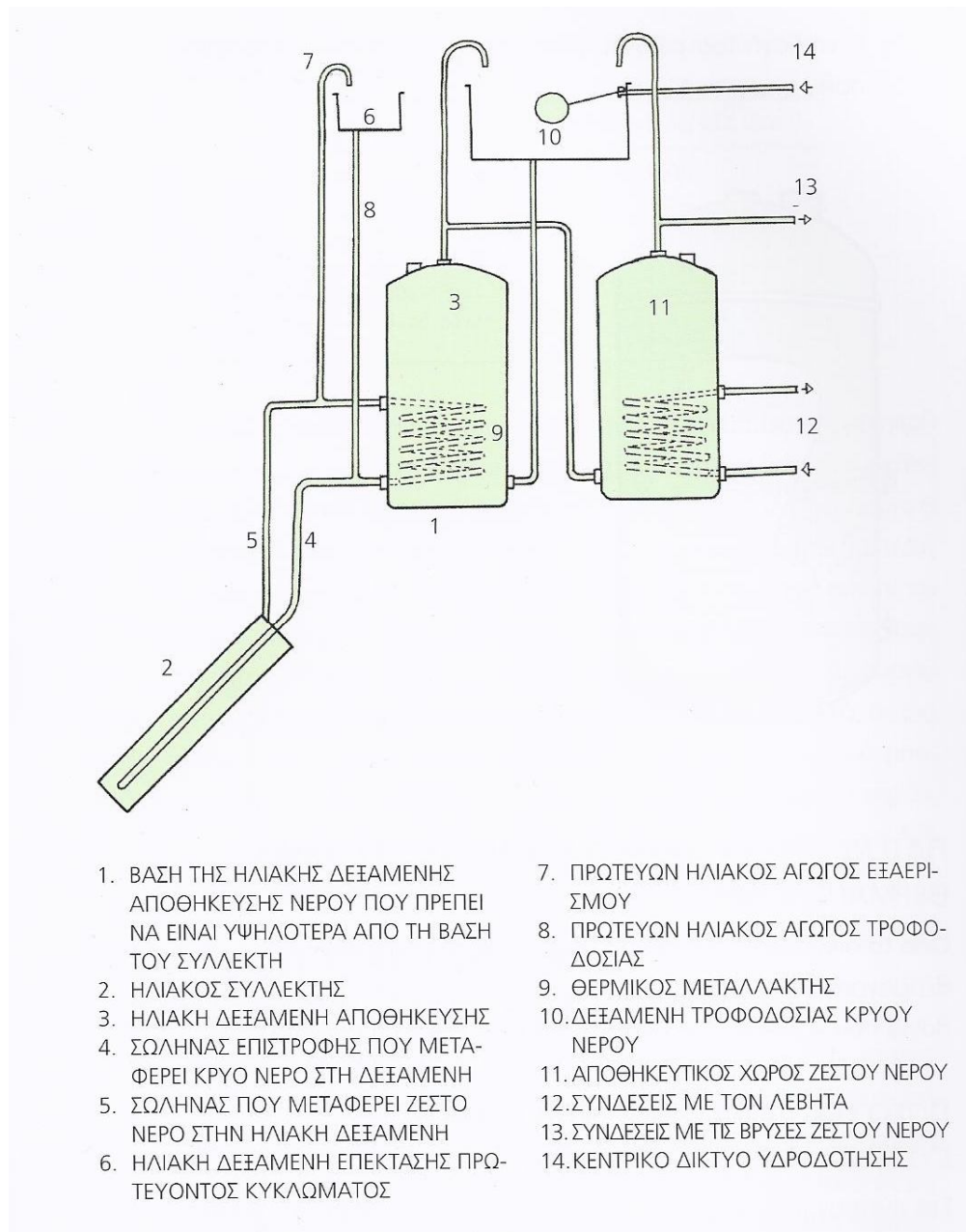
Τύποι συστημάτων :

1. **Ανοιχτός εξαερισμός** – ένας αγωγός ο οποίος είναι ανοιχτός στην ατμόσφαιρα και αποτελεί σημαντικό μέτρο προφύλαξης. Ο ανοιχτός αγωγός είναι τοποθετημένος στο υψηλότερο και θερμότερο σημείο του κυκλώματος, στο σημείο ροής από τον συλλέκτη. Αν το υγρό του συλλέκτη βράζει, η οπή εξαερισμού επιτρέπει τον ασφαλή εξαερισμό σε μια δεξαμενή συλλογής. Στα άμεσα συστήματα, η δεξαμενή μπορεί να λειτουργεί σαν χώρος αποθήκευσης νερού. Όταν η αντλία δεν λειτουργεί, αποτρέπεται η επιστροφή της θερμότητας στο συλλέκτη, ο οποίος βρίσκεται υψηλότερα από τον αποθηκευτικό χώρο, με τη βοήθεια μιας συσκευής η οποία δεν επιτρέπει την επιστροφή του υγρού και περιλαμβάνει μια βαλβίδα με ελατήριο ή κάποιο βαθούλωμα στον σωλήνα. Ένας ξεχωριστός σωλήνας τροφοδοτεί συνήθως το περιεχόμενο της δεξαμενής συλλογής κατά την επιστροφή του στο συλλέκτη. Τα συστήματα ανοιχτού εξαερισμού, αν και απλά, επιτρέπουν την εξάτμιση του υγρού και απαιτούν τακτική επιθεώρηση, ειδικά αν χρησιμοποιείται αντιψυκτικό υγρό(Εικόνα 3.2).
2. **Στεγανοποιημένα και πεπιεσμένα** – στα συστήματα αυτά, η ανοιχτή δεξαμενή αντικαθίσταται από ένα δοχείο προέκτασης το οποίο συνήθως είναι μια μικρή μεταλλική σφαίρα περίπου στο μέγεθος μιας μπάλας ποδοσφαίρου με ένα εσωτερικό διάφραγμα από καουτσούκ, το οποίο χωρίζει το δοχείο σε δύο ίσα μέρη. Το ένα μισό περιέχει αέριο υπό πίεση, όπως πχ αέρα ή άζωτο, ενώ το άλλο είναι συνδεδεμένο με το υγρό του συστήματος. Καθώς το νερό διαστέλλεται όταν θερμαίνεται, ωθείται μέσα στο δοχείο και αυτή η πρόσθετη πίεση απελευθερώνεται με κίνηση στο διάφραγμα. Το δοχείο αυτό μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε ύψος στο σύστημα(Εικόνα 3.3).
3. **Συστήματα με αντλία, κλειστού κυκλώματος** – συχνά βρίσκονται σε συστήματα drain-back (άδειασμα των συλλεκτών) και το υγρό δεν βρίσκεται απαραίτητα πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση όταν είναι κρύο. Στο δοχείο drain-back, υπάρχει πάντα μια δεξαμενή αέρα, για να συλλέγει το υγρό που διαστέλλεται. Ο συλλέκτης γεμίζει με υγρό μόνο όταν λειτουργεί αντλία. Όταν η αντλία δεν λειτουργεί, το υγρό αποστραγγίζεται σε ένα δοχείο μέσα στο σπίτι, όπου προστατεύεται από το ψύχος. Οι επιτρεπόμενες θέσεις τοποθέτησης του συλλέκτη εξαρτώνται από το μέγεθος της αντλίας και το μέγεθος του δοχείου drain-back. Δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη ανοίγματος στην ελεύθερη ατμόσφαιρα, ωστόσο εφαρμόζεται μερικές φορές σε μεγαλύτερα συστήματα για να βελτιώσει τη λειτουργία drain-back.



- |   |  |
|---|--|
| 1. ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ Ή ΑΝΤΛΙΑ                                      | 8. ΠΡΩΤΕΥΩΝ ΗΛΙΑΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ   |
| 2. ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ  | 9. ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΗΣ                  |
| 3. ΗΛΙΑΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ                                | 10. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΡΥΟΥ ΝΕΡΟΥ     |
| 4. ΣΩΛΗΝΑΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΚΡΥΟ ΝΕΡΟ ΣΤΟΝ ΣΥΛΛΕΚΤΗ   | 11. ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ     |
| 5. ΣΩΛΗΝΑΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΘΕΡΜΑΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ ΣΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ | 12. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟΝ ΛΕΒΗΤΑ              |
| 6. ΗΛΙΑΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ           | 13. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕ ΤΙΣ ΒΡΥΣΕΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ |
| 7. ΠΡΩΤΕΥΩΝ ΗΛΙΑΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ                         | 14. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ          |

Εικόνα 3.2 Έμμεσο σύστημα ανοιχτού αερισμού με αντλία



- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΥΨΗΛΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΤΗ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ</li> <li>2. ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ</li> <li>3. ΗΛΙΑΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ</li> <li>4. ΣΩΛΗΝΑΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΚΡΥΟ ΝΕΡΟ ΣΤΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ</li> <li>5. ΣΩΛΗΝΑΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ</li> <li>6. ΗΛΙΑΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>7. ΠΡΩΤΕΥΩΝ ΗΛΙΑΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ</li> <li>8. ΠΡΩΤΕΥΩΝ ΗΛΙΑΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ</li> <li>9. ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΗΣ</li> <li>10. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΡΥΟΥ ΝΕΡΟΥ</li> <li>11. ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ</li> <li>12. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟΝ ΛΕΒΗΤΑ</li> <li>13. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕ ΤΙΣ ΒΡΥΣΕΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ</li> <li>14. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ</li> </ol> |
|---|--|

Εικόνα 3.3 Έμμεσο θερμοσιφωνικό σύστημα ανοιχτού αερισμού

### 3.3.2.3.Ο χώρος αποθήκευσης ζεστού νερού

Η αποθήκευση θερμότητας είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού. Χωρίς αυτή, το ζεστό νερό θα ήταν διαθέσιμο μόνο όταν έχει ήλιο. Μια δεξαμενή αποθήκευσης επιτρέπει στο ηλιακό σύστημα να λειτουργεί όποτε υπάρχει ενέργεια και να παρέχει την ενέργεια αυτή όταν χρειάζεται.

Το μέγεθος του χώρου αποθήκευσης μπορεί να είναι είτε όσο χρειάζεται για να διατηρεί τη θερμότητα για 24 ώρες, ώστε το νερό που θερμάνθηκε το πρωί να χρησιμοποιείται το απόγευμα, είτε, σε εξαιρετικές περιπτώσεις, αρκετά μεγαλύτερο, ως χώρος αποθήκευσης για τις ενδιάμεσες εποχές. Τις ζεστές μέρες, ένας μεγαλύτερος αποθηκευτικός χώρος μπορεί να θερμαίνεται σταδιακά και να διατηρεί αυτή τη θερμότητα κατά τις νεφελώδεις ημέρες που μπορεί να ακολουθήσουν. Τα περισσότερα οικιακά συστήματα χρησιμοποιούν την ημερήσια αποθήκευση. Ο χώρος αποθήκευσης ζεστού νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως απλός παροχέας ζεστού νερού ή για να προθερμαίνει το νερό σε ένα υπάρχον οικιακό σύστημα θέρμανσης νερού.

Αν επιλεγεί άμεσο σύστημα, παράλληλα με το χώρο αποθήκευσης θα χρειαστεί και ένας εναλλάκτης θερμότητας. Ο εναλλάκτης διαχωρίζει το υγρό που ρέει μέσα στους συλλέκτες από εκείνο που ρέει στη βρύση του σπιτιού. Θα πρέπει να επιτρέπει, επίσης, στη θερμότητα που απορροφάται μέσα στους συλλέκτες να περνάει στο νερό που αποθηκεύεται στη δεξαμενή.

### 3.3.2.4.Η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας

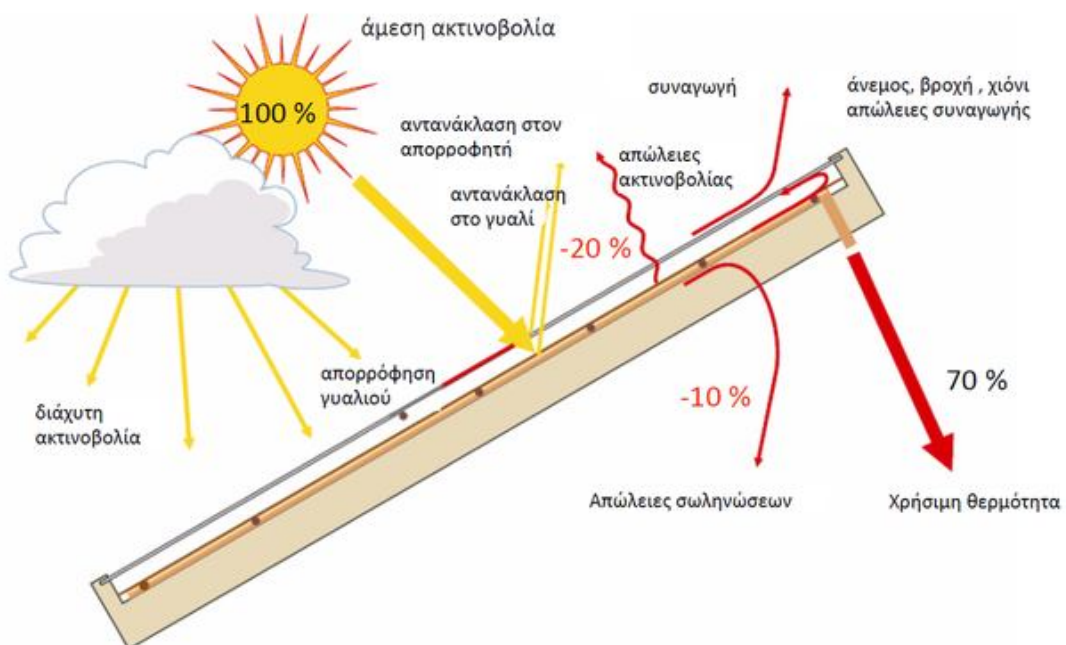
Η αρχή λειτουργίας ενός συλλέκτη κενού είναι ότι η ακτινοβολία μεταφέρεται και παγιδεύεται εντός του σωλήνα κενού και ζεσταίνει μια θερμοαγώγιμη ράβδο. Η θερμότητα λόγω του κενού δεν μπορεί να διαφύγει κατά τις κρύες ώρες, καθώς το κενό απαγορεύει τη μετάδοση με συναγωγή. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα ηλιοθερμικά συστήματα κενού έχουν 2 έως 4 φορές μεγαλύτερη απόδοση το χειμώνα σε σχέση με τους κλασσικούς θερμοσίφωνες. Η ηλιακή ακτινοβολία παγιδεύεται εντός των σωλήνων και θερμαίνει το εξαιρετικά θερμοαγώγιμο μέταλλο. Η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με ακτινοβολία οπότε και αυστηρά μόνο από τον ήλιο στο συλλέκτη. Αυτό εκμηδενίζει τις ενεργειακές απώλειες. Τα θερμοαγώγιμα μέταλλα, ως πλέον ηλιακές αντιστάσεις σε σειρά, μεταφέρουν τη θερμότητα εντός ενός θερμοδοχείου ή κολεκτέρ, ανάλογα με την εφαρμογή, όπως αναλύθηκε παραπάνω.



Εικόνα 3.4. Συλλέκτες κενού

### 3.3.2.4.1. Πλεονεκτήματα συλλεκτών κενού

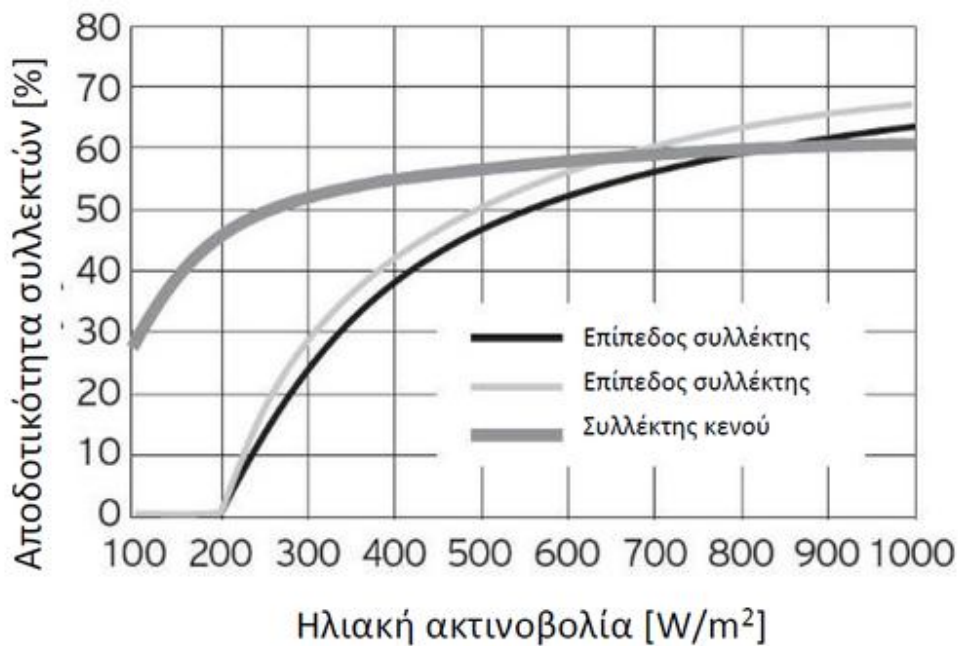
1. Σταθερή απόδοση σε κάθε γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.
2. Καμία απώλεια με συναγωγή.
3. Καμία απώλεια με ακτινοβολία.
4. Καμία απώλεια στις σωληνώσεις του ηλιοθερμικού συστήματος.
5. Κανένας κίνδυνος από παγετό.
6. Κανένα πρόβλημα διαρροής.
7. Καμία πτώση πίεσης λόγω ροής ρευστού.



Εικόνα 3.5. Απώλειες παλαιών τύπου συλλεκτών κενού

### 3.3.2.4.2. Αποδόσεις συλλεκτών κενού

Οι συλλέκτες κενού (διάγραμμα 3.1) είναι κατά πολύ αποδοτικότεροι των απλών συλλεκτών, κυρίως σε χαμηλής έντασης ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό σημαίνει ότι κατά την χειμερινή περίοδο, που μεγιστοποιείται η ζήτηση για παραγωγή ζεστού νερού, οι συλλέκτες κενού μας προσφέρουν και το μεγαλύτερο θερμικό κέρδος από οποιονδήποτε άλλο συλλέκτη. Ο συλλέκτης κενού συνδυάζεται άριστα με συστήματα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών, όπως ενδοδαπέδια θέρμανση.



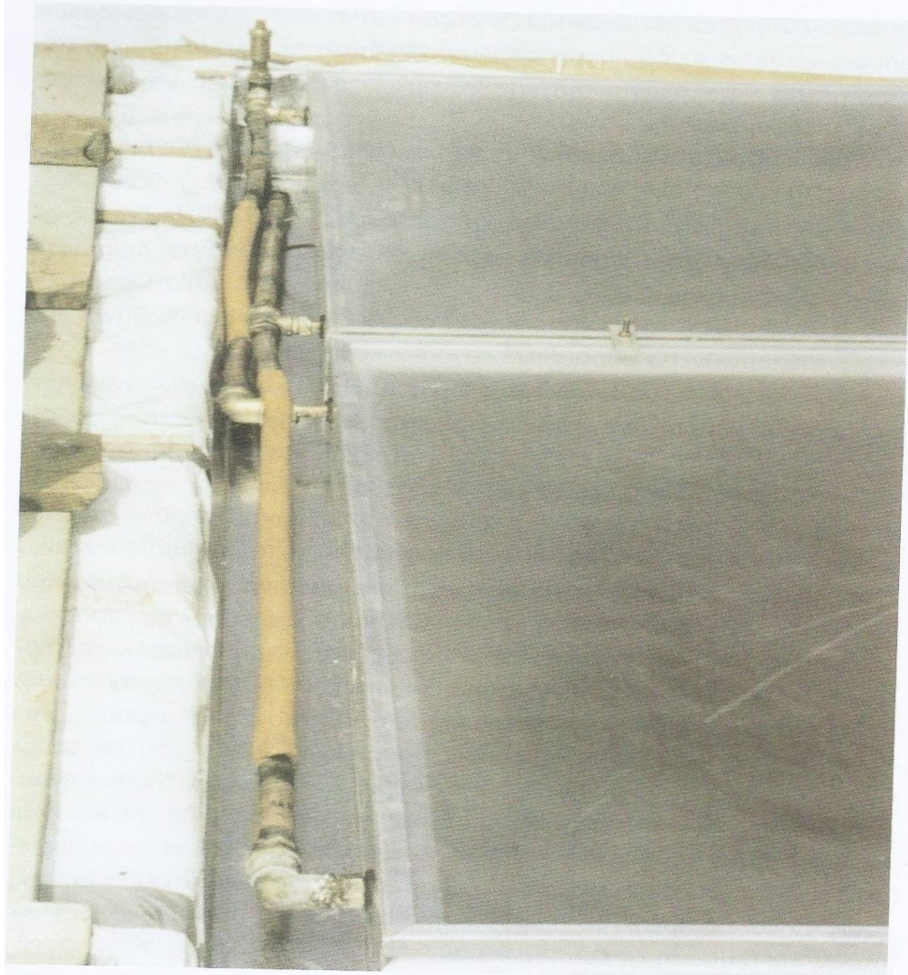
Διάγραμμα 3.1. Αποδοτικότητα διαφόρων ειδών συλλεκτών

### 3.3.3. Τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών

Σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, τα πάνελ είναι προτιμότερο να έχουν βόρειο ή νότιο προσανατολισμό, ώστε να είναι εκτεθειμένα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Όσο πλησιάζουμε στους τροπικούς, η ηλιοφάνεια είναι μεγαλύτερη και ο προσανατολισμός λιγότερο σημαντικός, οπότε μπορούν να είναι στραμμένα προς τα ανατολικά ή δυτικά και να παρέχουν επαρκή ποσότητα ζεστού νερού για οικιακή χρήση, εφόσον έχουν ικανοποιητικό μέγεθος. Στους τροπικούς μπορούν να λειτουργήσουν και χωρίς κλίση, λόγω της άφθονης ηλιοφάνειας. Ωστόσο, αν χρησιμοποιηθεί ένα θερμοσιφωνικό σύστημα, η δεξαμενή νερού θα πρέπει να είναι πάνω από τους συλλέκτες και ο συλλέκτης να έχει κλίση.

Οι συλλέκτες μπορούν να τοποθετηθούν :

- Στο επίπεδο του εδάφους.
- Ως καλύμματα στους εξωτερικούς τοίχους των κτιρίων, πάνω από θερμοκήπια ή ως σκίαστρα πάνω σε επίπεδες στέγες.
- Σε μια κεκλιμένη στέγη(Εικόνες 3.4 & 3.5).
- Πάνω στα στηρίγματα ενός κεκλιμένου συλλέκτη, πάνω σε επίπεδη στέγη ή τοίχο.
- Οριζόντια, οπότε ο συλλέκτης να επιτρέπει την περιστροφή των σωλήνων.
- Κάθεται, οπότε ο συλλέκτης να επιτρέπει την περιστροφή των σωλήνων.



Εικόνα 3.6. Λεπτομέρεια σωληνώσεων ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού



Εικόνα 3.7. Εγκατάσταση ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού στη δομή της στέγης

### 3.3.3.1. Καταλληλότερη γωνία κλίσης συλλεκτών

Η γωνία κλίσης εξαρτάται από τον σχεδιασμό του ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια περιστρεφόμενη πλατφόρμα, ώστε ο συλλέκτης να είναι πάντα στραμμένος προς τον ήλιο.

1. Για να μεγιστοποιήσουμε την ετήσια απόδοση του συστήματος, οι συλλέκτες θα πρέπει να έχουν γωνία κλίσης όση και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, από το οριζόντιο επίπεδο.
2. Για να μεγιστοποιήσουμε την παραγωγή του συστήματος κατά τον χειμώνα, οι συλλέκτες θα πρέπει να έχουν κλίση  $10^{\circ}$  μεγαλύτερη της περίπτωσης 1.
3. Για να παρατείνουμε την «ηλιακή» εποχή, οι συλλέκτες θα πρέπει να έχουν γωνία κλίσης μικρότερη της περίπτωσης 1.



### 3.4.Πόσο οικολογικό είναι ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού;

Στις ανεπτυγμένες χώρες, ο οικιακός τομέας είναι υπεύθυνος για περίπου το 30% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το οποίο εκπέμπεται ως υποπροϊόν της παραγωγής ρεύματος και της καύσης ορυκτών καυσίμων. Από αυτό το 30%, το 25% προέρχεται από τη διαδικασία θέρμανσης του νερού για οικιακή χρήση.

Επομένως τα οικιακά συστήματα θέρμανσης νερού ευθύνονται για περίπου 6-8% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στις ανεπτυγμένες χώρες. Αν κάθε σπίτι διαθέτετε ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού, ήταν ικανό να παράγει πάνω από τη μισή ετήσια ποσότητα ζεστού νερού χρησιμοποιώντας δωρεάν, καθαρή ηλιακή ενέργεια, θα εξοικονομούσαμε περίπου 3% όλων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της χώρας, υιοθετώντας απλά μια υποχρεωτική πολιτική ηλιακής θέρμανσης νερού. Στο Ισραήλ, όλα τα καινούργια σπίτια πρέπει να έχουν ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού. Φυσικά, σε μία ζεστή τροπική χώρα, όπου τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού μπορούν να παράγουν έως και 100% των ετήσιων απαιτήσεων ζεστού νερού, τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού μπορούν να εξοικονομήσουν 6% των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου.

	ΕΚΠΟΜΠΕΣ kgCO <sub>2</sub> /έτος
Θέρμανση χώρου	1506
Ζεστό νερό	864
Μαγείρεμα	125
Αντλίες & ανεμιστήρες	96
Φώτα & συσκευές	1650
Σύνολο	4241

Πίνακας 3.1. Εκπομπές CO<sub>2</sub> από ένα τυπικό τεσσάρι, με μεσοτοιχία, που κατασκευάστηκε το 1995 στο Ηνωμένο Βασίλειο

### **Συμπεράσματα**

Στην χώρα μας, αν και είναι ιδιαίτερα ευνοημένη από τις καιρικές συνθήκες, τα ηλιοθερμικά συστήματα θέρμανσης δεν είναι ιδιαίτερα γνωστά και μόνο τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της αύξησης της τιμής του πετρελαίου, γίνονται κάποια βήματα για την αξιοποίηση της τεχνολογίας αυτής.

Τα ηλιοθερμικά συστήματα συνδυασμένης λειτουργίας για θέρμανσης χώρων και νερού χρήσης μπορούν να καλύψουν από 10%-60% τις ανάγκες μίας κατοικίας σε θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης, ανάλογα με το μέγεθος της συλλεκτικής επιφάνειας, τον όγκο του θερμοδοχείου, τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής και τα χαρακτηριστικά της κατοικίας(μέγεθος, ποιότητα μόνωσης, θερμικές ανάγκες).

Η τοποθέτησή τους είναι σχετικά απλή, καθώς συναρμολογούνται στο χώρο εγκατάστασης, οπότε και υπάρχει προστασία κατά τη μεταφορά, ενώ η εγκατάσταση του συλλέκτη γίνεται χωρίς γερανούς και σκαλωσιές. Τα ηλιοθερμικά συστήματα συνδέονται με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης, δεν το καταργούν και τέλος μπορούν να λειτουργήσουν άριστα με συστήματα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών όπως είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση.

### Βιβλιογραφία

- Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Centre of Alternative Technology (2000) Tapping the Sun-A Guide to Solar Water Heating
- Hestnes, A., Hastings, R. and Saxhof, B., (1997), Solar Energy Houses, Strategies, Technologies, Examples. James&James, London.
- Kashadorian, J., (1997), The Passive Solar House, Chelsea Green Publishers
- Διαδίκτυο : [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- Διαδίκτυο : [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)
- Διαδίκτυο : [http://sustainability.williams.edu/category/renewable\\_energy/solar\\_thermal](http://sustainability.williams.edu/category/renewable_energy/solar_thermal)

### Πηγή εικόνων

- Εικόνα 3.1: Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Εικόνα 3.2: Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Εικόνα 3.3: Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Εικόνα 3.4: [www.3g-global.com](http://www.3g-global.com)
- Εικόνα 3.5: [www.3g-global.com](http://www.3g-global.com)
- Εικόνα 3.6: Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Εικόνα 3.7: Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Πίνακας 3.1: Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Διάγραμμα 3.1: [www.3g-global.com](http://www.3g-global.com)

## 4.ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 4.1.Εισαγωγή

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Το πιο δροσερό, πυκνό στρώμα αέρα τείνει να αντικαταστήσει το θερμότερο, ελαφρύτερο αέρα. Σύμφωνα με αυτό, οι μεγάλοι ατμοσφαιρικοί άνεμοι που περιβάλλουν τη Γη δημιουργούνται επειδή το έδαφος κοντά στον Ισημερινό θερμαίνεται περισσότερο από τον ήλιο από ότι το έδαφος στους Πόλους. Μερική από την ενέργεια του ήλιου απορροφάται άμεσα από τον αέρα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της απορροφάται αρχικά από την επιφάνεια της γης και μεταφέρεται έπειτα στον αέρα με την μεταγωγή θερμότητας.

Αυτή η μετακίνηση της αέριας μάζας επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες παγκόσμιας κλίμακας όπως η περιστροφή της γης, οι ήπειροι, οι ωκεανοί και οι οροσειρές. Σε τοπική κλίμακα επηρεάζεται από το γεωγραφικό πλάτος, το οποίο έχει επιπτώσεις στο ποσό έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, τη φυσική γεωγραφία, δηλαδή την αναλογία του εδάφους και της θάλασσας, την παρουσία βουνών, λόφων, πεδιάδων και λιμνών. Ο τύπος βλάστησης μπορεί επίσης να έχει μια σημαντική επιρροή στην απορρόφηση ή την αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει τη θερμοκρασία και την υγρασία. Σε μια δεδομένη θέση, η χρονική μεταβλητότητα σημαίνει ότι το συνολικό ποσό του αέρα μπορεί να ποικίλλει για κάθε έτος. Οι εποχιακές μεταβολές στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του αέρα προκύπτουν από τις εποχιακές αλλαγές στη σχετική κλίση της γης προς τον ήλιο, οι οποίες επηρεάζουν στη συνέχεια το θερμικό μοτίβο. Τέλος, η ταχύτητα του αέρα μειώνεται σημαντικά από τα εμπόδια, όπως τα δέντρα ή τα κτίρια. Συνεπώς η ροή αέρα είναι σπάνια ομαλή, με τις περισσότερες περιοχές να βιώνουν αρκετά γρήγορες αλλαγές στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του αέρα.

Η ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο ήδη από την αρχαιότητα. Μάλιστα, τόσο είχε εκτιμηθεί η σπουδαιότητα και η χρησιμότητα των ανέμων, ώστε ο ίδιος ο Δίας, κατά την ελληνική μυθολογία είχε ορίσει ειδικό διαχειριστή των ανέμων τον Αίολο. Εξάλλου, ο εγκλωβισμός των ανέμων στον ασκό του Αιόλου, κατά τον Όμηρο, δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και το χρόνο που οι ίδιοι ήθελαν. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου. Οι ανεμόμυλοι έδιναν κάποτε κίνηση στις τεράστιες μολόπετρες, που άλεθαν το σιτάρι μετατρέποντάς το σε αλεύρι και οι μικρές αντλίες εκμεταλλεύονταν τον άνεμο για να ανεβάσουν το νερό από τα πηγάδια.

Το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, εκδηλώνεται έντονα περί τα μέσα της δεκαετίας του '70 και ήταν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης που είχε εν τω μεταξύ ξεσπάσει. Από τότε μέχρι και

σήμερα, η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το καύσιμο αυτό είναι άφθονο, ανανεώσιμο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Εάν ήταν δυνατόν να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα έτος ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια της ανθρωπότητας, το ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, μόνο ένα μικρό ποσοστό της τεράστιας αυτής ποσότητας ενέργειας είναι σήμερα εκμεταλλεύσιμη.

Οι περισσότερες από τις εγκαταστάσεις παραγωγής αιολικής ενέργειας στον κόσμο εντοπίζονται στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου τα κυβερνητικά προγράμματα έχουν υποστηρίξει την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας. Μέχρι τα τέλη του 2004, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς παγκοσμίως ξεπέρασε τα 50000 MW. Από αυτά, τα 34205 MW βρίσκονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι Ηνωμένες Πολιτείες κατέχουν τη δεύτερη θέση, ανά τον κόσμο στη χρήση αιολικής ενέργειας και ακολουθούν η Γερμανία, η Ισπανία και η Ινδία. Η Δανία κατέχει την έκτη θέση, αλλά παράγει το 20% της ηλεκτρικής της ενέργειας από τον άνεμο.

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες ( Α/Γ ). Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες, οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες :

- Τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο.
- Τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός.

Σήμερα στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.

#### **4.2. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (Α/Γ )**

Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σήμερα τις ανεμογεννήτριες, με τις οποίες μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Τα πτερύγια που διαθέτουν περιστρέφονται όταν φυσάει και η κίνηση αυτή των πτερυγίων μεταδίδεται σε έναν άξονα περιστροφής. Η κινητική ενέργεια του άξονα περιστροφής μετατρέπεται από μια γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν για την κάλυψη ή τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών απομακρυσμένων περιοχών, βιομηχανικών μονάδων, ιστιοφόρων πλοίων κλπ.

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Στην περίπτωση αυτή ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό

σύστημα. Το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο παγκοσμίως είναι το 'Horse Hollow Wind Energy Center' στο Τέξας, το οποίο έχει 421 ανεμογεννήτριες που παράγουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για να τροφοδοτούν 220.000 σπίτια το χρόνο.

Εκτός από τα αιολικά πάρκα, μπορούν να εγκατασταθούν και μικρές ανεμογεννήτριες για την ικανοποίηση οικιακών αναγκών. Η εγκατάστασή τους απαιτεί μια δεδομένη, ελεύθερη από εμπόδια έκταση, για τη μεγαλύτερη δυνατή έκθεσή τους στον άνεμο, γι' αυτό και συνίσταται σε μη αστικές περιοχές. Η χρήση συστημάτων μικρών ανεμογεννητριών είναι συμφέρουσα σε αυτόνομες κατοικίες, όταν δεν είναι δυνατή η σύνδεσή τους με το δίκτυο, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με φωτοβολταϊκά συστήματα και υπό την προϋπόθεση ότι εφαρμόζονται οι βασικές αρχές εξοικονόμησης ενέργειας. Η εγκατάστασή τους μπορεί να γίνει ακόμα και στην οροφή ενός κτιρίου.

Οι μικρές ( ανθρώπινης κλίμακας ) ανεμογεννήτριες οικιακής χρήσης έχουν ισχύ 400W-3000W και διάμετρο φτερωτής από 1,5m έως 4,5m. Παράγουν συνεχή τάση 12 ή 24V, οπότε για την τροφοδοσία μιας κατοικίας απαιτείται αντιστροφέας ισχύος ( inverter ) για τη μετατροπή της σε τάση δικτύου και τη λειτουργία των οικιακών συσκευών. Επίσης, για κατοικίες μη διασυνδεδεμένες στο δίκτυο απαιτούνται ηλεκτρικοί συσσωρευτές ( μπαταρίες ) για την αποθήκευση της ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται όταν υπάρχει άπνοια ή αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια κάποιες ώρες της ημέρας. Είναι επίσης δυνατό, παράλληλα με τις ανεμογεννήτριες, να γίνεται χρήση ντιζελογεννητριών, που λειτουργούν όταν οι ανάγκες το απαιτούν.

Το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την 'πρώτη' περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος ηλεκτροπαραγωγής από ανεμογεννήτριες από τα 0,80 euro/kWh στις αρχές της δεκαετίας του '80 έχει μειωθεί στα 0,04-0,05 euro/kWh σε μέρη με δυνατούς ανέμους και μέχρι 0,06-0,08 euro/kWh σε μέρη με μικρή ταχύτητα ανέμων ( 2003 ). Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τις συνεχείς βελτιώσεις που επιτυγχάνονται στην απόδοση και την αξιοπιστία των ανεμογεννητριών, εκτιμάται ότι το κόστος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας μπορεί να μειωθεί.

Η ενέργεια που είναι διαθέσιμη στον αέρα ποικίλλει. Έτσι μια κατανόηση των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι κρίσιμη για όλες τις πτυχές της ενεργειακής εκμετάλλευσής του, από τον προσδιορισμό των κατάλληλων περιοχών και την πρόβλεψη της οικονομικής βιωσιμότητας των προγραμμάτων των αιολικών πάρκων, έως τον ίδιο το σχεδιασμό των ανεμογεννητριών και την κατανόηση της επίδρασής τους στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και τους καταναλωτές. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό είναι :

- Η ταχύτητα του ανέμου.
- Η διεύθυνση του ανέμου.
- Η επικρατούσα στην περιοχή ανατάραξη.
- Ο στροβιλισμός του ανέμου.
- Η μεταβολή με το ύψος της ταχύτητας του ανέμου( κατανομή του ανέμου ).

#### 4.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ενέργεια που απορρέει από τον άνεμο :

- Είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας και δεν παράγει καμία ατμοσφαιρική ή υδατική ρύπανση.
- Προστατεύει το περιβάλλον, αφού δεν το επιβαρύνει με χημικές ουσίες, οι οποίες προκαλούν την όξινη βροχή και με αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία αποσταθεροποιούν το παγκόσμιο κλίμα.
- Είναι ανεξάντλητη, συνεχώς ανανεώσιμη και δωρεάν.
- Αποτελεί βιώσιμη λύση για απομακρυσμένες περιοχές χωρίς πρόσβαση σε δίκτυο.
- Είναι μία οικονομικά ανταγωνιστική, εναλλακτική λύση απέναντι στα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα και την επικίνδυνη πυρηνική ενέργεια.
- Επιτυγχάνει την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, το οποίο συνεπάγεται αξιόλογα συναλλαγματικά κέρδη.
- Δεν έχει απαγορευτικό κόστος. Οι νέες τεχνολογίες έχουν μειώσει τις δαπάνες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική και η συνεχής εκμετάλλευση του ανέμου έχει ενθαρρύνει την απαλλαγή από φόρους για τις ανανεώσιμες ενέργειες.
- Συμβάλλει στην ανάπτυξη της ελληνικής βιομηχανίας.
- Ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία, καθώς απεξαρτά τη χώρα από τα εισαγόμενα καύσιμα.
- Βοηθά στην ανάπτυξη του τουρισμού.
- Γεννά νέες θέσεις εργασίας. Για κάθε MW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 15-22 θέσεις εργασίας, οι οποίες αφορούν κυρίως στη λειτουργία και διαχείριση των αιολικών πάρκων.
- Οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, αφού στην επαρχία απαντώνται καλύτερες ανεμολογικά περιοχές για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων και βοηθά έτσι στην ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τη μείωση απωλειών από τη μεταφορά της ενέργειας.

- Δεν εμποδίζει τις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Περίπου το 99% της γης στην οποία φιλοξενείται ένα αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο και για άλλες χρήσεις.
- Συμβάλλει στην τοπική ανάπτυξη.

#### 4.4. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- Ο άνεμος είναι μεταβλητός και η ροή του δεν ρυθμίζεται με τεχνικά μέσα!
- Ένα σημαντικό μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη ικανοποιητικών ταχυτήτων ανέμου. Για την περίπτωση που δεν φυσούν ικανοποιητικοί άνεμοι, θα πρέπει να έχει προβλεφθεί εφεδρεία συμβατικών σταθμών για το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των ανεμογεννητριών. Θα μπορούσε ενδεχομένως το ηλεκτρικό ρεύμα, που παράγεται κατά τη διάρκεια μεγάλων περιόδων ανέμων, να αποθηκεύεται σε μπαταρίες αλλά αυτές είναι ακόμα ακριβές και αναποτελεσματικές.
- Σε περίπτωση πολύ ισχυρών ανέμων υπάρχει κίνδυνος να καταστραφούν τα πτερύγια των ανεμογεννητριών.
- Η αιολική ενέργεια πρέπει να συναγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε επίπεδο κόστους. Παρότι το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών.
- Τα κατάλληλα σημεία για αιολικά πάρκα συχνά βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από πόλεις όπου χρειάζεται ο ηλεκτρισμός.
- Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών, κυρίως αποδημητικών.
- Πρόβλημα μπορεί να αποτελέσει και η ηχητική όχληση από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, καθώς και ο αντίκτυπος στο οπτικό τοπίο.

#### Συμπεράσματα

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της εγχώριας τεχνολογίας και βιομηχανίας παραγωγής ανεμογεννητριών, μπορεί να συμβάλλει πολλαπλά σε όλα τα επίπεδα.

Η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη και μας προκαλεί να την εκμεταλλευτούμε. Με τα προφανή οικονομικά και κοινωνικά οφέλη που μπορεί να αποφέρει στη χώρα μας, η ανάπτυξη εγκαταστάσεων για την εκμετάλλευσή της και συνυπολογίζοντας τις θετικές επιδράσεις στο περιβάλλον και στην ποιότητα ζωής από τη διάδοση της χρήσης της, θα ήταν ανεπίτρεπτο να αφήσουμε αυτόν τον υπάρχοντα εν αφθονία ενεργειακό πόρο αναξιοποίητο.



**Βιβλιογραφία**

- Roaf S., et al., «εκοδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Εκδόσεις Ψύχαλου 2009
- Curtis D.,(1999), Going With the Flow. The Center for Alternative Technology.
- Kindangen, J., Krauss, G. & Depecker, P., (1997), Effects of Windscares on Wind-induced Air Motion Inside Buildings. Building an Environment
- Διαδίκτυο : <http://www.sustainability.williams.edu>
- Διαδίκτυο : [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- Διαδίκτυο : [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)

## 5.ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 5.1.Εισαγωγή

Γεωθερμικό σημαίνει, πολύ απλά, αυτό που βασίζεται στη θερμότητα της Γης. Η θερμότητα όμως είναι μια μορφή ενέργειας και συνεπώς η γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμότητα που περιέχεται στο κέντρο της Γης, η οποία προκαλεί τη δημιουργία διαφόρων γεωλογικών φαινομένων σε παγκόσμια κλίμακα. Συνήθως όμως, ο όρος ‘γεωθερμική ενέργεια’ χρησιμοποιείται σήμερα για να δηλώσει εκείνο το τμήμα της γήινης θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί και να αξιοποιηθεί από τον άνθρωπο και το οποίο είναι τόσο μεγάλο ώστε να μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά ανεξάντλητο.

Η παρουσία ηφαιστείων, θερμών πηγών και άλλων επιφανειακών εκδηλώσεων θερμότητας είναι αυτή που οδήγησε τους προγόνους μας στο συμπέρασμα ότι το εσωτερικό της Γης είναι ζεστό. Όμως, μόνο όταν κατασκευάστηκαν τα πρώτα μεταλλεία που ανορύχθηκαν σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, οι άνθρωποι, με τη βοήθεια κάποιων απλών φυσικών παρατηρήσεων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία της γης αυξάνει με το βάθος. Οι πρώτες μετρήσεις με θερμομετρο έγιναν κατά πάσα πιθανότητα το 1740. Ήδη από το 1870, για τη μελέτη της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης χρησιμοποιούνταν κάποιες προχωρημένες για την εποχή επιστημονικές μέθοδοι, ενώ η θερμική κατάσταση που διέπει τη γη, η θερμική ισορροπία και εξέλιξή της κατανοήθηκαν καλύτερα τον 20ο αιώνα, με την ανακάλυψη του ρόλου της ‘ραδιενεργής θερμότητας’.

Σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης ζωής οι πρακτικές εφαρμογές προηγούνται της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης. Η γεωθερμία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού. Αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου των γεωθερμικών ρευστών γινόταν ήδη από τις αρχές του 19ου αιώνα. Η εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του φυσικού ατμού ξεκίνησε περίπου την ίδια περίοδο. Ο γεωθερμικός ατμός χρησιμοποιήθηκε για την ανέλκυση των ρευστών, αρχικά με κάποιους αέριους ανυψωτήρες και στη συνέχεια με παλινδρομικές και φυγοκεντρικές αντλίες και βαρούλκα. Εν τω μεταξύ, ολοένα και περισσότερες χώρες άρχισαν να αναπτύσσουν τους γεωθερμικούς τους πότους σε βιομηχανική κλίμακα. Το 1892, το πρώτο γεωθερμικό σύστημα τηλε-θέρμανσης τέθηκε σε λειτουργία. Το 1904, έγινε η πρώτη απόπειρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό. Η επιτυχία αυτής της πειραματικής προσπάθειας έδωσε μία ξεκάθαρη ένδειξη για τη βιομηχανική αξία της γεωθερμικής ενέργειας και σηματοδότησε την αρχή μιας μορφής εκμετάλλευσης, που επρόκειτο έκτοτε να αναπτυχθεί σημαντικά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτέλεσε πράγματι μια εμπορική επιτυχία. Μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε ελκυστική σε πολλές χώρες, επειδή ήταν ανταγωνιστική ως προς άλλες μορφές ενέργειας. Επιπλέον, η ενέργεια αυτή δε χρειαζόταν να εισαχθεί από άλλες χώρες, όπως συμβαίνει με τα ορυκτά

καύσιμα ενώ σε πολλές περιπτώσεις αποτελούσε τον μοναδικό διαθέσιμο εγχώριο ενεργειακό πόρο.

Η συγκεντρωμένη στο εσωτερικό της γης θερμότητα μεταφέρεται κοντά στην επιφάνειά της μέσω γεωλογικών φαινομένων, δημιουργώντας έτσι υπέρθερμες περιοχές. Το σημαντικότερο από αυτά τα γεωλογικά φαινόμενα είναι αυτό των λιθосφαιρικών πλακών. Το εξωτερικό κέλυφος της γης, η λιθόσφαιρα, δεν είναι ενιαίο αλλά αποτελείται από πολλά κομμάτια, τις λιθосφαιρικές πλάκες. Οι πλάκες αυτές βρίσκονται σε μια διαρκή κίνηση που πραγματοποιείται με πολύ μικρή ταχύτητα, μερικά μόλις εκατοστά το χρόνο. Ανάλογα με τη σχετική κίνηση των πλακών, στα όριά τους παρατηρούνται τρία διαφορετικά φαινόμενα :

1. Οι δύο πλάκες αποκλίνουν, δηλαδή κινούνται έτσι που να απομακρύνονται η μία από την άλλη. Στο κενό που αφήνουν, αναβλύζει μάγμα που στερεοποιείται, γεμίζει το κενό και δημιουργεί καινούργια λιθόσφαιρα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι λεγόμενες 'ράχες'.
2. Οι δύο πλάκες συγκλίνουν έτσι που η μία να βυθίζεται κάτω από την άλλη και τελικά να απορροφάται από το μανδύα ή να καταστρέφεται. Φαινόμενα τριβής στα όρια των πλακών έχουν σαν αποτέλεσμα, μέρος της μηχανικής ενέργειας να μετατρέπεται σε θερμότητα. Αυτή η θερμότητα εκτονώνεται με τη μορφή ηφαιστειακής δράσης. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι 'τάφροι'. Στις τάφρους η λιθόσφαιρα καταστρέφεται με το ρυθμό που δημιουργείται στις ράχες.
3. Οι δύο πλάκες γλιστρούν η μία παράλληλα στην άλλη με τρόπο ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται λιθόσφαιρα.

Τόσο οι 'τάφροι' όσο και οι 'ράχες' συνδέονται με ηφαιστειακή δράση και κατά συνέπεια με υπέρθερμες περιοχές. Γι' αυτό και τα σημαντικότερα γεωθερμικά πεδία εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, δηλαδή στα όρια των λιθосφαιρικών πλακών, τις λεγόμενες 'ζώνες σεισμικών εστιών'.

Περιοχές με μικρότερο γεωθερμικό ενδιαφέρον, δηλαδή με γεωθερμική βαθμίδα λίγο υψηλότερη από τη μέση, μπορεί να βρεθούν και εκτός των εν λόγω ζωνών. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε κάποιον από τους ακόλουθους παράγοντες :

- Τοπικά υψηλή θερμική ροή από το μανδύα και τη βάση του φλοιού προς την επιφάνεια, σε μεγάλες περιοχές.
- Αυξημένες συγκεντρώσεις των ραδιενεργών στοιχείων ουρανίου, θορίου και καλίου σε ορισμένες περιοχές στον φλοιό της γης, που συντελούν στην παραγωγή θερμότητας και κατά συνέπεια στην αύξηση της γεωθερμικής βαθμίδας. Πετρώματα με αυτές τις συγκεντρώσεις αυξημένες είναι τα γρανιτικά.

- Φαινόμενα συναγωγής που προκαλούνται από κυκλοφορία νερού διαμέσου πορωδών σχηματισμών ή μέσα από συστήματα ρηγμάτων. Με αυτόν τον τρόπο μεταφέρεται η θερμότητα σε μικρότερα βάθη και αυξάνεται η γεωθερμική βαθμίδα.
- Σε μια περιοχή με δεδομένη θερμική ροή στη βάση του φλοιού και απουσία άλλης θερμής πηγής μέσα στο φλοιό, η γεωθερμική βαθμίδα ποικίλλει ανάλογα με τη θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων που αποτελούν το φλοιό. Τα αργιλικά πετρώματα έχουν τη χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα, ενώ τα κρυσταλλικά χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική αγωγιμότητα ( περίπου 6 φορές αυτή των αργίλων ).

Οι παραπάνω μηχανισμοί μπορεί να δημιουργήσουν δευτερεύουσας σημασίας γεωθερμικές ανωμαλίες μακριά από τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Έτσι, ενώ σημαντικές θερμικές ανωμαλίες εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, περιοχές με ελαφρά αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα απαντώνται σε όλη τη γη.

Ωστόσο, δεδομένου ότι η θερμότητα του πλανήτη μας βρίσκεται στο εσωτερικό του, πρέπει να γίνουν γεωτρήσεις προκειμένου να προσπελαστεί στις ζώνες σεισμικών εστιών. Θερμοκρασίες κατάλληλες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να βρεθούν σε βάθη 2-3 km, ενώ σ' αυτά τα βάθη, σε περιοχές με μέση γεωθερμική βαθμίδα, οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλότερες, ικανές μόνο για κάλυψη θερμικών αναγκών.

Γεωθερμική ενέργεια, λοιπόν, ονομάζεται η αποθηκευμένη ενέργεια υδρολογικών και γεωλογικών σχηματισμών του φλοιού της γης σε μορφή θερμότητας, όταν η θερμοκρασία του σχηματισμού ξεπερνάει τους 25°C. Αυτή η μορφή ενέργειας προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Μεταφέρεται δε στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή καθώς και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ( θερμό νερό ή/και ατμός, θερμός αέρας ) ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από 25- 350°C.

Δυνατότητα όμως εκμετάλλευσης ενέργειας γεωλογικού ή υδρολογικού σχηματισμού υπάρχει και όταν η θερμοκρασία είτε του προϊόντος είτε του σχηματισμού είναι μικρότερη από 25°C. Στις περιπτώσεις αυτές το βάθος εκμετάλλευσης συνήθως δεν υπερβαίνει τα 150 m από την επιφάνεια του εδάφους και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται από τους επιστήμονες ως αβαθής γεωθερμία. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο μορφές έγκειται στο γεγονός ότι η αβαθής γεωθερμική ενέργεια προέρχεται κυρίως από την αποθήκευση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στη γήινη επιφάνεια, ενώ η καθεαυτού γεωθερμική ενέργεια, προϊόν γεωθερμικού δυναμικού, οφείλεται στη μεταφορά θερμότητας από το μάγμα του πυρήνα της Γης στα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Αν και η γεωθερμία παρουσιάζει μεγαλύτερη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας

ανά μονάδα μάζας του γεωθερμικού προϊόντος, η αβαθής γεωθερμία πλεονεκτεί στο ότι βρίσκεται διαθέσιμη και εκμεταλλεύσιμη παντού, είναι αρκετά εύκολη στην αξιοποίησή της και μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως π.χ. με την ηλιακή.

## 5.2. Αρχή Γεωθερμικής Ενέργεια

Η αρχή της γεωθερμικής ενέργειας είναι αρκετά απλή και βασίζεται στο γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή στους 24-20°C καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Αν συνεπώς εκμεταλλευτούμε τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας, μπορούμε να θερμάνουμε χώρους τα χειμώνα και να τους ψύξουμε αντίστοιχα το καλοκαίρι.

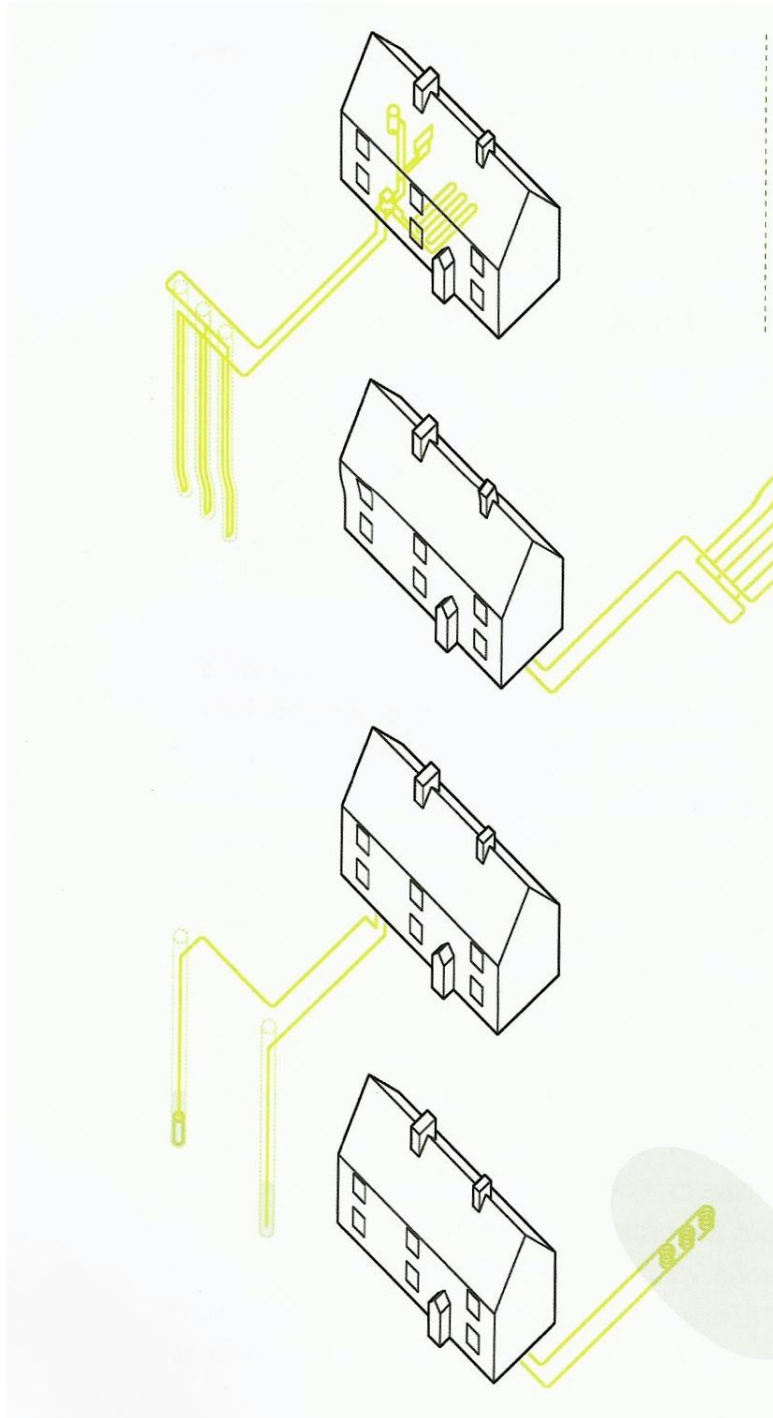
Αυτό γίνεται με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, όπου επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή δροσισμού, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές. Η θερμότητα μεταδίδεται μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων με νερό, που είτε βρίσκονται σε οριζόντια διάταξη και χαμηλό βάθος, είτε σε κατακόρυφη διάταξη εκμεταλλευόμενοι μία ή περισσότερες γεωτρήσεις που γίνονται για τον λόγο αυτόν.

Πιο συγκεκριμένα, καρδιά του συγκεκριμένου συστήματος είναι μια γεωθερμική αντλία θερμότητας ( που δεν μεγάλες διαφορές από τις γνωστές μικρές κλιματιστικές συσκευές ή αν μέρει τα ηλεκτρικά ψυγεία ), η οποία αποτελείται από 4 στοιχεία : εξατμιστή, συμπιεστή, συμπυκνωτή και στοιχείο εκτόνωσης. Μια πλήρης εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμίας αποτελείται εν γένει από τα παρακάτω τμήματα :

- Από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας.
- Από τον γεωθερμικό εναλλάκτη, που είναι ένα κλειστό σύστημα σωληνώσεων από πολυαιθυλένιο υψηλής ποιότητας, με διάρκεια ζωής άνω των 50 ετών, που διαρρέεται από νερό και τοποθετείται μέσα στο έδαφος ( τότε μιλάμε για σύστημα κλειστού βρόγχου ) ή εναλλακτικά από ένα σύστημα ανοιχτού βρόγχου με απ' ευθείας γεωτρήσεις στον υπάρχοντα υδροφόρο ορίζοντα.
- Από την εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης ή/και ψύξης της κατοικίας ( του κτιρίου ), που δεν διαφέρει σε τίποτε από τις γνωστές μας εγκαταστάσεις. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ενδοδαπέδια ή ενδοτοίχια συστήματα θέρμανσης και δροσισμού ή σύστημα fan coils για θέρμανση και ψύξη. Ακόμη και σώματα θερμαντικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ( αλλά θα είναι πολύ μεγάλα σε μέγεθος ).
- Από τον αυτοματισμό της εγκατάστασης.

Η γεωθερμία αποτελεί μία καινοτομία εξέλιξης στον τομέα της θέρμανσης-δροσιάς. Η χρήση της ενδείκνυται για όλους τους χώρους (οικιακούς χώρους, ξενοδοχειακές

εγκαταστάσεις, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κτηνοτροφικές μονάδες, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες ) όπου απαιτείται η ύπαρξη θέρμανσης και δροσιάς. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία ( πάνω από 150° C ), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν όμως η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων κλπ.



Εικόνα 5.1. Συστήματα γεωθερμικών αντλιών

### 5.3. Οφέλη εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας

Από την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας τόσο για ηλεκτροπαραγωγή όσο και για θερμικές εφαρμογές, προκύπτουν σημαντικά οφέλη, μερικά εκ των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω :

- **Ενέργεια σε ελάχιστο κόστος.** Λόγω της χαμηλής κατανάλωσης και της σχεδόν ανύπαρκτης συντήρησης του εξοπλισμού, τα γεωθερμικά συστήματα κλιματισμού μπορούν να εξοικονομήσουν από 55% έως 70% από την ετήσια δαπάνη σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης και δροσισμού. Το μόνο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης είναι η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από τον συμπιεστή και τις αντλίες, το οποίο είναι οικονομικότερο σε σχέση με τη χρήση λέβητα πετρελαίου κατά 20-25%.
- **Απόδοση.** Ένα γεωθερμικό σύστημα είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Επειδή δεν καίει ορυκτά καύσιμα για να παράγει θερμότητα, παρέχει τρεις έως πέντε μονάδες ενέργειας για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί το σύστημα.
- **Ανεξαρτησία από το πετρέλαιο θέρμανσης.**
- **Εικοσιτετράωρη διαθεσιμότητα.** Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλο το 24ωρο, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες.
- **Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.** Προέρχεται από το εσωτερικό της γης και την ακτινοβολία του ήλιου.
- **Ευελιξία, άνεση και αυτονομία.** Τα γεωθερμικά συστήματα παράγουν θέρμανση και δροσισμό σε μια εγκατάσταση, με αποτέλεσμα να καταργούν το συμβατό τρόπο θέρμανσης, τους πύργους δροσισμού και τα κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου. Παρουσιάζουν ευελιξία στην αυτονομία, σε μελλοντικές επεκτάσεις και σε διαθεσιμότητα χώρου. Έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και είναι αξιόπιστα σε ακραίες συνθήκες θέρμανσης και δροσισμού.
- **Ασφάλεια.** Με ένα σύστημα γεωθερμίας, δεν υπάρχει καύση και φλόγα, δεν υπάρχουν καπνοί, καπναγωγοί και οσμές. Δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης, φωτιάς ή ασφυξίας από το μονοξείδιο.
- **Φιλικό προς το περιβάλλον.** Επειδή δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα, δε συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, που είναι υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Αποφεύγεται η έκλυση διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αέριων ρύπων που εκλύονται από την καύση συμβατικών καυσίμων.
- **Αθόρυβη λειτουργία.** Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται, σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν για να είναι σχεδόν αθόρυβες.
- **Εξοικονόμηση χώρων.** Δεν υπάρχει ανάγκη για δεξαμενή πετρελαίου και καμινάδα.
- **Γρήγορη απόσβεση.**



- **Ζεστό νερό χειμώνα και καλοκαίρι.**
- **Δροσιά χωρίς κόστος το καλοκαίρι.**
- **Δυνατότητα επιδότησης.**
- **Αξιοπιστία κατασκευών και απόλυτη αξιοπιστία.** Τα συστήματα γεωθερμίας χρησιμοποιούνται παραπάνω από 20 χρόνια σε κράτη όπως οι Η.Π.Α, η Ιαπωνία, η Γερμανία, η Ελβετία, η Αυστρία και η Σουηδία.

### **Συμπεράσματα**

Συμπερασματικά αξίζει να τονισθεί ότι η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί φθηνή και ήπια ανανεώσιμη μορφή πηγής ενέργειας, με άμεσα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Οι προοπτικές μελλοντικής ανάπτυξης των εφαρμογών γεωθερμικής ενέργειας είναι μεγάλες, ειδικά των συστημάτων θέρμανσης- δροσισμού κτιρίων με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Στη χώρα μας έχουμε εκμεταλλευτεί μέχρι σήμερα λιγότερο από 1% του συνολικού γεωθερμικού δυναμικού της χώρας μας ( 0% για ηλεκτροπαραγωγή και 5-8% για θερμικές χρήσεις) όμως στο άμεσο μέλλον μπορεί το γεωθερμικό δυναμικό, μέσω άμεσων επενδύσεων, να αυξηθεί σημαντικά. Από τη λειτουργία των γεωθερμικών αυτών εφαρμογών θα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας που αντιστοιχεί σε χιλιάδες Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (Τ.Ι.Π.) ετησίως με παράλληλη αποφυγή εκλύσεων στην ατμόσφαιρα επίσης, χιλιάδων τόνων διοξειδίου του άνθρακα ετησίως.

**Βιβλιογραφία**

- Τσίππρας Κ.& Θ.Στ., Οικολογική Αρχιτεκτονική, εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα 2005.
- Givoni B., Climate Considerations in Building and Urban Design, Van Reihnold, N.Y.'98
- Annik D., Boonstra Chiel, Mak John, Handbook for a stustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction & Refurbishment, James&James, April 1996
- ΚΑΠΕ,Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά συγκροτήματα, Αθήνα 2002
- Roaf S., et al, ecoδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, εκδόσεις Ψύχαλου 2009

**Πηγή εικόνων**

- Εικόνα 5.1. : Roaf S., et al, ecoδομείν-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων & εφαρμογές ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, εκδόσεις Ψύχαλου 2009

## 6.ΒΙΟΜΑΖΑ

### 6.1.Ορισμός

Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς φυτικής ή ζωικής προέλευσης (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, δέντρα, κλαδιά, φύλλα, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητων βιομηχανιών τροφίμων κλπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Οτιδήποτε δηλαδή μπορεί να φανταστεί κανείς, απ' το πλέον ασήμαντο σκουπίδι έως τα ειδικώς καλλιεργημένα και λεγόμενα ενεργειακά φυτά, αποτελούν τη βιομάζα. Πιο συγκεκριμένα, η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία της, αποσπώντας την και χρησιμοποιώντας την ποικιλοτρόπως, συμμετέχοντας αενάως στον παγκόσμιο ζωικό κύκλο.

### 6.2. Κατηγορίες βιομάζας

Οι πόροι βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα υλικών. Η βιομάζα μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες :

- Παραδοσιακή βιομάζα που γενικά περιορίζεται στις αναπτυσσόμενες χώρες και σε χρήσεις μικρής κλίμακας. Περιλαμβάνει τα καυσόξυλα και το κάρβουνο για οικιακή χρήση, την ήρα του ρυζιού, άλλα φυτικά υπολείμματα και την κοπριά ζώων. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ανοιχτά τζάκια για μαγείρεμα και για θέρμανση. Η καύση ξύλων σε μικρά συστήματα όπως οι ξυλόσομπες ή οι ανοιχτές καμινάδες για θέρμανση έχει μακρά παράδοση. Απόβλητα από επεξεργασία ξύλου σε μορφή συσσωματωμάτων βιομάζας ( pellets ) ή σε κομματάκια μαλακού ( chips ) χρησιμοποιούνται πλέον σε καινοτόμα συστήματα θέρμανσης.
- Σύγχρονη βιομάζα που συνήθως αφορά στις χρήσεις μεγάλης κλίμακας και έχει σκοπό να υποκαταστήσει τις συμβατικές ενεργειακές πηγές των ορυκτών καυσίμων. Περιλαμβάνει ξερά κλαδιά από το δάσος και τα γεωργικά υπολείμματα, τα οικιακά απόβλητα, τα βιοαέρια και βιοκαύσιμα από ενεργειακές καλλιέργειες ( όπως έλαια από φυτά και φυτά που περιέχουν άμυλο και σάκχαρα). Στερεή βιομάζα, όπως τα υπολείμματα ξύλου, τα απόβλητα από αυλές και το άχυρο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύση σε ειδικά κατασκευασμένους σταθμούς παραγωγής ενέργειας, ή μαζί με άνθρακα σε υπάρχοντες σταθμούς που χρησιμοποιούν άνθρακα ως καύσιμο. Το βιοαέριο

μπορεί να εξαχθεί σε ειδικές εγκαταστάσεις από αγροτικά λύματα, όπως π.χ. η αραιή λάσπη.

### 6.3. Η αρχή διατήρησης της ενέργειας

Σύμφωνα με τη φυσική, η Αρχή Διατήρησης Ενέργειας εφαρμόζεται και στην περίπτωση της βιομάζας. Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια της ζωής τους, τα φυτά δεσμεύοντας την ηλιακή ενέργεια μέσω της φωτοσύνθεσης, την αποθηκεύουν εν συνεχεία στα σώματά τους με τη μορφή πλέον της χημικής ενέργειας. Αναλυτικότερα, οι χλωροπλάστες, τα μικροσκοπικά αυτά εργοστάσια που βρίσκονται στα πράσινα μέρη των φυτών, χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια, το διοξείδιο του άνθρακα που παίρνουν από τον αέρα και το νερό που απορροφούν από την υγρασία του χώματος για να κατασκευάσουν μία σειρά χημικών ενώσεων που καλούνται υδρογονάνθρακες. Σ' αυτούς τους υδρογονάνθρακες είναι αποθηκευμένη τώρα η ηλιακή ενέργεια ως χημική. Μέρος αυτής της ενέργειας περνά στα ζώα, όταν αυτά τρώνε τα φυτά. Έτσι φυτά και ζώα, νεκρά ή ζωντανά, μπορούν να θεωρούνται ως αποθήκες της ηλιακής ενέργειας. Την ενέργεια αυτή μπορεί ο άνθρωπος να αντλήσει με διάφορες μεθόδους, οι οποίες συνεχώς εξελίσσονται και να την μετατρέψει σε μορφές πιο εύχρηστες γι' αυτόν, λύνοντας εν πολλοίς το ενεργειακό του πρόβλημα αλλά και προστατεύοντας το πολύπαθο περιβάλλον. Έτσι γίνεται αντιληπτό ότι η βιομάζα αποτελεί και αυτή μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια ( θερμότητα ) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα ( άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς κλπ ) και ζωικά απόβλητα ( κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.). όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα, κατοικιών και βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια. Η βιομάζα σήμερα αποτελεί σημαντική πηγή παραγωγής θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας σε βιομηχανική κλίμακα.

Οι εφαρμογές της βιοενέργειας είναι εξαιρετικά ποικίλες και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την παροχή θέρμανσης, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κ τα καύσιμα οχημάτων. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ( π.χ. με την καύση ξύλων για μαγείρεμα ή για θέρμανση ) ή έμμεσα, αν τη μετατρέψουμε σε υγρό ή αέριο καύσιμο.

#### 6.4. Εφαρμογές με καύσιμο τη βιομάζα

Οι κύριες εφαρμογές με καύσιμο τη βιομάζα είναι οι ακόλουθες :

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

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι οι εξής :

- **Η καύση.** Αποτελεί την πιο ανεπτυγμένη και διαδεδομένη τεχνολογία για ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας, τόσο στον Ελληνικό χώρο όσο και διεθνώς. Για παράδειγμα, ορισμένοι τύποι βιομάζας καίγονται θερμαίνοντας λέβητες με νερό. Έτσι παράγεται ατμός, ο οποίος περιστρέφει μια τουρμπίνα, η οποία με τη σειρά της ενεργοποιεί μια γεννήτρια και παράγει ηλεκτρισμό.

- **Η αεριοποίηση.** Κατά τη διεργασία αυτή, χρησιμοποιούνται ειδικοί αντιδραστήρες, οι αεριοποιητές, που θερμαίνουν τη βιομάζα σε περιβάλλον φτωχό σε οξυγόνο και σε θερμοκρασία περί τους 850° C, ώστε να παραχθεί τελικά το αέριο καύσιμο βιοαέριο. Αυτό αναλόγως με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία, μπορεί να περιέχει από το 1/5 έως το 1/2 της θερμογόνου δύναμης του φυσικού αερίου.
- **Η πυρόλυση.** Κατά τη συγκεκριμένη μέθοδο, η βιομάζα θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες απουσία αέρα, χωρίς να καεί, για παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων ( ξυλάνθρακα, βιοαέριο και αέρια χαμηλής και μέσης θερμογόνου δύναμης). Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα μετατρέπεται σε υγρό πυρόλυσης, το βιοέλαιο, που αποθηκεύεται και μεταφέρεται ευκολότερα από ότι η στερεά βιομάζα. Το βιοέλαιο καίγεται όπως το πετρέλαιο και χρησιμοποιείται στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Με την ίδια διεργασία της πυρόλυσης, η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε υγρή φαινόλη, από την οποία παράγονται κόλλες για ξύλα, πλαστικά και μονωτικοί αφροί.
- **Η αναερόβια χώνευση.** Τα απορρίμματα και τα διάφορα λύματα με αναερόβιες διαδικασίες παράγουν βιοαέριο κυρίως που αποτελείται από μεθάνιο ( και διοξείδιο του άνθρακα ).
- **Η αλκοολική ζύμωση.** Παραγωγή βιοαιθανόλης με ζύμωση των αμυλούχων, κυταρρινούχων και σακχαρούχων συστατικών και διαχωρισμός της από τα λοιπά συστατικά με απόσταξη. Σακχαρούχα και αμυλούχα φυτά, με βιοχημικές μεθόδους παράγουν υγρά καύσιμα, όπως η βιοαιθανόλη.
- **Η μετεστερεοποίηση.** Ο κύριος τρόπος παραγωγής βιοντήζελ είναι η μετεστερεοποίηση των ελαίων. Ελαιούχα φυτά, ζωικά λίπη, χρησιμοποιημένα λάδια και προϊόντα σφαγίων με χημικές μεθόδους παράγουν βιοντήζελ.

### 6.5. Πλεονεκτήματα βιομάζας

Από όσα προαναφέρθηκαν εύκολα προκύπτει ότι τα πλεονεκτήματα της χρήσης της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς είναι πολλά και εμφανέστατα :

- Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και άρα ανεξάντλητη.
- Οι πηγές προέλευσής της είναι παντού στον πλανήτη και εν αφθονία. Αυτό βέβαια οδηγεί σε αλυσίδα πλεονεκτημάτων που άπτονται όμως αλληλοσυγκρουόμενων συμφερόντων και σχετίζεται και με εθνικές απεξαρτήσεις από τις ελάχιστες αλλά κολοσσιαίες και πανίσχυρες πετρελαϊκές εταιρίες.
- Η παραγωγή και η χρήση της δεν ρυπαίνει το περιβάλλον με τοξικές ουσίες, αφού τα προϊόντα καύσης της είναι βασικά το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα. Δίψτανται βέβαια οι απόψεις ως προς την επίδραση που έχει στο φαινόμενο του

θερμοκηπίου και συνεπώς στην παγκόσμια θέρμανση. Αν όμως θεωρήσουμε ότι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό που αποδίδει στην ατμόσφαιρα η βιομάζα, το είχε ήδη αφαιρέσει η ίδια από την ατμόσφαιρα κατά την ανάπτυξή της, τότε πρέπει να πούμε ότι είναι ουδέτερη ως προς αυτό το φαινόμενο. Σε κάθε περίπτωση πάντως δεν επιτείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αν οι ποσότητες που καίγονται αναπληρώνονται π.χ. με αναδασώσεις.

- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό του διοξειδίου του θείου που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Το κόστος των απαραίτητων εγκαταστάσεων αποσβέννεται σε σύντομο χρόνο.
- Επιλύει το πρόβλημα των σκουπιδιών των μεγαλουπόλεων μετατρέποντάς το από πρόβλημα σε προσοδοφόρο επένδυση παραγωγής βιοαερίου. Αυτό συμβαίνει ήδη σε πολλές πόλεις της Ευρώπης.
- Αυξάνει τις θέσεις εργασίας και τονώνει την οικονομική ζωή της υπαίθρου με την οργάνωση ενεργειακών καλλιεργειών.
- Τέλος η χρήση της βιομάζας έχει και πολλά άλλα ευεργετήματα για το περιβάλλον όπως η μετρίαση των κλιματικών αλλαγών, η ελάττωση της όξινης βροχής που είναι υπεύθυνη για τη νέκρωση πολλών λιμνών και που προκαλείται από τις εκπομπές οξειδίων θείου και αζώτου με την καύση των συμβατικών καυσίμων, η ελάττωση της διάβρωσης του εδάφους αλλά και της ρύπανσης των υδάτων. Ακόμα και τα δάση συντηρούνται καλύτερα με σωστή διαχείριση.
- Σε οικονομικό και εθνικό επίπεδο, εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

#### 6.6. Μειονεκτήματα βιομάζας

- Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
- Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, μεταποίηση και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.
- Το δαπανηρότερο των εγκαταστάσεών της και η μικρότερη θερμομαντική της ικανότητα ως προς τα συμβατικά καύσιμα.

**Βιβλιογραφία**

- Macher, J., (1999), Bioaerosols: Assessment and Control. American Conference oh Government Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio
- Διαδίκτυο : [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- Διαδίκτυο : [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)
- Διαδίκτυο : <http://www.sustainability.williams.edu>



## 7.ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

### 7.1. Εισαγωγή

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό κτιρίων και οικιστικών συνόλων εντάσσεται στην στρατηγική της βιωσιμότητας, μιας ήπιας, συμβιωτικής διαχείρισης του περιβάλλοντος, φυσικού και δομημένου. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποσκοπεί στην προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον και στο τοπικό κλίμα, διασφαλίζοντας παράλληλα συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό τους. Η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων εξυπηρετεί τέσσερις βασικούς στόχους :

1. Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.
2. Την εξοικονόμηση χρήματος. Η χρησιμοποίηση της αδάπανης ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων ή/και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους αποτελούν πρόκληση οικονομική, καθώς η προκύπτουσα εξοικονόμηση χρημάτων είναι της τάξης του 50%, ενδέχεται και μεγαλύτερη.
3. Την προστασία του περιβάλλοντος, λόγω του περιορισμού στη χρήση συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, συνεπώς τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.
4. Τη βελτίωση του εσω-κλίματος των κτιρίων με τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης – θερμικής και οπτικής ποιότητας αέρα – και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών κατοικησιμότητας.

Ουσιαστικά, η βιοκλιματική αντίληψη διατυπώνει μια εμπλουτισμένη άποψη για το σχεδιασμό του δομημένου χώρου, η οποία εμπεριέχει την περιβαλλοντική διάσταση και την αντίστοιχη ευαισθησία. Πρόκειται για μια αρχιτεκτονική φιλική προς το περιβάλλον και τους χρήστες, για μια εναλλακτική θεώρηση της δόμησης του χώρου – αναπόφευκτης δραστηριότητας του ανθρώπου – η οποία οφείλει να επιφέρει τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο φυσικό χώρο, με το μικρότερο δυνατό ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

## 7.2. Περιβαλλοντικές παράμετροι

Από τις παραμέτρους του περιβάλλοντος που επηρεάζουν καθοριστικά το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων διακρίνονται :

- a. Το κλίμα του τόπου.
- b. Το φυσικό περιβάλλον, δηλαδή το ανάγλυφο του εδάφους, η βλάστηση, το τοπίο – θέα, η γειτνίαση με νερό.

### 7.2.1. Το κλίμα του τόπου

Το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων συνθέτει το κλίμα κάθε τόπου ή περιοχής. Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον, συνεπώς καθορίζουν την αίσθηση της άνεσης – ευεξίας στους ανθρώπους. Επίσης καθορίζουν την ποσότητα και την ποιότητα του παρεχόμενου φυσικού φωτός και κατά συνέπεια την αίσθηση οπτικής άνεσης.

Οι βασικές παράμετροι του κλίματος, οι οποίες κρίνονται απαραίτητες για το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων, είναι :

- Η θερμοκρασία του αέρα ( μέση, μέγιστη, ελάχιστη ) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα – καλοκαίρι.
- Η ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοφάνεια και ένταση σε μηνιαία βάση.
- Οι άνεμοι – χειμερινοί, ψυχροί θερινοί, δροσεροί -, κατεύθυνση και ένταση.
- Η σχετική υγρασία ( μέση, μέγιστη, ελάχιστη  $\theta$  και οι διακυμάνσεις της χειμώνα – καλοκαίρι.

Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν το σχεδιασμό του κτιρίου στη φάση των αρχικών επιλογών, δηλαδή στα προσχέδια, με την έννοια της χωροθέτησής του στο οικόπεδο, έτσι ώστε να αξιοποιούνται οι θετικές παράμετροι – ήλιος το χειμώνα, δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι – με παράλληλα αποφυγή των ψυχρών ανέμων και της υγρασίας.

### 7.2.2. Το φυσικό περιβάλλον

- Το ανάγλυφο του εδάφους, επίπεδο ή με κλίση, επηρεάζει την τοποθέτηση του κτιρίου, αλλά και τη μορφολογία του, σε επίπεδη διάταξη ή κλιμακωτή προσαρμοσμένη στο έδαφος.
- Ο προσδιορισμός των προσήλιων και υπήνεμων περιοχών, σε σχέση με τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους, καθορίζει την ένταξη του κτιρίου στο οικόπεδο.

- Το τοπίο - βλάστηση χαμηλή ή δέντρα – καθορίζει τις επιλογές για τη χωροθέτηση του κτιρίου – αποφυγή της σκίασης το χειμώνα, εξαρτώμενη από το ύψος των γύρω στοιχείων – κτιρίων, ανάγλυφου και δέντρων – ενώ αντίστροφα το καλοκαίρι επιδιώκεται η σκίασή του από τα δέντρα και τα γύρω στοιχεία, εφόσον είναι εφικτή.
- Η θέα, εφόσον υπάρχει, είναι καθοριστικός παράγων ως προς την τοποθέτηση του κτιρίου και των ανοιγμάτων στο κέλυφός του, καθώς και ως προς τη διάταξη των εσωτερικών χώρων. Στην περίπτωση που η θέα βρίσκεται στην βορεινή πλευρά του οικοπέδου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, προβλέποντας μεγάλα ανοίγματα στο κτίριο προς το Βορρά, παρά το γεγονός ότι ίσως αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του κελύφους.
- Η γειτνίαση με νερό – θάλασσα, ποτάμι ή λίμνη – αποτελεί στοιχείο βοηθητικό για τη δημιουργία άνετου μικροκλίματος το καλοκαίρι στο άμεσο περιβάλλον του κτιρίου, αρκεί να διασφαλίζεται η προστασία του κτιρίου από την υγρασία, κυρίως το χειμώνα.

### 7.3. Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξαρτάται από το τοπικό κλίμα και βασίζεται στις παρακάτω αρχές :

- Θερμική προστασία των κτιρίων, τόσο τον χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος) και την διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν «φυσικά» συστήματα θέρμανσης, αλλά και φωτισμού.
- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.
- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός τις νυχτερινές ώρες.
- Εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ελέγχου της φωτεινής ακτινοβολίας, ώστε να υπάρχει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.

- Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτίρια, με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των εξωτερικών χώρων και, εν γένει, του δομημένου περιβάλλοντος, ακολουθώντας όλες τις παραπάνω αρχές.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός περιλαμβάνει και τα **παθητικά ηλιακά συστήματα** , που είναι αναπόσπαστα κομμάτια-δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, που λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν αλλά και δροσίζουν τα κτίρια.

Ο σχεδιασμός του κτιρίου οφείλει να συνάδει με τις ακόλουθες βιοκλιματικές αρχές λειτουργίας του :

- Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα :
  1. Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο – προσανατολισμός.
  2. Σχήμα κτιρίου.
  3. Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού.
  4. Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων.
- Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας.
  1. Προστασία από ψυχρούς ανέμους.
  2. Θερμική προστασία – θερμομόνωση.
- Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας.
  1. Θερμική μάζα – θερμοχωρητικότητα.
- Το κτίριο ως αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης.
  1. Ηλιοπροστασία κτιρίου και ανοιγμάτων.
  2. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών.
  3. Επάρκεια θερμικής μάζας.
  4. Θερμομόνωση.
  5. Φυσικός αερισμός.
  6. Νυχτερινή ακτινοβολία.
  7. Μικροκλίμα.

### 7.3.1. Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης

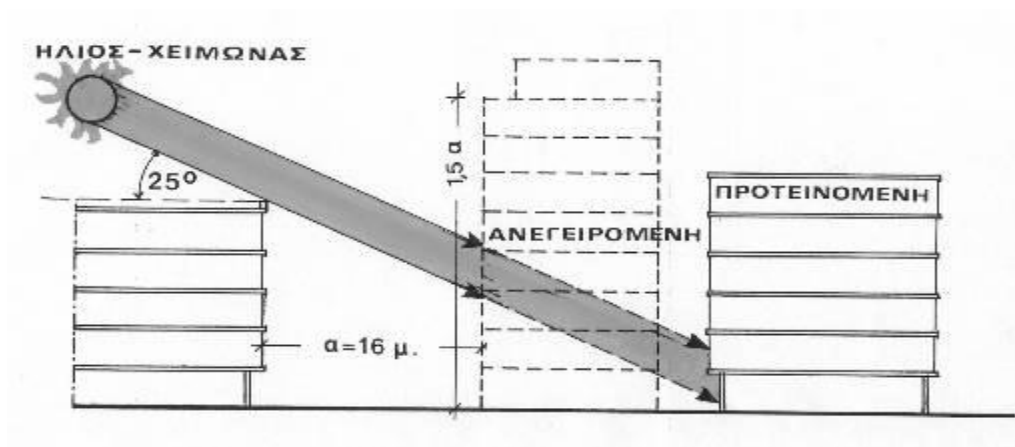
#### 7.3.1.1. Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο-προσανατολισμός

Η χωροθέτηση του νέου κτιρίου στο οικόπεδο οφείλει να διασφαλίζει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του. Επιτρέπονται αποκλίσεις έως  $\pm 30^\circ$  ανατολικά ή δυτικά του νότου. Στην περίπτωση αστικού οικοπέδου με δυσμενή προσανατολισμό, δηλαδή με όψεις ελεύθερες μόνο σε ανατολή και δύση, η δυνατότητα προσανατολισμού προς το νότο μπορεί να επιτευχθεί μέσω προεξοχών του κελύφους, των οποίων η όψη στρέφεται προς το νότο.

Ο έλεγχος του ηλιασμού του κτιρίου πραγματοποιείται με τη χρήση των ηλιακών χαρτών – διαγραμμάτων, βάσει των οποίων καθορίζεται και η απόσταση από τα γειτονικά κτίρια – εμπόδια. Ο έλεγχος αυτός καθορίζει την τελική τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο.

Υφίσταται ένας εμπειρικός κανόνας χρήσιμος στη φάση των προσχεδίων για τον έλεγχο του ηλιασμού το χειμώνα, ο οποίος καθορίζει ότι : για νότιο προσανατολισμό η απόσταση ανάμεσα στο χωροθετούμενο κτίριο και το υφιστάμενο εμπόδιο πρέπει να ισούται με  $1,5 \times$  το ύψος του εμποδίου. Αναγκαία είναι εδώ η χρήση της τομής του υφιστάμενου εμποδίου και του νέου κτιρίου.

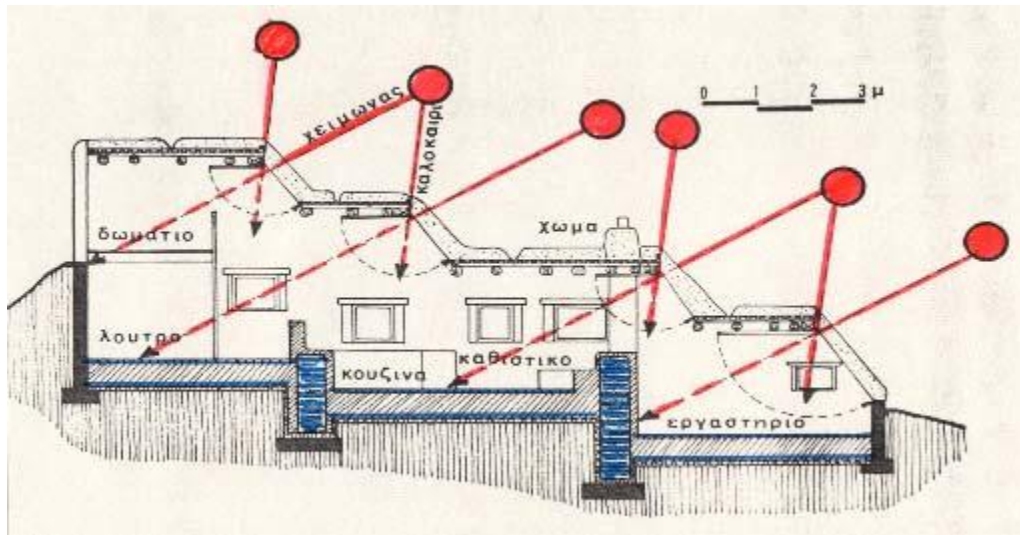
Για παράδειγμα, εάν το υφιστάμενο κτίριο-εμπόδιο έχει ύψος  $15\mu$ , η ελάχιστη απόσταση χωροθέτησης του νέου κτιρίου πρέπει να είναι ίση με  $1,5 \times 15 = 22,50\mu$ , προκειμένου το νέο κτίριο να έχει ήλιο το χειμώνα.



Εικόνα 3.1 Ηλιασμός οικοδομής στην περίπτωση υποχώρησης στο οικόπεδο

### 7.3.1.2. Σχήμα κτιρίου

Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας το καταλληλότερο σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για τη συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι περίπου ίση με 1/1,5. Όταν το οικόπεδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά – νότου, επιλέγουμε λύσεις με όγκους σπαστούς ή κλιμακωτή οργάνωση του κτιρίου, έτσι ώστε οι πίσω χώροι να δέχονται ήλιο το χειμώνα.



Εικόνα 3.2 Κτήριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, σε κλιμακωτή διάταξη

### 7.3.1.3. Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτίζει του προσανατολισμού

Οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων ενός κτιρίου αποτελούν τον οικονομικότερο, αποδοτικότερο και απλούστερο ηλιακό συλλέκτη το χειμώνα αρκεί να έχουν προσανατολισμό νότιο ή  $\pm 30^\circ$  ανατολικά ή δυτικά του νότου.

Προτείνονται μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων προς το νότιο προσανατολισμό, μέτριου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη και μικρότερα ανοίγματα στο βορρά. Τα τελευταία, παρά το προτεινόμενο μικρό μέγεθός τους, πρέπει οπωσδήποτε να προβλέπονται στο σχεδιασμό του κτιρίου, διότι πέραν της διασφάλισης φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, παρέχουν τη δυνατότητα διαμπερούς αερισμού το καλοκαίρι, συνεπώς και φυσικού δροσισμού του κτιρίου.

### 7.3.1.4 Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων

Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων παραμένει ένα κρίσιμο ζήτημα, καθώς εξαρτάται από τη χρήση του χώρου και τις ανάγκες των ενοίκων. Η βορεινή πλευρά του κτιρίου το χειμώνα είναι η πιο ψυχρή, η λιγότερο φωτεινή και δε δέχεται καθόλου ήλιο. Για τους λόγους αυτούς σε αυτήν την πλευρά θα τοποθετούνται οι χώροι η χρήση των οποίων είναι ολιγόωρη, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους και ως χώροι ανάσχεσης των θερμικών απωλειών των κύριων χώρων ζωής.

Για παράδειγμα στην κατοικία, προς το βορρά τοποθετούνται τα κλιμακοστάσια, λουτρό – WC, αποθήκη και χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων.

Στη νότια πλευρά τοποθετούνται οι χώροι κύριας και πολύωρης χρήσης, έτσι ώστε να απολαμβάνουν τα θερμικά κέρδη από τον ήλιο το χειμώνα, είναι πιο ευχάριστοι και πιο φωτεινοί, ενώ παράλληλα παρέχουν τη δυνατότητα ένταξης παθητικών ηλιακών συστημάτων.

Σε κτίρια άλλης χρήσης, όπως νοσοκομεία, γραφεία, ξενοδοχεία κλπ. επιδιώκεται κατά το σχεδιασμό, οι χώροι πολύωρης – κύριας χρήσης να τοποθετούνται κατά το νότο ή την ανατολή, υπό την προϋπόθεση να λαμβάνεται μέριμνα σκιασμού τους το καλοκαίρι, ενδεχομένως και το χειμώνα, προς αποφυγή θάμβωσης που προκαλείται στους χρήστες από το έντονο φως του ήλιου πχ σε γραφεία. Σε κτίρια ειδικής χρήσεις όπως εργοστάσια, βιβλιοθήκες κλπ η εσωτερική οργάνωση των χώρων ρυθμίζεται, κυρίως σε σχέση με την ποιότητα και την ποσότητα του απαιτούμενου φυσικού φωτισμού.

### 7.3.2 Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας

Για την αποτελεσματική λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη, είναι ανάγκη η θερμότητα, που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία να παγιδεύεται στο εσωτερικό του. Γι' αυτό συνιστάται αφενός προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους και αφετέρου θερμομόνωση του κελύφους του.

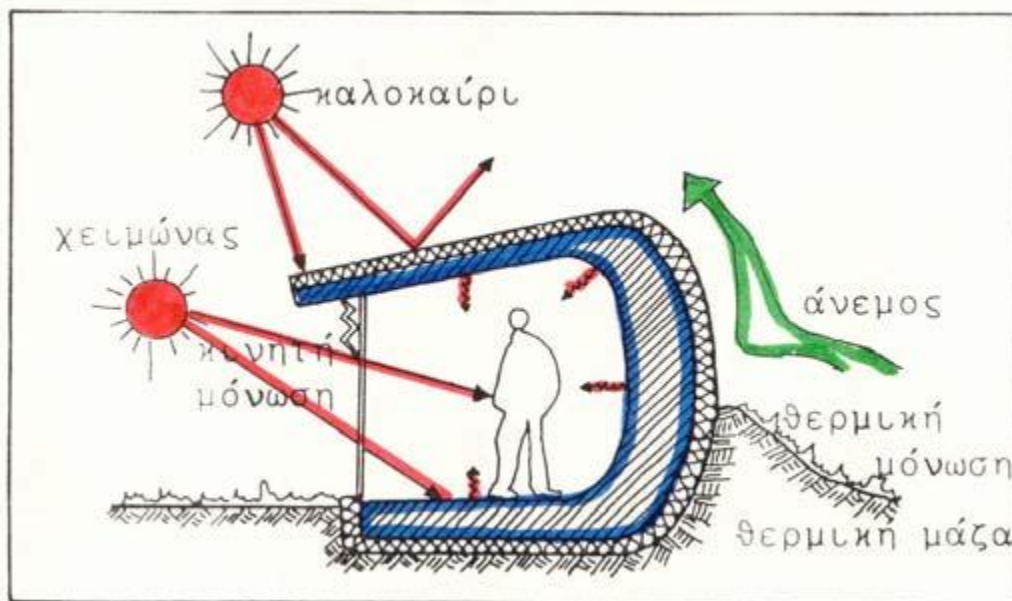
#### 7.3.2.1. Προστασία από ψυχρούς ανέμους

Η προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους επιτυγχάνεται με κατάλληλους χειρισμούς στο άμεσο εξωτερικό περιβάλλον του : με τη φύτευση αιθιαλών δέντρων ή χαμηλής βλάστησης ή ανεμοφράκτη για την εκτροπή των ανέμων ή με την πρόβλεψη κατάλληλων προεξοχών στο κέλυφος του κτιρίου.

### 7.3.2.2. Θερμική προστασία-θερμομόνωση

Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον επιβάλλεται :

- Κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους, όπως είναι οι τοίχοι, τα δάπεδα και οι οροφές. Οι επιλογές ως προς τα υλικά και το πάχος της θερμομόνωσης εξαρτώνται από την κλιματική ζώνη ( μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας ). Επισημαίνεται ότι για να λειτουργήσει το κτίριο αποτελεσματικότερα, ως αποθήκη θερμότητας, πρέπει η θερμομόνωση των συμπαγών θερμικών του στοιχείων να τοποθετείται στην εξωτερική τους πλευρά. Έτσι περιορίζονται και οι θερμογέφυρες.
- Επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων ανάλογα με την κλιματική ζώνη, με διπλά ή πολλαπλά τζάμια με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και εξώφυλλα με θερμομόνωση ή όχι.
- Καλή αεροστεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων.



Εικόνα 3.3 Διαγραμματική τομή κελύφους για την αποθήκευση της θερμότητας

### 7.3.3 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας

Για την αποτελεσματική βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου, η συλλεγείσα θερμότητα από τον ήλιο πρέπει να αποθηκεύεται στη μάζα του.



### 7.3.3.1 Θερμική μάζα-θερμοχωρητικότητα

Ο ποιο αποτελεσματικός «αποθηκευτής» της ηλιακής θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοίχοι, οι οροφές. Τα βαριά υλικά, σκυρόδεμα, πέτρα, τούβλα, άργιλος, έχουν μεγάλη πυκνότητα και ειδική θερμοχωρητικότητα, συνεπώς μεγάλη θερμοχωρητικότητα άρα και ικανότητα αποθήκευσης της θερμότητας.

Η απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται άμεσα από το δάπεδο και τους παρακείμενους τοίχους και έμμεσα από την οροφή με την κίνηση του θερμού αέρα, όντας ελαφρύτερος, προς τα πάνω.

Όσο περισσότερη μάζα διαθέτει το κτίριο στο εσωτερικό του τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποθηκεύει, διατηρώντας τη θερμοκρασία του χώρου σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες, ενώ παράλληλα περιορίζεται η λειτουργία της βοηθητικής θέρμανσης το χειμώνα αλλά και της ψύξης το καλοκαίρι.

### 7.3.4 Το κτίριο ως αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης

Το καλοκαίρι η έντονη ηλιακή ακτινοβολία και οι υψηλές θερμοκρασίες επιβαρύνουν το κτίριο, με αποτέλεσμα να προκαλείται κίνδυνος υπερθέρμανσης στους εσωτερικούς χώρους. Για την επίτευξη του φυσικού δροσισμού απαιτείται τόσο η προστασία του κτιρίου από τον ήλιο, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, όσο και η μεταφορά της περίσσειας θερμότητας στο ύπαιθρο, με φυσικό αερισμό και άλλες τεχνικές που παρατίθενται κατωτέρω.

Συνεπώς οι ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου για επίτευξη φυσικού δροσισμού είναι :

#### 7.3.4.1 Ηλιοπροστασία κτιρίου και ανοιγμάτων

- a. Τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων ή βλάστησης σε κατάλληλες θέσεις στην περίπτωση χαμηλής δόμησης ή μεμονωμένων κτιρίων.
- b. Για το σκιασμό των ανοιγμάτων, τοποθέτηση σκιάστρων ή προεξοχών του ίδιου του κτιρίου, των οποίων η γεωμετρία και η θέση τους εξαρτώνται από τον προσανατολισμό τους. Για το νότιο προσανατολισμό τα πιο κατάλληλα συστήματα είναι τα οριζόντια, κινητά ή σταθερά. Το βάθος της προεξοχής καθορίζεται από το ύψος του ανοίγματος και το ύψος του ήλιου, δηλαδή από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό κατάλληλα είναι τα κατακόρυφα συστήματα σκίασης, κάθετα στην όψη του κτιρίου ή υπό κλίση. Για νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό, τα συστήματα σκίασης πρέπει να είναι συνδυασμός κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων.

#### **7.3.4.2 Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών**

Η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη θερινή περίοδο συμβαίνει στα δώματα με αποτέλεσμα οι τελευταίοι όροφοι των κτιρίων να είναι περισσότερο επιβαρυνμένοι. Συνιστώνται δώματα ανοιχτού χρώματος ή με ανακλαστική επιφάνεια ή με φύτευση ( φυτεμένα δώματα ). Επίσης εξωτερικοί τοίχοι ανοιχτού χρώματος ( κυρίως οι δυτικού προσανατολισμού ) καθώς και φυτεμένοι τοίχοι με αναρριχητικά φυτά ή κατακόρυφοι κήποι ( vertical gardens ).

#### **7.3.4.3 Επάρκεια θερμικής μάζας**

Τα υλικά της κατασκευής του κτιρίου, εφόσον είναι βαριά, συνιστούν την αναγκαία θερμική μάζα για την παραλαβή της αυξημένης θερμότητας το καλοκαίρι.

#### **7.3.4.4 Θερμομόνωση**

Η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου είναι αναγκαία γιατί μειώνει το ψυκτικό του φορτίο.

#### **7.3.4.5 Φυσικός αερισμός**

Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο απομακρύνει την πλεονάζουσα θερμότητα προς το ύπαιθρο. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού είναι η διεύθυνση και η ένταση των δροσερών ανέμων στην περιοχή κατά τη θερινή περίοδο, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων στο κτίριο και η χρήση του κτιρίου.

#### **7.3.4.6 Νυχτερινή ακτινοβολία**

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν σημαντικά ποσά θερμότητας προς τον καθαρό ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας, το καλοκαίρι. Ιδιαίτερα τα δώματα των κτιρίων, λόγω της οριζόντιας επιφάνειάς τους εκπέμπουν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας προς τον ουρανό σε σχέση με τις άλλες επιφάνειες. Για τον λόγο αυτό μπορούν να εφαρμοστούν κατάλληλα συστήματα – κατασκευές εκ των οποίων οι συνηθέστερες είναι οι μεταλλικοί ακτινοβολητές.

#### **7.3.4.7 Μικροκλίμα**

Η εξάτμιση του νερού από υδάτινα στοιχεία, καθώς και η εξατμισοδιαπνοή από τα φυλλώματα των δέντρων ή/και της βλάστησης προκαλούν πτώση της θερμοκρασίας του αέρα. Ως χρόνος καλύτερης απόδοσης της εξάτμισης ορίζονται οι μεσημβρινές ώρες γιατί τότε η υγρασία του αέρα είναι χαμηλή.

**Βιβλιογραφία**

- Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός-Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2006
- Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., Ερευνητικό Πρόγραμμα: «Application of RES in Saint John's Settlement Renewal - ECO TOWN», ALTENER II Programme, Directorate General XVII for Energy, 1999-2001
- Colombo, R., Landabaso, A., Sevilla, A., «Passive Solar Architecture for Mediterranean Area», Joint Research Centre, Commission of the European Communities, 1994.
- Fathy, H., «Natural Energy and Vernacular Architecture», The University of Chicago Press, Chicago, 1986.
- Grapsas, K., «Considering Microclimate in Building Design, a Design Study in Lefkada, Hellas». MPhil Dissertation, Department of Architecture, University of Cambridge, 2001.
- Grapsas, K., «The Use of Transitional Spaces in Environmental Control – a Study through History and Different Climates». Proceedings of Passive and Low Energy Architecture Conference (PLEA), Santiago, Chile, 2003.
- Goulding J.R, Lewis J.O., Steemers T,C. (Επιμ), «Energy in Architecture, The European Passive Solar Handbook», Commission of the European Communities, 1994. Ελληνική έκδοση: «Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική. Το Ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα Παθητικά ηλιακά κτήρια», μεταφρ. Ε. Τσίγκας, Μαλλιάρης Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Ένωση, 1996.
- Huet,O., & Cellaire, R., «Bioclimatisme en Zone Tropicale», GRET, Paris, 1986.
- Mazria (Ed.), «The Passive Solar Energy Book», Rodale Press, Emmaus, Pa., 1979.
- Παπαδόπουλος, Μ., & Αξαρχή, Κ., «Δομική Φυσική ΙΙ, Ενεργειακός Σχεδιασμός – Παθητικά Ηλιακά Συστήματα», Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη, 1982.
- Rapoport, A., «House Form and Culture|», New Jersey, 1969.
- Roaf, S., et al «Adapting Buildings and Cities for Climate Change», Elsevier, Amsterdam, 2005.
- Szokolay, S.V. «Introduction to Architectural Science, The Basis for Sustainable Design», Elsevier, Amsterdam, 2008.
- Yannas, S., «Solar Energy and Housing Design: Principles, Objectives, Guidelines», Architectural Association Publications, 1993
- Κοντορούπης Μ. Γ., Ενεργειακός-Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών, Αθήνα 2002
- Τσίππρας Κώστας & Θέμης Σ., Οικολογική Αρχιτεκτονική, Εκδόσεις Κέδρος 2005

## 8.ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

### 8.1. Εισαγωγή

Για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, για τη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων έχουν αναπτυχθεί τρεις κατηγορίες τεχνικών συστημάτων, ανάλογα αν παρεμβάλλονται ή όχι μηχανολογικοί εξοπλισμοί : τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα υβριδικά.

1. Παθητικά ηλιακά συστήματα είναι αυτά που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη χωρίς να κάνουν χρήση μηχανικών συστημάτων στη μεταφορά της θερμότητας στο χώρο. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου, και χρησιμοποιούν για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους, όπως τα δάπεδα, τις οροφές και τους τοίχους.
2. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων – απλών μέχρι υψηλής τεχνολογίας ( αντλίες θερμότητας, εναλλάκτες θερμότητας κλπ )- και προϋποθέτουν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, οι ηλιακοί συλλέκτες, οι οποίοι θερμαίνουν νερό ή αέρα διοχετεύοντάς το στη συνέχεια στο σύστημα διανομής της θερμότητας στο χώρο με τη μεσολάβηση εναλλάκτη θερμότητας.
3. Τα υβριδικά είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική ροή θερμότητας. Βασίζονται στην παθητική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, παρεμβάλλοντας συγχρόνως μηχανικά συστήματα χαμηλής κατανάλωσης και απλής κατασκευής. Για παράδειγμα, η προσθήκη ενός ανεμιστήρα σε ένα παθητικό σύστημα, για να υποβοηθήσει τη μεταφορά θερμότητας στους πίσω χώρους του κτιρίου ή ενός θερμοστάτη για να υπάρχει έλεγχος της θερμότητας που αποδίδεται, μετατρέπουν ένα παθητικό ηλιακό σύστημα σε υβριδικό.

### 8.2. Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων

Η εφαρμογή των παθητικών ηλιακών συστημάτων προϋποθέτει ένα κτίριο σχεδιασμένο με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως προαναφέρθηκε. 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.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από τον υαλοπίνακα, σε θερμική ακτινοβολία και στη δέσμευσή της ως θερμότητα στον εσωτερικό χώρο.

Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας (άμεσης και διάχυτης) επάνω στον υαλοπίνακα λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί μετάδοσής της. Ένα ποσοστό ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα ποσοστό, που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα της ακτινοβολίας – φωτεινή ακτινοβολία – διαπερνά τον υαλοπίνακα, και ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα, από το οποίο ένα μέρος επανακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα μέρος προς τον εσωτερικό χώρο και ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία.

Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά, ανακλάται ή απορροφάται από τον υαλοπίνακα εξαρτάται από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά αυτού.

$$g + p + a = 1$$

όπου  $g$  : διαπερατότητα,  $p$  : ανακλαστικότητα και  $a$  : απορροφητικότητα

Το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, που ανάλογα με τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα, διέρχεται στον εσωτερικό χώρο, είναι μικρού μήκους κύματος. Η ακτινοβολία προσπίπτει στα δομικά στοιχεία και τα αντικείμενα που βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο και, αλλάζοντας μήκος κύματος, μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος). Ο υαλοπίνακας και τα διαφανή εν γένει υλικά είναι αδιαπέρατα στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα. Η με αυτόν τον τρόπο προερχόμενη θερμότητα, δεν μπορεί να διαπεράσει ως θερμική ακτινοβολία τον υαλοπίνακα, εγκλωβίζεται στον εσωτερικό χώρο, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία ή από ειδικά διαμορφωμένη αποθήκη θερμότητας και πλέον μεταδίδεται στο χώρο με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, συμβάλλοντας στη διατήρηση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου.

### 8.3. Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.

### 8.3.1. Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Πρόκειται για διαφανή υλικά, διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα παθητικό σύστημα είναι :

- I. Οι θερμοφυσικές ιδιότητες ( διαπερατότητα, απορροφητικότητα, ανακλαστικότητα, ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, θερμοπερατότητα).
- II. Η αισθητική, που είναι καθοριστικός παράγων για τη διαμόρφωση των όψεων του κτιρίου και η οποία συνδέεται με τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού.
- III. Η αντοχή, που πρέπει να είναι ικανή να παραλαμβάνει τις μηχανικές καταπονήσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές και ανεμοπιέσεις.
- IV. Το βάρος που μπορεί να φέρει το στοιχείο στο οποίο εφαρμόζεται το διαφανές υλικό.
- V. Το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να μην επιβαρύνεται οικονομικά η κατασκευή.

Τα συνηθέστερα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά) και η διαφανής θερμομόνωση.

### 8.3.2. Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων.

Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι το σκυρόδεμα, η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι, τα κεραμικά πλακίδια, το νερό και τα υλικά αλλαγής φάσης (πχ τα εύτηκτα άλατα).

Τα πρώτα (σκυρόδεμα, πέτρες κλπ) είναι συγχρόνως υλικά του φέροντος οργανισμού και έχουν και μεγάλη θερμοχωρητικότητα (σκυρόδεμα). Το νερό έχει μεν τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά είναι κατασκευαστικώς δύσκολο να χρησιμοποιηθεί σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές που ενσωματώνονται σε δομικά στοιχεία (πχ σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας) ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.

Τα υλικά αλλαγής φάσης είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζοντας φυσική κατάσταση αποθηκεύουν θερμότητα την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική τους κατάσταση.

#### **8.4. Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης**

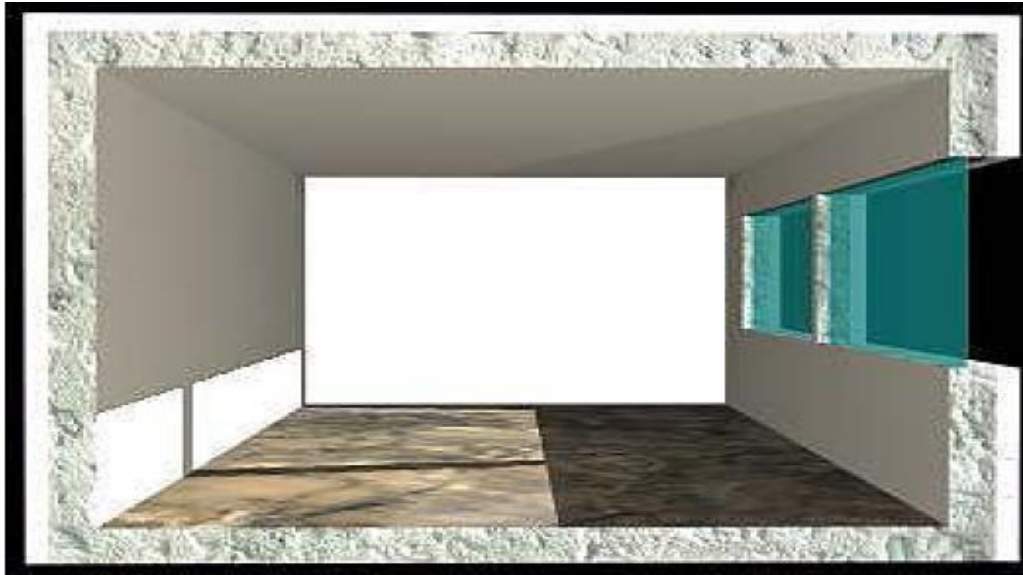
Τα παθητικά συστήματα πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό με απόκλιση έως 30° προς την ανατολή ή τη δύση και ο χειμερινός ηλιασμός τους να είναι ανεμπόδιτος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκίαστρα. Διακρίνονται σε άμεσου και έμμεσου ηλιακού κέρδους και είναι :

1. Σύστημα άμεσου κέρδους – νότιο υαλοστάσιο.
2. Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος.
3. Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος.
4. Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης.
5. Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση.

##### **8.4.1. Συστήματα άμεσου κέρδους**

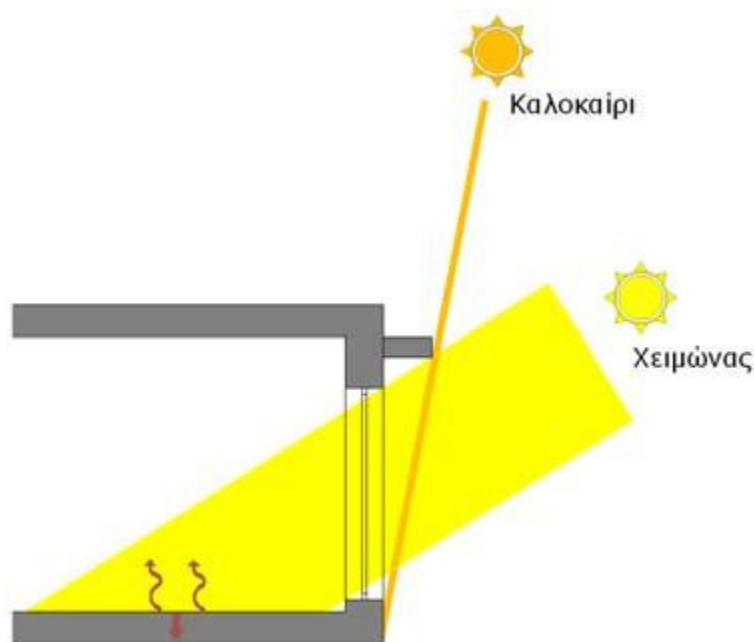
Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτιρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτιρίου(Εικόνα 8.1). Στην περίπτωση αυτή το κτίριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας. Όλα τα ανοίγματα του κτιρίου συλλέγουν 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. Η θερμότητα που αποθηκεύεται αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.





Εικόνα 8.1 Σύστημα άμεσου κέρδους

Είναι σημαντικό, ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτιρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών, αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα. Έτσι ομαλοποιούνται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο –καθώς η θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη που έχει αποθηκευτεί, απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτιρίου-, αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τις περιόδους με μεγάλη ηλιοφάνεια και η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (απογευματινές και νυχτερινές ώρες).



Εικόνα 8.2 Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους

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.

Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους του κτιρίου, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού καθώς και τη θέση, το μέγεθος και το υλικό της θερμικής αποθήκης, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%.

Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραβλέπεται ότι τα μεγάλα ανοίγματα προκαλούν κίνδυνο θάμβωσης και μείωση της ιδιωτικότητας. Η ορθολογική χωροθέτηση, προστασία των ανοιγμάτων και συγχρόνως η αύξηση της λαμπρότητας των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου, απομακρύνει τον κίνδυνο της θάμβωσης και της οπτικής όχλησης.

#### **8.4.1.1. Κριτήρια σχεδιασμού για το άνοιγμα**

Τα κριτήρια σχεδιασμού για το άνοιγμα στο σύστημα του άμεσου κέρδους αφορούν :

Στην περίοδο ηλιασμού του ανοίγματος. Η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να εισέρχεται στο κτίριο το χειμώνα και να αποτρέπεται το καλοκαίρι. Ο προσανατολισμός και η κατάλληλη ηλιοπροστασία συμβάλλουν σε αυτό.

Η νότια πρόσωση με απόκλιση 30° ανατολικά ή δυτικά του νότου δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους, με τον πιο ευνοϊκό τρόπο : τη μέγιστη μέση τιμή στη χειμερινή περίοδο και την ελάχιστη μέση τιμή στη θερινή. Επίσης δέχεται τη μεγαλύτερη διάρκεια ηλιασμού στη χειμερινή περίοδο.

Τα ανοίγματα που είναι προσανατολισμένα στο νότο (ή  $\pm 30^\circ$ ) δέχονται περίπου το 90% της ημερήσιας ακτινοβολίας, αλλά απαιτούν ηλιοπροστασία για την αποφυγή της υπερθέρμανσης τη θερινή περίοδο. Ανοίγματα σε ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό συνεισφέρουν επίσης, αλλά σε μικρότερο βαθμό, στη θέρμανση του χώρου. Και σε

αυτούς τους προσανατολισμούς απαιτείται ηλιοπροστασία για τον έλεγχο των θερμικών κερδών τη θερινή περίοδο.

Με τη χρήση εξωτερικών ανακλαστήρων η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο άνοιγμα μπορεί να αυξηθεί έως και 40%. Ανακλαστικές επιφάνειες ή επιστρώσεις μπορεί επίσης να τοποθετηθούν στο εσωτερικό του κτιρίου για να κατευθύνουν την ηλιακή ακτινοβολία στις θέσεις όπου υπάρχει θερμική μάζα.

Σε σχέση με την κλίση το κατακόρυφο νότιο υαλοστάσιο είναι προτιμότερο από το κεκλιμένο, γιατί το καλοκαίρι σκιάζεται ευκολότερα, ενώ το χειμώνα δέχεται εξίσου με το κεκλιμένο σημαντική ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας.

Γενικά η κατανομή των ανοιγμάτων επιλέγεται έτσι ώστε να διανέμεται η θερμότητα σε όλο τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Επίσης η διάταξη των ανοιγμάτων είναι τέτοια στην όψη ώστε η θερμική μάζα για την αποθήκευση να δέχεται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία.

Στην ηλιοπροστασία. Η ηλιοπροστασία είναι απαραίτητη, επειδή το μεγάλο μέγεθος των ανοιγμάτων για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να έχει ως συνέπεια την υπερθέρμανση του χώρου, ακόμη και κατά την περίοδο θέρμανσης. Ο κατάλληλος συνδυασμός και η διαστασιολόγηση εξωτερικών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων μπορεί να διασφαλίσει αποτελεσματικό ηλιακό έλεγχο και μείωση των ψυκτικών φορτίων τη θερινή περίοδο.

Στην επιλογή του υαλοστασίου. Πλαίσιο με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας (θερμομονωμένο πλαίσιο, μεταλλικό πλαίσιο με θερμική διακοπή, ξύλινο πλαίσιο κοκ), διπλός υαλοπίνακας ή ειδικοί θερμομονωτικοί υαλοπίνακες και αεροστεγανότητα του κουφώματος συμβάλλουν σε θετικό θερμικό ισοζύγιο, με το θερμικό όφελος από την ηλιακή ακτινοβολία να υπερκαλύπτει τις θερμικές απώλειες από το άνοιγμα.

Για την αύξηση της απόδοσης του συστήματος το χειμώνα εφαρμόζεται στα ανοίγματα νυχτερινή κινητή θερμομόνωση, που περιορίζει τις θερμικές απώλειες το βράδυ. Ενδείκνυνται ειδικά θερμομονωμένα φύλλα ασφαλείας και θερμομονωτικά πετάσματα. Ακόμα και η χρήση συμβατικών ρολών μειώνει τις θερμικές απώλειες από το άνοιγμα περίπου 30% και τα βενετικά στόρια και οι κουρτίνες κατά 5%. Όσο μεγαλύτερο είναι το άνοιγμα τόσο πιο επιτακτική είναι η εφαρμογή νυχτερινής μόνωσης. Στην αντίθετη περίπτωση, το άνοιγμα μπορεί να αποδώσει αρνητικά στο σύνολο του 24ώρου, καθώς επιτρέπει λόγω μεγέθους, αυξημένες θερμικές απώλειες τη νύχτα.

Στην απαίτηση για φυσικό φωτισμό του κτιρίου με σύγχρονη αποφυγή θάμβωσης, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου. Η χωροθέτηση και διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων σε σχέση με το βάθος του φωτιζόμενου χώρου, η προστασία των ανοιγμάτων και η λαμπρότητα των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου πρέπει να

συνυπολογίζονται. Επίσης, για την επιλογή του υαλοπίνακα, εκτός από το συντελεστή θερμοπερατότητας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διαπερατότητά του στη φωτεινή ακτινοβολία και να συνεκτιμώνται το επίπεδο του φυσικού φωτισμού που παρέχεται και οι συνθήκες οπτικής άνεσης.

#### 8.4.1.2. Κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη

Τα κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη στο σύστημα του άμεσου κέρδους αφορούν :

- Στη θέση και τη διανομή των στοιχείων αποθήκευσης. Τα δομικά στοιχεία που λειτουργούν ως θερμική αποθήκη δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία που έχει διαπεράσει το υαλοστάσιο ή θερμαίνονται από τον αέρα του χώρου που έχει ήδη θερμανθεί. Γενικά, απαιτείται τετραπλάσια θερμική μάζα για να αποθηκεύσει την ίδια ποσότητα θερμότητας, αν αυτή θερμαίνεται έμμεσα από τον αέρα του δωματίου από ότι αν θερμαίνεται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Το δάπεδο υπερτερεί ως θερμική αποθήκη επειδή συνήθως δέχεται άμεσα την ακτινοβολία, σε αντίθεση με την οροφή. Γενικά, όμως η κάλυψη του δαπέδου με έπιπλα, χαλιά κλπ, μπορεί να εμποδίζει την αποθήκευση θερμότητας σε αυτό. Οι τοιχοποιίες από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που δέχονται άμεσα ηλιακή ακτινοβολία (εσωτερικές ή εξωτερικές) είναι πολύ ικανές αποθήκες θερμότητας.
- Στο υλικό της θερμικής αποθήκης. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοχωρητικότητα του υλικού τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποταμιεύεται. Συγχρόνως όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου που λειτουργεί ως αποθήκη, τόσο μικρότερες είναι οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας. Από τα συνήθη οικοδομικά υλικά το σκυρόδεμα έχει την καλύτερη απόδοση, ενώ το νερό έχει τη βέλτιστη.
- Στο μέγεθος της επιφάνειας και το πάχος της θερμικής αποθήκης. Συνήθως τα πρώτα 10εκ της θερμικής αποθήκης συμμετέχουν ενεργά και με μεγάλη απόδοση στη διαδικασία της αποθήκευσης, ενώ μετά τα 20εκ η μάζα δεν έχει σχεδόν κανένα αποτέλεσμα στην ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας. Αντίθετα, μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια θερμικής αποθήκης συμβάλλει σε μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο. Γενικά συνιστάται η ποσότητα της θερμικής μάζας να διανέμεται σε μεγάλη επιφάνεια παρά σε μεγάλο πάχος κατασκευής.

Επομένως, το παθητικό σύστημα του άμεσου κέρδους αποτελείται αφενός από νότια ανοίγματα ή και μέχρι κλίση 30<sup>ο</sup> απόκλιση από το νότο προς την ανατολή ή τη δύση, κατασκευασμένα έτσι ώστε να περιορίζουν τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον

και εφοδιασμένα με νυχτερινή κινητή μόνωση για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και με ηλιοπροστατευτικό σύστημα για τη μείωση της υπερθέρμανσης και αφετέρου από επαρκή θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτιρίου για την αποθήκευση της θερμότητας, συνήθως στα ίδια τα δομικά στοιχεία του κτιρίου.

#### 8.4.2. Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος

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 έως 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.

Όσο μεγαλύτερη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία εμφανίζει η εξωτερική παρεία του τοίχου (βαφή με σκούρο χρώμα και αδρή επιφάνεια) τόσο αυξάνεται η απόδοση του συστήματος. Σε τοίχο με σκουρόχρωμη επιφάνεια αναπτύσσεται επιφανειακή θερμοκρασία μέχρι και 65° C.

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης διακρίνονται σε :

- Τοίχους που είναι κατασκευασμένοι από υλικά τοιχοποιίας, δηλαδή χυτό σκυρόδεμα, τσιμεντόλιθους, οπτόπλινθους (πλήρεις ή με οπές), πέτρα και ωμοπλίνθους.

- Τοίχους που αποτελούνται από δοχεία μεταλλικά, πλαστικά ή από μπετόν και περιέχουν νερό.

Για την καλή λειτουργία του τοίχου, το βάθος του θερμαινόμενου χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4,5 με 6 μέτρα που είναι η μέγιστη απόσταση για να είναι αποτελεσματική η θέρμανση του χώρου με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον θερμό τοίχο.

Μια παραλλαγή του συστήματος είναι ο 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 και 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 2 με 3 ώρες μετά το σκιασμό του.

Κατά τις νυχτερινές ώρες της χειμερινής περιόδου οι θυρίδες πρέπει να κλείνουν (αρκεί μόνο το κλείσιμο των επάνω θυρίδων), ώστε να μην προκαλείται αντίστροφη κυκλοφορία του αέρα. Οι θυρίδες μπορεί να κλείνουν χειροποίητα 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. Το πάχος του τοίχου, ιδίως αυτού που λειτουργεί χωρίς θυρίδες, είναι καθοριστικό. Το βέλτιστο πάχος ενός τοίχου με υλικά τοιχοποιίας αυξάνεται καθώς αυξάνεται και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των υλικών. Η χρησιμοποίηση των θυρίδων γίνεται απαραίτητη όσο αυξάνει το πάχος του τοίχου, γιατί τότε η κυκλοφορία του θερμού αέρα παίζει μεγαλύτερο ρόλο στη γρήγορη θέρμανση του εσωτερικού χώρου, παρά η μετάδοση θερμότητας με αγωγιμότητα από την εξωτερική στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου.

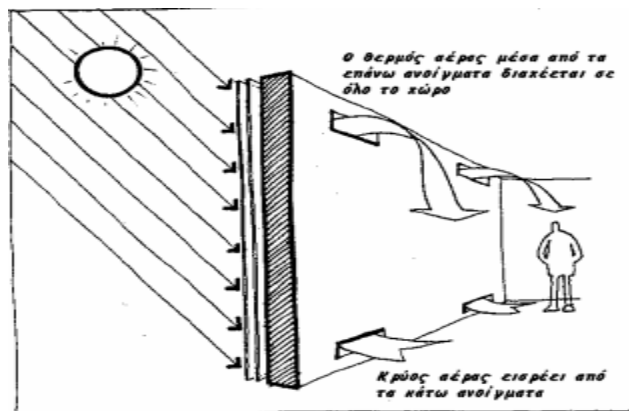
Το πάχος του τοίχου επηρεάζει και τη διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα στο θερμαινόμενο χώρο. Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του τοίχου τόσο μεγαλύτερη είναι η χρονική υστέρηση στη μετάδοση της θερμότητας και μικρότερες οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις της επιφανειακής θερμοκρασίας της εσωτερικής παρειάς του τοίχου και κατά συνέπεια και του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου.

Σε σχέση με τις θερμικές απώλειες που εμφανίζονται, η χρησιμοποίηση διπλού υαλοπίνακα κρίνεται ικανοποιητική. Η νυχτερινή κινητή μόνωση είναι απαραίτητη στις ψυχρότερες περιοχές. Επίσης για να βελτιωθεί η απόδοση του συστήματος, ο τοίχος

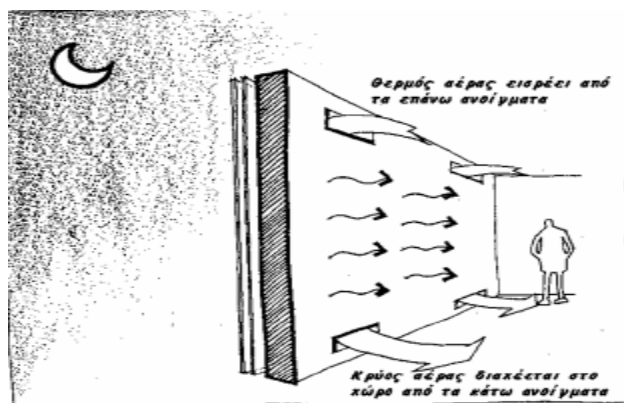
πρέπει να μονωθεί από όλα τα δομικά στοιχεία με τα οποία εφάπτεται, για να περιοριστούν οι θερμογέφυρες.

Για το καλοκαίρι, θα πρέπει να προβλεφτεί 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 μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου, προς το εξωτερικό περιβάλλον και να εξασφαλίζεται αποφόρτιση της θερμότητας και δροσισμός του τοίχου.

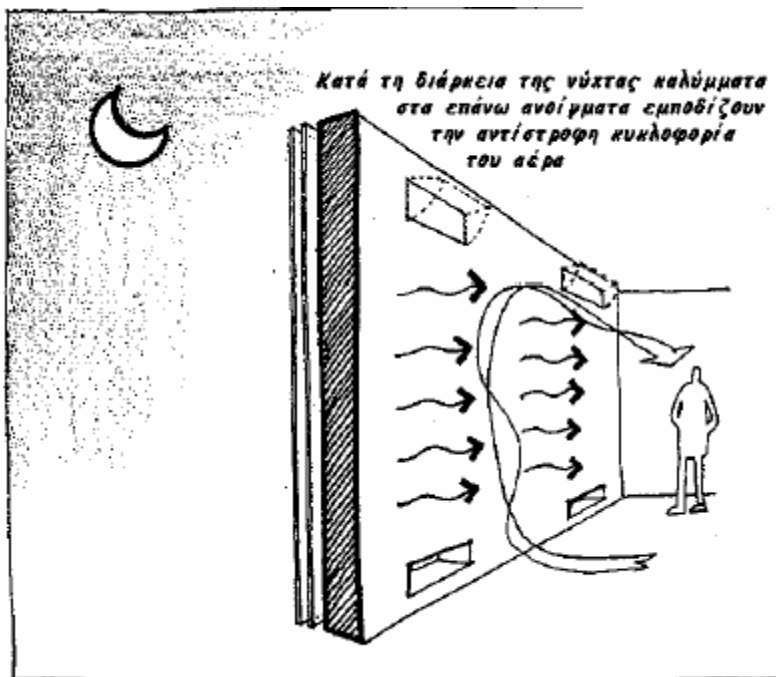
Όταν πρόκειται για τοίχο Trombe, πέραν της εξωτερικής σκίασης, πρέπει να κλείνουν οι εσωτερικές θυρίδες προς το χώρο, ώστε να μη λειτουργεί το σύστημα και μεταφέρει θερμό αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα, με την ύπαρξη αντιδιαμετρικών ανοιγμάτων στο χώρο, σε συνδυασμό με τις θυρίδες του τοίχου και ανοιγμάτων (φεγγίτες) στα υαλοστάσια, να δημιουργείται διαμπερής αερισμός που θα συμβάλει στο δροσισμό του κτιρίου.



Εικόνα 8.3 Τοίχοι Trombe με ανοίγματα. κατά τη διάρκεια της ημέρας ο αέρας που θερμαίνεται μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα διαχέεται, από τα επάνω ανοίγματα στο χώρο και το θερμαίνει συντομότερα.



Εικόνα 8.4 Τοίχοι Trombe με ανοίγματα. κατά τη διάρκεια της νύχτας ο αέρας ακολουθεί αντίστροφη πορεία που συνεπάγεται ψύξη του χώρου.



Εικόνα 8.5 Τοίχος Trombe με καλύμματα στα επάνω ανοίγματα. Η καλύτερη λύση είναι η εγκατάσταση ελαφρών καλυμμάτων που κλείνουν αυτόματα σαν βαλβίδες και δεν θα επιτρέπουν την ανεπιθύμητη κυκλοφορία του αέρα.

#### 8.4.2.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης, τύπου Trombe, έχουν πολύ καλή συμπεριφορά και απόδοση σε σύγκριση με άλλα παθητικά συστήματα. Με τη μάζα τους, που παρεμβάλλεται μεταξύ του χώρου του κτιρίου στον οποίο είναι εγκατεστημένα και του περιβάλλοντος, προφυλάσσουν τους ενοίκους από τις αυξομειώσεις θερμοκρασίας εξ αιτίας μεταβολών στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης η βραδύτητα με την οποία μεταφέρουν τη θερμότητα δια μέσου της μάζας τους στους εσωτερικούς χώρους αλλά και το γεγονός ότι ο ρυθμός μεταφοράς είναι υπολογίσιμος, ως συνάρτηση του πάχους και του υλικού του τοίχου, αποτελούν σοβαρά πλεονεκτήματα.

Στα μειονεκτήματα των τοίχων Trombe περιλαμβάνεται το γεγονός ότι αργούν να αποδώσουν θερμική ενέργεια στην αρχή της ημέρας(πρωί). Η τοποθέτηση ανοιγμάτων αερισμού στην κορυφή και τη βάση του τοίχου εξασφαλίζει ταχύτερη θέρμανση αλλά σε



βάρος της απόδοσης του συστήματος κατά τη διάρκεια των απογευματινών και βραδινών ωρών. Η ανάγκη κατασκευής ανοιγμάτων αερισμού στον τοίχο Trombe εξαρτάται από τη χρήση του χώρου για τον οποίο προορίζεται. Αν για παράδειγμα, αυτός χρειάζεται κατά τις πρωινές ώρες περισσότερη θέρμανση από αυτήν που μπορεί να προσφερθεί από συστήματα άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας τότε τα ανοίγματα αερισμού είναι αποδεκτά. Τα ανοίγματα αερισμού των τοίχων θα πρέπει να συνοδεύονται και από συστήματα παρεμπόδισης της αντίστροφης κυκλοφορίας του αέρα εφόσον το σύστημα προορίζεται για θέρμανση. Στους τοίχους με ανοίγματα αερισμού είναι σύνηθες φαινόμενο η συσσώρευση σκόνης στο διάστημα μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα. Η σκόνη αυτή εκτός της αισθητικής επηρεάζει και τον απόδοση του συστήματος. Το διάστημα μεταξύ του τοίχου και του υαλοπίνακα είναι πολύ στενό και μη επισκέψιμο. Για οποιαδήποτε επέμβαση στο συγκεκριμένο χώρο (καθάρισμα, βάνιμο κλπ) θα πρέπει να προβλεφτεί η δυνατότητα μετακίνησης του υαλοπίνακα. Σχετικά, οι συρόμενοι υαλοπίνακες αποτελούν μια πολύ καλή λύση.

Οι τοιχοποιίες Trombe, όπως όλα τα παθητικά συστήματα, έχουν κάποιο κόστος στην εγκατάστασή τους. Το κόστος αυτό κατανέμεται σε κόστος κατασκευής και σε δομημένη επιφάνεια που καταλαμβάνουν.

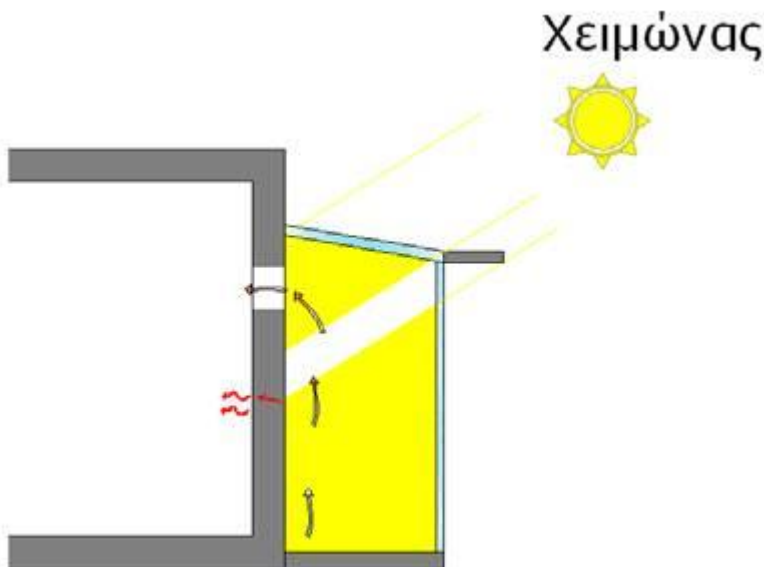
#### **8.4.3. Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος**

Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Πρόκειται για έναν κλειστό χώρο προσαρτημένο ή ενσωματωμένο σε τμήμα του συμβατικού κτιριακού κελύφους με νότιο προσανατολισμό. Ο χώρος αυτός περιβάλλεται από υαλοστάσια. Ένα μέρος της εισερχόμενης ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμική και αποδίδεται άμεσα στο χώρο, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του αέρα και ένα μέρος της αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου, δηλαδή της θερμικής μάζας, και αποδίδεται με χρονική υστέρηση. Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω θυρίδων η ανοιγμάτων του διαχωριστικού δομικού στοιχείου.

Το κτήριο, δηλαδή, αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτήριο, 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.

Ανάλογα με την αρχιτεκτονική λύση, ο ηλιακός χώρος συνδέεται με έναν κοινό τοίχο με το κτήριο ή ενσωματώνεται σ' αυτό και συνδέεται με το κτήριο με περισσότερους κοινούς τοίχους, συμπαγείς ή με συνδυασμό τοιχοποιίας και υαλοστασίου.

Ευνόητο είναι ότι οι γυάλινες όψεις του θερμοκηπίου πρέπει να έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό για τη μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας(Εικόνα 8.6). Η επιστέγαση του ηλιακού χώρου μπορεί να είναι συμπαγής ή διαφανής. Επίσης, το θερμοκήπιο μπορεί να ενσωματωθεί στο κτήριο, ώστε να έχει τρεις κοινούς τοίχους και έναν υάλινο τοίχο προς το Νότο. Θερμοκήπια θεωρούνται και τα αίθρια στον πυρήνα των κτιρίων, σκεπασμένα με γυάλινη επιστέγαση, που είναι ανεξάρτητοι μη θερμαινόμενοι χώροι.



Εικόνα 8.6 Λειτουργία του θερμοκηπίου το χειμώνα

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 κτήριο 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.

Ο χώρος του θερμοκηπίου θερμαίνεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία και λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους». Συγχρόνως η ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τον πίσω συμπαγή τοίχο του θερμοκηπίου ή και το δάπεδο, μετατρέπεται σε θερμότητα και ένα ποσοστό μεταφέρεται στο κτήριο. Από αυτή την άποψη, το προσαρτημένο θερμοκήπιο είναι ένα εκτεταμένο σύστημα τοίχου θερμικής αποθήκευσης, με τη μόνη διαφορά ότι το υαλοστάσιο είναι τοποθετημένο σε αρκετή απόσταση από τον τοίχο, ώστε να δημιουργείται κατοικήσιμος χώρος για την ημέρα ή ένας χώρος όπου καλλιεργούνται φυτά.

Το θερμοκήπιο χαρακτηρίζεται από έντονη θερμική διαστρωμάτωση, με τις πιο θερμές μάζες του αέρα να ανυψώνονται προς την ανώτατη στάθμη του. Έτσι, τοποθέτηση θυρίδων στα υψηλότερα σημεία του στοιχείου που συνδέει το θερμοκήπιο με το κτήριο είναι ικανές να προσάγουν θερμό αέρα στους θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου.

Το θερμοκήπιο-ηλιακός χώρος, επίσης, λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον (χώρος θερμικής ανάσχεσης, tampon espace, buffer zone). 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 κτήριο. Σε ψυχρά όμως κλίματα, κατά τις νυχτερινές ώρες, μπορεί να συμβάλλει σε αύξηση θερμικών απωλειών, όταν ο ενδιάμεσος τοίχος δεν είναι επαρκώς μονωμένος. Σε ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια, η εσωτερική θερμοκρασία σ' ένα θερμοκήπιο με διπλό υαλοστάσιο φθάνει τουλάχιστον στους 10 °C όταν η εξωτερική είναι 0 °C.

Η θερμική συνεισφορά του ηλιακού χώρου εξαρτάται από το γεωμετρικό σχήμα και τον τρόπο σύνδεσής του με το κτήριο. Η απόδοσή του είναι συγκρίσιμη και πολλές φορές καλύτερη από την απόδοση ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης, που έχει την ίδια επιφάνεια υαλοστασίου. Οι επί πλέον θερμικές απώλειες μέσω της οροφής και των τοίχων που περιβάλλουν έναν ηλιακό χώρο αντισταθμίζονται από το γεγονός ότι το υαλοστάσιο έχει τη βέλτιστη κλίση. Υπολογίζεται ότι κατά τους χειμερινούς μήνες 10% έως 30% από την θερμότητα που προέρχεται από τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας από έναν ηλιακό χώρο μεταφέρεται στους παρακείμενους χώρους του κτιρίου.

Υπάρχουν πέντε βασικές **μέθοδοι μεταφοράς θερμότητας** από τον ηλιακό χώρο στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου :

- Με απευθείας είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου (στην περίπτωση που υπάρχουν διαφανή στοιχεία στον ενδιάμεσο τοίχο).
- Με μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στο χώρο με θερμοσιφονισμό (στην περίπτωση που υπάρχουν ανοίγματα ή θυρίδες στον ενδιάμεσο τοίχο) ή με βεβιασμένη μεταφορά (θυρίδες ενισχυμένες με ανεμιστήρες).
- Με αγωγιμότητα μέσω των διαχωριστικών τοίχων θερμοκηπίου-κτιρίου (σε αυτή την περίπτωση ο ενδιάμεσος τοίχος δε διαθέτει θερμομόνωση κατά τη διάρκεια της ημέρας).
- Με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) και αποθήκευση της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο απ' όπου και μεταδίδεται με ακτινοβολία ή μεταφορά. Σ' αυτή την περίπτωση, η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί και σε χώρους που δεν δέχονται απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία.
- Με συνδυασμό των ανωτέρω.

Ανάλογα με τη θερμική σύνδεση και τον επιθυμητό τρόπο μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής της θερμότητας, ο διαχωριστικός τοίχος και το διαχωριστικό υαλοστάσιο μεταξύ θερμοκηπίου και κατοικήσιμου χώρου, θερμομονώνεται ή όχι και εφαρμόζεται νυχτερινή μόνωση (η οποία εφαρμόζεται και τη θερινή περίοδο).

- Στη μέθοδο της απευθείας εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτήριο, τμήμα του κοινού τοίχου μεταξύ του θερμοκηπίου και του κτιρίου αποτελείται από υαλοστάσιο. Ένα σημαντικό ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο υαλοστάσιο του θερμοκηπίου εισέρχεται στο κτήριο απευθείας μέσα από ενδιάμεσα ανοίγματα, ενώ το υπόλοιπο παραμένει στο θερμοκήπιο και το θερμαίνει. Σ' αυτήν την περίπτωση το σύστημα λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους». Το πλεονέκτημα

σε σχέση με το σύστημα του άμεσου κέρδους είναι ότι μειώνονται οι θερμικές απώλειες από το υαλοστάσιο του θερμαινόμενου χώρου, επειδή μεσολαβεί το θερμοκήπιο, όπου αναπτύσσεται υψηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον.

- Η μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον εσωτερικό χώρο (είτε ο διαχωριστικός τοίχος διαθέτει ανοίγματα είτε όχι) βασίζεται στο φυσικό θερμοσιφωνισμό ή υποστηρίζεται από ανεμιστήρες.

Για τη φυσική μεταφορά της θερμότητας απαιτούνται ανοίγματα (παράθυρα ή πόρτες ή θυρίδες) στον κοινό τοίχο θερμοκηπίου – κτιρίου, που ανοίγουν αυτόματα ή χειροκίνητα και έτσι δημιουργείται φυσική κυκλοφορία του θερμού αέρα. Όσο υψηλότερα είναι τοποθετημένα τα ανοίγματα στο διαχωριστικό τοίχο και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ροή της θερμότητας από το θερμοκήπιο στον κυρίως χώρο. Η θερμότητα που αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο μπορεί, στη συνέχεια, να αποταμιευθεί στα εσωτερικά δομικά στοιχεία όπως και στην περίπτωση του άμεσου κέρδους.

Αν χρησιμοποιηθούν ανεμιστήρες, με χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία, η θερμοκρασία μπορεί να διοχετευθεί και στους βορινούς χώρους, που δεν δέχονται ηλιακή ακτινοβολία, και να αποταμιευθεί σε ειδικά στοιχεία αποθήκευσης, ή στα δομικά τους στοιχεία.

- Η μετάδοση της θερμότητας με αγωγιμότητα μέσα από τους κοινούς τοίχους θερμοκηπίου του κτιρίου είναι ο πιο συνηθισμένος και αποτελεσματικός τρόπος για τη θερμική σύνδεση του κτιρίου με το θερμοκήπιο. Σ' αυτή την περίπτωση ο διαχωριστικός τοίχος δεν έχει θερμική μόνωση και ουσιαστικά λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης.

Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες όπως και στο σύστημα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης: από το μέγεθος του υαλοστασίου, τον προσανατολισμό, την κλίση και τις ιδιότητες του υαλοστασίου του ηλιακού χώρου και από την επιφάνεια, το πάχος, το υλικό κατασκευής και το χρώμα του διαχωριστικού τοίχου.

Το πάχος του μη θερμομονωμένου διαχωριστικού τοίχου (από σκυρόδεμα ή συμπαγή πλινθοδομή) κυμαίνεται από 20-35 εκ. Όταν υπάρχει υδάτινος τοίχος μεταξύ του θερμοκηπίου και του κτιρίου, ο όγκος του νερού προσδιορίζει τη διακύμανση της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο και στους παρακείμενους κατοικήσιμους χώρους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του νερού τόσο μικρότερες είναι οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

Στην περίπτωση που η κατασκευή του θερμοκηπίου γίνεται σε περιοχή που χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες το βράδυ, επιβάλλεται η κινητή νυκτερινή θερμομόνωση του διαχωριστικού τοίχου, τόσο του διαφανούς όσο και του αδιαφανούς τμήματος όταν δεν είναι θερμομονωμένο.

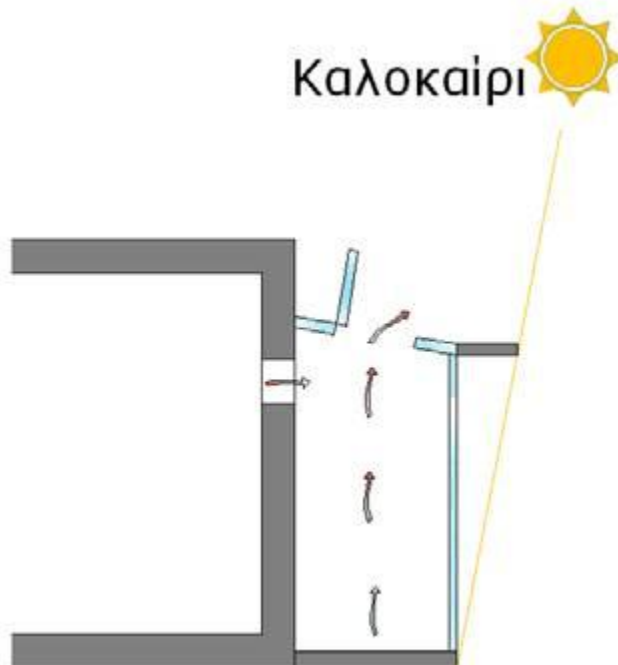
- Η μετάδοση της θερμότητας με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) μπορεί να συνδυαστεί και με σύστημα σωληνώσεων που οδηγεί τον θερμό αέρα σε χώρο με θραυστό υλικό (rock bed, lit de pierres), όπου και αποθηκεύεται η θερμότητα και αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο με ακτινοβολία ή μεταφορά. Η μέθοδος αυτή

χρησιμοποιείται κυρίως σε εύκρατα κλίματα, όπου την ημέρα συλλέγεται πολύ περισσότερη θερμότητα από όση είναι αναγκαία για τη θέρμανση του χώρου.

**Για την αποδοτική λειτουργία του θερμοκηπίου**, ανεξάρτητα από τον τρόπο θερμικής του σύνδεσης με το κτήριο, πρέπει να αποφεύγεται η υπερθέρμανση, η οποία εύκολα μπορεί να προκύψει ακόμη και το χειμώνα, λόγω της μεγάλης επιφάνειας των υαλοστασίων. Για την αποφυγή της υπερθέρμανσης απαιτείται ηλιοπροστασία το καλοκαίρι και συνιστάται να προβλέπονται αποσπώμενες γυάλινες επιφάνειες.

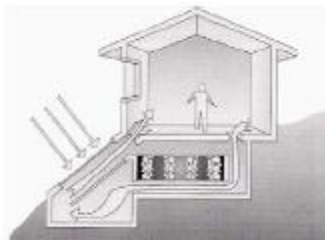
**Η ηλιοπροστασία του θερμοκηπίου** είναι απαραίτητη και μπορεί να συνδυαστεί και με τα συστήματα νυχτερινής μόνωσης. Η ηλιοπροστασία αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και στο σύστημα του άμεσου κέρδους και η μεθοδολογία υπολογισμού αναφέρεται στο Τεχνική Οδηγία «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».

Επίσης είναι απαραίτητος ο **αερισμός** του θερμοκηπίου, ο οποίος λειτουργεί και ως μέσο ελέγχου της υπερθέρμανσης και της υγρασίας αλλά και για την απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> που παράγεται το βράδυ, στην περίπτωση που ο ηλιακός χώρος χρησιμοποιείται και για την καλλιέργεια των φυτών. Για να δημιουργηθεί ρεύμα αέρα πρέπει να τοποθετηθούν περίπου ίδιου μεγέθους ανοίγματα στους απέναντι τοίχους, ή ανοιγόμενες θυρίδες στο άνω τμήμα του θερμοκηπίου(Εικόνα 8.7).



Εικόνα 8.7 Λειτουργία του θερμοκηπίου το καλοκαίρι

#### 8.4.4. Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης



Εικόνα 8.8 Σύστημα απομονωμένου κέρδους

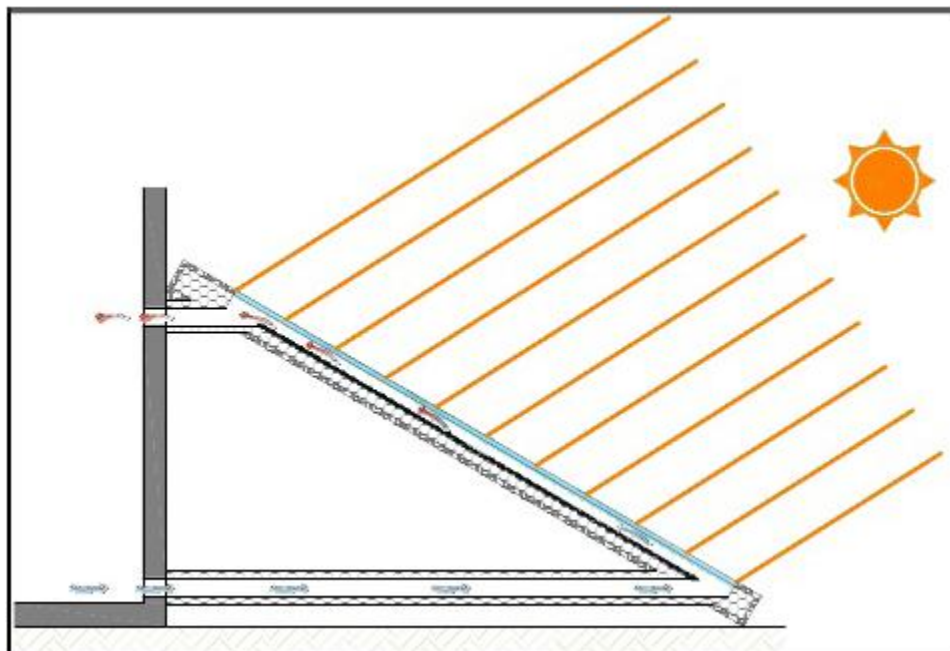
Το θερμοσιφωνικό πανέλο είναι συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα και είναι προσαρτημένος στο κτιριακό κέλυφος ή τοποθετείται ανεξάρτητα από αυτό. Επειδή απομονώνεται θερμικά από το κτίριο, ανήκει στην κατηγορία των παθητικών συστημάτων του «απομονωμένου κέρδους». Η θερμότητα που συλλέγεται από αυτό αποθηκεύεται είτε στα δομικά στοιχεία του κτιρίου είτε σε υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας (σύστημα rock-bed-Εικόνα 8.8). Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$  από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση τις  $30-40^\circ$  για τον ελλαδικό χώρο. Χαρακτηριστικό είναι ότι επειδή απομονώνεται εύκολα από το κτίριο δεν απαιτούνται στοιχεία ηλιοπροστασίας και επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί η βέλτιστη κλίση για τη χειμερινή δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς επιπτώσεις υπερθέρμανσης. Αποτελείται από υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε μικρή απόσταση μπροστά από μεταλλική επιφάνεια σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτίριο με θυρίδες εισροής και εκροής του αέρα του εσωτερικού χώρου προς και από το πανέλο. Οι θυρίδες αυτές τοποθετούνται καθ' όλο το πλάτος του πανέλου, με διάμετρο 20-30 cm. Ο χώρος θερμαίνεται μέσω του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού. Ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πανέλου από την κατώτερη θυρίδα του, όπου θερμαίνεται, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο από την ανώτατη θυρίδα του.

Η απόδοση του θερμοσιφωνικού πανέλου αυξάνεται με τη χρήση διπλών υαλοπινάκων στο συλλέκτη, σε σχέση με τους απλούς υαλοπίνακες, ιδιαίτερα για τα πιο ψυχρά κλίματα.

Το θερμοσιφωνικό πανέλο ενδείκνυται για χώρους που χρειάζονται άμεση απόδοση της θερμότητας από τα ηλιακά κέρδη, όπως χώρους γραφείων, σχολικές αίθουσες κοκ. Το πλεονέκτημά του σε σχέση με το άμεσο κέρδος, το οποίο επίσης αποδίδει άμεσα θερμότητα στο χώρο, είναι ότι αποφεύγεται η θάμβωση από μεγάλους υαλοπίνακες, η

υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, καθώς και οι αυξημένες απώλειες θερμότητας τις νυχτερινές ώρες. Εκτός αυτού, τη θερινή περίοδο, μπορεί να αποκόπτεται θερμικώς από το κτίριο (κλείσιμο των θυρίδων, σκίαση του πανέλου, άνοιγμα του υαλοπίνακα στο κατώτερο και ανώτερο τμήμα του), αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.

Σε περίπτωση που τοποθετείται κεκλιμένα, το θερμοσιφωνικό πανέλο έχει καλύτερη απόδοση αλλά χρειάζεται περισσότερο ελεύθερο χώρο(Εικόνα 8.9). Προσαρτημένο κατακόρυφα στον τοίχο μπορεί να εναρμονιστεί αισθητικά με το κτίριο πιο εύκολα.



Εικόνα 8.9 Λειτουργία του θερμοσιφωνικού πανέλ

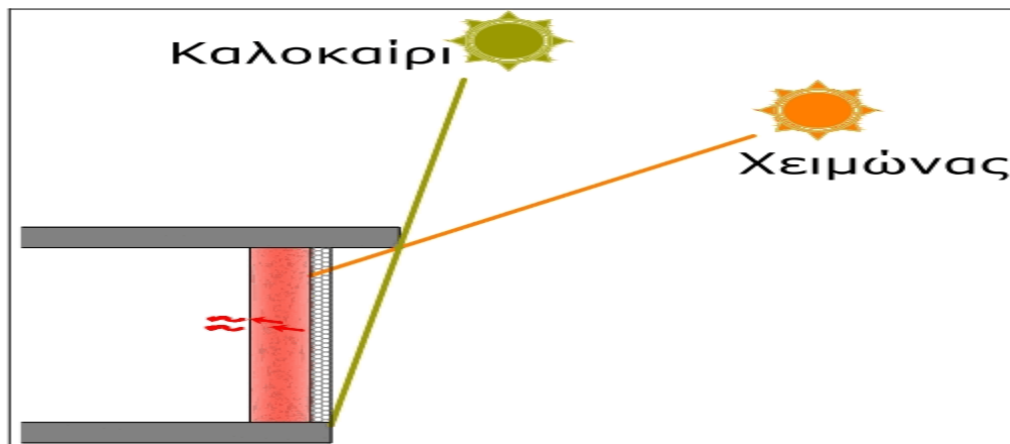
#### 8.4.5. Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Πρόκειται για τοίχο νότιου προσανατολισμού (με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$ ), με υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (συνήθως τούβλο), εξωτερικά του οποίου τοποθετείται διαφανής μόνωση χωρίς επίχρισμα. Η εξωτερική παρειά του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα. Ουσιαστικά πρόκειται για τοίχο μάζας ο οποίος όμως θερμομονώνεται(Εικόνα 8.10). Η διαφανής μόνωση στην εξωτερική παρειά είναι κυψελωτής δομής, η οποία επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να διαπεράσει τη μάζα της, παράλληλα όμως μειώνει τις απώλειες. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται μεν ο συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών του διαφανούς θερμομονωτικού υλικού (μικρότερος σε σχέση με εκείνον του καθαρού γυαλιού), αλλά καθώς ο τοίχος είναι πλέον θερμομονωμένος αυξάνονται τα καθαρά κέρδη, σε σχέση με τον τοίχο μάζας. Έχει μεγάλη απόδοση, ιδιαίτερα τους ψυχρότερους μήνες και δεν απαιτεί αυτοματισμούς ή τη συμμετοχή του χρήστη για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας του συστήματος.

Τη θερινή περίοδο πρέπει οπωσδήποτε να σκιάζεται εξωτερικά είτε με προεξοχές είτε με κατακόρυφα εξωτερικά σκίαστρα, προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου.

Η ενέργεια που αποδίδεται από το αδιαφανές στοιχείο με διαφανή μόνωση στο εσωτερικό του κτιρίου εξαρτάται από τα εξής :

- Τον προσανατολισμό και τη σκίαση του τοίχου από τον περιβάλλοντα χώρο, προεξοχές του κτιρίου ή/και εξωτερικά σκίαστρα.
- Το διαφανές υλικό και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του (συντελεστής θερμικής διαπερατότητας, συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών).
- Το εμβαδόν της συλλεκτικής επιφάνειας του τοίχου, την απορροφητικότητα και τη θερμοπερατότητα.



Εικόνα 8.10 Λειτουργία αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση

### 8.5. Επιλογή παθητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης

Η επιλογή του παθητικού ηλιακού συστήματος εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη λειτουργικότητα του κτιρίου και τα αναμενόμενα αποτελέσματα, όπως θα προκύψουν από το σχεδιασμό, σε συνδυασμό με το κόστος και την απόσβεση της επιπλέον δαπάνης. Συνήθης πρακτική είναι να συνυπάρχει το σύστημα του άμεσου κέρδους, το οποίο είναι απαραίτητο για το φυσικό φωτισμό του χώρου, μαζί με κάποιο από τα άλλα παθητικά συστήματα.

Συνοπτικά παρατίθενται πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων παθητικών συστημάτων σχετικά με την απόδοση, το κόστος, την απλότητα της κατασκευής και την επίδρασή τους στη λειτουργία του κτιρίου.



### 8.5.1. Συστήματα άμεσου κέρδους

Πλεονεκτήματα :

- Χαμηλό κόστος. Τα υαλοστάσια είναι ένας οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη.
- Ευκολία κατασκευής. Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί η σωστή τοποθέτηση των ανοιγμάτων. Δεν απαιτείται πρόσθετη μάζα θερμικής αποθήκευσης.
- Συνδυασμένα οφέλη. Τα γυάλινα ανοίγματα συμβάλλουν σε πολλές ταυτόχρονα λειτουργίες επιτρέποντας την είσοδο του φυσικού φωτός στο χώρο και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Μειονεκτήματα :

- Κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα.
- Είσοδος υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας.
- Σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας, αν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.
- Μείωση ιδιωτικότητας.
- Η μεγάλη επιφάνεια θερμικής μάζας που απαιτείται, όταν προβλέπεται ηλιακή συμμετοχή μεγαλύτερη από 50% (ιδιαίτερα σε ψυχρά κλίματα).
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης που απαιτείται για την μείωση των θερμικών απωλειών.

### 8.5.2. Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Πλεονεκτήματα :

- Δεν υπάρχει κίνδυνος θάμβωσης και εισόδου υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας.
- Οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι σχετικά μικρές (μικρότερες σε σχέση με το σύστημα άμεσου κέρδους).
- Μεγάλη χρονική καθυστέρηση όσον αφορά στη μετάδοση της θερμότητας, που έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα να αποδίδεται κατά τις νυχτερινές ώρες, που είναι και περισσότερο απαραίτητη.

Μειονεκτήματα :

- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης εάν απαιτείται.
- Η καθημερινή λειτουργία των θυρίδων, όταν πρόκειται για τοίχο Trombe.
- Η απαίτηση καθαρισμού του υαλοστασίου.

### 8.5.3. Προσαρτημένο θερμοκήπιο

Πλεονεκτήματα :

- Δημιουργείται πρόσθετος κατοικήσιμος χώρος με μικρό κόστος.
- Δημιουργείται χώρος για την καλλιέργεια φυτών.
- Λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Ενσωματώνεται εύκολα σε υφιστάμενα κτίρια.
- Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον κατοικήσιμο χώρο είναι μικρές.

Μειονεκτήματα :

- Η θερμική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό και γι' αυτό είναι δύσκολο να προβλεφτεί.
- Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως το καλοκαίρι, εάν δεν έχουν προβλεφθεί τα κατάλληλα μέτρα ηλιοπροστασίας και αερισμού.

### 8.5.4. Θερμοσιφωνικό πανέλο

Πλεονεκτήματα :

- Προσαρμόζεται εύκολα σε υφιστάμενα κτίρια με νότιο προσανατολισμό.
- Αποδίδει άμεσα θερμότητα στο χώρο αποφεύγοντας τη θάμβωση.
- Τη θερινή περίοδο μπορεί εύκολα να αποκοπεί θερμικά από το κτίριο, αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.

Μειονεκτήματα :

- Όταν τοποθετείται με κλίση, δύσκολα εναρμονίζεται αισθητικά με το κτίριο.
- Μείωση νότιων ανοιγμάτων και δημιουργία κλειστής νότιας όψης.

### 8.5.5. Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Πλεονεκτήματα :

- Μεγαλύτερη απόδοση, σε σχέση με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης.
- Δεν απαιτείται επιπλέον νυχτερινή μόνωση.
- Δεν υπάρχει κίνδυνος θάμβωσης και εισόδου υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας.
- Μικρές διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας.
- Μεγάλη χρονική καθυστέρηση για τη μετάδοση της θερμότητας.

Μειονεκτήματα :

- Μείωση των νότιων ανοιγμάτων και δημιουργία κλειστής νότιας όψης.

## 8.6. Συμπεράσματα

Η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων αξιολογείται κυρίως για ενεργειακά οφέλη κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ για το καλοκαίρι χρησιμοποιούνται απλές τεχνικές δροσισμού όπως ηλιοπροστασία και φυσικός αερισμός.

Από την μελέτη εφαρμογών των συστημάτων αυτών στη Ελλάδα και από μετρήσεις που έγιναν από το ΚΑΠΕ. βλέπουμε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση που παρουσιάζουν τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι ιδιαίτερα σημαντική, με την προϋπόθεση ότι πρέπει να συνδυαστούν με αντίστροφες μεθόδους ηλιοπροστασίας και σκίασης ώστε να ελαχιστοποιήσουν τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι.

Πιο συγκεκριμένα εκτός από την πολύ σημαντική συνεισφορά του άμεσου ηλιακού κέρδους, τα συστήματα έμμεσου κέρδους συνεισφέρουν στο ενεργειακό ισοζύγιο :

Ηλιακοί χώροι – Θερμοκήπια έως 60 %

Θερμικοί τοίχοι 20 – 35 %

Φυσικά, η εφαρμογή ενός η περισσοτέρων παθητικών συστημάτων σε ένα κτίριο δεν σημαίνει ότι το κτίριο γίνεται αυτομάτως βιοκλιματικό. Ο στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι να προσφέρει ένα θερμικά άνετο και υγιεινό εσωτερικό περιβάλλον, μειώνοντας στο ελάχιστο την επίδραση τους στο περιβάλλον, προστατεύοντας την υγεία του ανθρώπου και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής. Ένας τρόπος επίτευξης αυτών των στόχων είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανση των κτιρίων, αλλά εξίσου σημαντικός είναι ο οικολογικός τρόπος δόμησης με τη προσεχτική επιλογή υλικών και ο ορθός σχεδιασμός που συνεισφέρει τα μέγιστα στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

## Βιβλιογραφία

- Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων Κ. Τσίππρας psystems
- Οικολογική Αρχιτεκτονική Κώστας κ Θέμης Τσίππρας, Εκδόσεις Κέδρος 2005
- Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα ΚΑΠΕ
- Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές Στ. Περγίδης
- Κτίρια για ένα πράσινο κόσμο Μαργαρίτα Καραβασίλη
- Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Ελένη Ανδρεαδάκη
- Ενεργειακός σχεδιασμός Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες Μάλλιαρης παιδεία
- Green Architecture James Wines
- Renewable Energy edited by Godfrey Boyle
- The Selective Environment Dean Hawkes, Jane Mc Donald, Koen Steemers
- Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006.
- Αξαρχή, Κ., Αραβαντινός, Δ., «Μετρήσεις και αξιολογήσεις εσωκλιματικών συνθηκών και έλεγχος σχηματισμού δρόσου σε πειραματικούς χώρους εξοπλισμένους με ηλιακά παθητικά συστήματα», πρακτικά 7ου Εθνικού Συνεδρίου ΙΗΤ για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, ΙΗΤ, Πάτρα 6-8 Νοεμβρίου 2002, τόμος Α', ISSN 1108-3603, σελ. 241-251.
- Axarli K., Demetriou M., “The impact of shading on the thermal performance of a passive solar heating system: Experimental evaluation and Simulation analysis”, Int conference proceedings - PLEA 2005 “Environmental Sustainability: The Challenge of Awareness in Developing Societies”, Beirut, Lebanon, 13-16 November, 2005, pp 57-63.
- Crosbie, M., (Ed.), “The passive solar design and construction handbook”, John Wiley and Sons, 1997.
- Darvey, P., «Engineering for a Finite Planet», Birkhäuser, Basel, 2009.
- Eicker, U., «Solar Technologies for Buildings», Wiley, Chichester, 2003.
- Gallo, C., «Architecture, Comfort and Energy», Pergamon, Amsterdam, 1988.
- Galloway, T., «Solar House, A Guide for the Solar Designer», Architectural Press, Elsevier, Amsterdam, 2004

- Goulding J.R, Lewis J.O., Steemers T.C. (Επιμ), «Energy in Architecture, The European Passive Solar Handbook», Commission of the European Communities, 1994. Ελληνική έκδοση: «Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική. Το Ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα Παθητικά ηλιακά κτήρια», μεταφρ. Ε. Τσίγκας, Μαλλιάρης Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Ένωση, 1996.
- Kerschberger, A., & Binder, M., «Transparent Wärmedämmung im Vergleich.» RK-Stuttgart, Fachartikel TWD, 2006.
- Legrand, D. G., & Bendler, J. T., (Eds), «Handbook of Polycarbonate Science and Technology.» Markel Dekker Inc, New York, 2000.
- Mazria (Ed.), «The Passive Solar Energy Book», Rodale Press, Emmaus, Pa., 1979.
- McKeen, L. W., «The Effect of Temperature and Other Factors on Plastics and Elastomers.» William Andrew, New York, 2008.
- Norton, B., & Probert, S. D., «Solar-Energy Stimulated, Open-Looped Thermosyphonic Air Heaters.» Applied Energy, Vol. 17, pp 217-234, 1984.
- Παπαδόπουλος, Μ., & Αξαρχή, Κ., «Δομική Φυσική ΙΙ, Ενεργειακός Σχεδιασμός – Παθητικά Ηλιακά Συστήματα», Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη, 1982.
- Platzer, W. J., & Goetzberger, A., «Recent Advances in Transparent Insulation Technology», EUROSUN 1996, pp 5-10.
- Yannas, S., «Solar Energy and Housing Design: Principles, Objectives, Guidelines», Architectural Association Publications, 1993.

## 9. ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

### 9.1. Εισαγωγή

Η στρατηγική του φυσικού δροσισμού αποσκοπεί στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτιρίου. Πρώτο βήμα για την επίτευξη αυτού του σκοπού είναι η προστασία του κτιρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, από την πρόσπτωση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας. Το επόμενο βήμα είναι η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιχειρεί με τεχνικές και νέες τεχνολογίες να αποκαταστήσει το φυσικό δροσισμό των κτιρίων για τους εξής λόγους :

- Για μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ή τουλάχιστον σταθεροποίησή της σε περιόδους αιχμής-καύσωνα.
- Για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.
- Για περιορισμό των εκπομπών χλωροφθορανθράκων από την διαρκώς αυξανόμενη τάση χρήσης κλιματιστικών.
- Για τη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα στα κτίρια.

### 9.2. Τεχνικές φυσικού δροσισμού

1. Ηλιοπροστασία του κτιρίου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως σκίαση των ανοιγμάτων του, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.
2. Χρώμα και υφή των εξωτερικών επιφανειών.
3. Επάρκεια θερμικής μάζας του κτιρίου, η οποία περιορίζει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα.
4. Θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου, η οποία μειώνει το ψυκτικό του φορτίο.
5. Φυσικός αερισμός του εσωτερικού χώρου του κτιρίου, είτε με φυσικό είτε με μηχανικό τρόπο για την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμότητας στα δομικά του στοιχεία.
6. Νυχτερινή ακτινοβολία θερμότητας προς τον ουρανό.
7. Διαμόρφωση μικροκλίματος, βελτίωση των συνθηκών του άμεσου εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, με τη χρήση βλάστησης, υδάτινων επιφανειών και κατάλληλων υλικών επίστρωσης δαπέδων (ψυχρών υλικών, υδατοδιαπερατών υλικών κλπ).

### 9.3. Ηλιοπροστασία

Το καλοκαίρι οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές και η ηλιακή ακτινοβολία έντονη, με αποτέλεσμα το κτίριο να απορροφά θερμότητα, πολλή 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 τις μεσημβρινές ώρες. Κατά συνέπεια τα συστήματα σκίασης πρέπει να παρέχουν αποτελεσματική από τον ήλιο το καλοκαίρι, χωρίς όμως να παρεμποδίζουν τον ηλιασμό του κτιρίου το χειμώνα ή να περιορίζουν το φυσικό φωτισμό του.

#### 9.3.1. Ο σκιασμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων του

Ο σκιασμός ολόκληρου του κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί –υπό την προϋπόθεση ότι πρόκειται για χαμηλό κτήριο- με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης σε θέσεις κατάλληλες, έτσι ώστε να διακόπτεται ο ηλιασμός τους καλοκαιρινούς μήνες. Παράλληλα η βλάστηση, απορροφώντας θερμότητα, μειώνει την εξωτερική θερμοκρασία.

Η σκίαση των ανοιγμάτων επιβάλλεται να είναι στην εξωτερική πλευρά του υαλοστασίου, προκειμένου να αποφευχθεί η διείσδυση του ήλιου και η συνεπαγόμενη υπερθέρμανση του χώρου. Η προστασία με σκίαστρα στο εσωτερικό των υαλοστασίων (π.χ. κουρτίνες, περσίδες) ή ανάμεσα στους υαλοπίνακες (π.χ. περσίδες) προσφέρει μεν μείωση της θάμβωσης από το έντονο ηλιακό φως, δεν απαλλάσσει όμως το χώρο από την υπερθέρμανση.

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης, σε μορφή, μέγεθος και θέση, είναι συνάρτηση του προσανατολισμού της όψης.

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι:

- ο προσανατολισμός της όψης,
- η χρήση του χώρου (κατοικία, σχολείο, εργασιακός χώρος),
- η μορφή των ανοιγμάτων - ανοίγματα συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τοίχους,
- η αισθητική του κτιρίου,
- ο παράγων οικονομία, ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας του κτιρίου.

Σε σχέση με τον προσανατολισμό, από μελέτες έχει προκύψει ότι:

**α) για το νότιο προσανατολισμό**, τα πιο κατάλληλα στοιχεία σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής -προβόλου ή περσίδων- από το κτήριο, έτσι ώστε το μεν καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκιασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα, αντίστροφα, να επιτρέπεται η διείσδυση του ήλιου μέσα στο χώρο.

**β) για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό**, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη ή υπό κλίση, είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα.

**γ) για προσανατολισμό νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό**, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, για να είναι αποτελεσματικά, πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας. Η διάταξη αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού.

Η ηλιοπροστασία με εσωτερικά σκίαστρα ή περσίδες, τοποθετημένες ανάμεσα στους υαλοπίνακες, δεν ενδείκνυται γιατί δεν απαλλάσσει τον εσωτερικό χώρο από τον κίνδυνο **υπερθέρμανσης**, παρόλο που μειώνει τη θάμβωση από το έντονο ηλιακό φως.

Επίσης, πρέπει να αποφεύγεται ο **εγκλωβισμός του θερμού αέρα** κάτω από τα σκίαστρα, όπως συμβαίνει σε συμπαγείς προεξοχές, προβόλους, μαρκίζες κ.λ.π., γιατί η συσσωρευμένη πρόσθετη θερμότητα επηρεάζει το εσωτερικό του κτιρίου.

Κατασκευές που επιτρέπουν την ανεμπόδιστη απομάκρυνση του θερμού αέρα από το κτήριο είναι τα **διάτρητα σκίαστρα** –μεταλλικά, ξύλινα ή και συμπαγή με κενό/σχισμή ανάμεσα στο κτήριο και στον πρόβολο-, τα οποία δεν εγκλωβίζουν τον θερμό αέρα. Επίσης και το υλικό κατασκευής του ηλιοπροστατευτικού συστήματος επηρεάζει την απόδοσή του. Σκίαστρα κατασκευασμένα με υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, όπως το σκυρόδεμα, αποθηκεύουν θερμότητα την οποία ακτινοβολούν και ενώ εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο, δεν αποτρέπουν την υπερθέρμανση του κτιρίου.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης -μορφής και αποδοτικότητας- εξαρτάται άμεσα και από τη χρήση του κτιρίου και από τις ώρες λειτουργίας του. Η ηλιοπροστασία μιας κατοικίας καλύπτεται πλήρως με μια τέντα, ενώ για ένα κτήριο γραφείων ή μια βιβλιοθήκη το είδος του σκιάστρου οφείλει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των μόνιμων, σταθερών θέσεων εργασίας.

Αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ηλιοπροστασίας, συμπεραίνεται ότι: τα σταθερά προστεγάσματα ή σκίαστρα, ανεξάρτητα από προσανατολισμό, παρουσιάζουν προβλήματα ως προς την απόδοσή τους, γιατί η πλήρης σκίαση των ανοιγμάτων το μήνα Αύγουστο, που είναι απολύτως επιθυμητή, διακόπτει τον ηλιασμό του χώρου και το μήνα Απρίλιο, λόγω της ίδιας φαινόμενης τροχιάς του ήλιου. Συνεπώς η **κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία** παρουσιάζει πλεονεκτήματα, γιατί μπορεί να ρυθμίζεται ανάλογα με τις εποχές και τις ανάγκες των χρηστών του κτιρίου.

Η επιλογή του συστήματος ηλιοπροστασίας καθορίζεται και από κριτήρια **αισθητικά**. Το "παιγνίδι" με το φως και η σχέση του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου, η διαφάνεια του κελύφους αποτελούν ζητήματα συνθετικής οργάνωσης. Η διαφοροποιούμενη μορφή της ηλιοπροστασίας, συναρτήσει του προσανατολισμού της όψης, προσφέρει δυνατότητες σχεδιαστικών χειρισμών και μπορεί να αποτελέσει βασικό στοιχείο σύνθεσης και αισθητικής των όψεων του κτιρίου.



Τέλος, ως προς το οικονομικό σκέλος, παρά το γεγονός ότι η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία είναι πιο ακριβή σε σχέση με τη σταθερή ή τα εσωτερικά σκίαστρα, όμως είναι πιο αποδοτική, άρα και πιο οικονομική στη λειτουργία της, γιατί απαλλάσσει τα κτήρια από την υπερβολική ζέστη του καλοκαιριού και συνεπώς από τη συνεχή χρήση του κλιματισμού.

#### **9.4. 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 στην 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 δωματος βαμμένου με ασβέστη, μόλις ξεπερνά τον 1° C, σε σχέση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Η υφή των εξωτερικών επιφανειών –αδρή ή λεία- επηρεάζει την ανακλαστική τους ικανότητα, οπότε και την απορρόφηση ή μη της θερμότητας.

#### **9.5. Επάρκεια θερμικής μάζας**

Μια σημαντική παράμετρος για τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου το καλοκαίρι, είναι η διασφάλιση επαρκούς θερμικής μάζας των δομικών του στοιχείων –τοιχοί, δάπεδα, οροφές- στα οποία αποθηκεύεται η περίσσεια θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα να διατηρείται η θερμοκρασία του αέρα στον εσωτερικό χώρο σε ανεκτά επίπεδα. Τη νύχτα η αποθηκευμένη θερμότητα αποδίδεται στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω αερισμού ή/και εκπομπής θερμότητας.

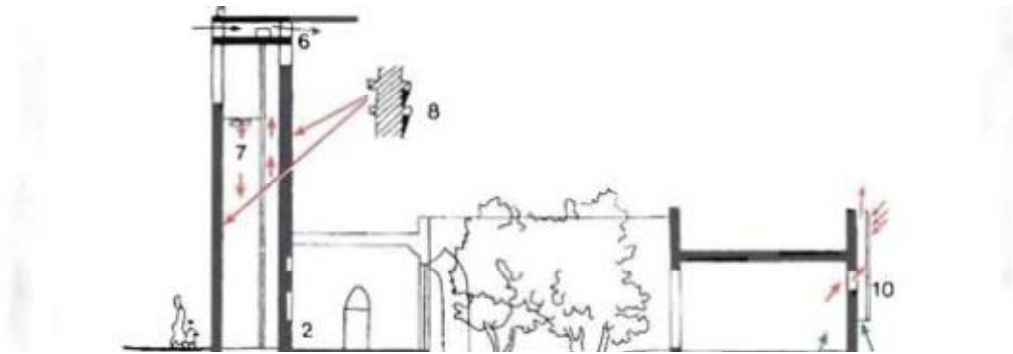
##### **9.5.1. Ημιυπόσκαφες κατασκευές**

Σε περιοχές ξηρές-ζεστές η χρήση του χώματος-εδάφους προσφέρει πολύ καλύτερα θερμικά αποτελέσματα από το οπλισμένο σκυρόδεμα, λόγω της μεγάλης θερμικής του αδράνειας και της δυνατότητας να χρησιμοποιηθεί σε επιλεγμένο βάθος, δημιουργώντας ημιυπόσκαφες κατασκευές. Προϋπόθεση για την επιλογή ημιυπόσκαφου κτίσματος αποτελεί το ανάγλυφο του εδάφους –με μεγάλη κλίση, η σύσταση του εδάφους, καθώς και η χρήση του κτιρίου.

##### **9.5.2. Υπεδάφιοι Αγωγοί**

Αγωγοί ενσωματωμένοι μέσα στο έδαφος αποτελούν ένα σύστημα παθητικό, το οποίο μπορεί να τροφοδοτεί το κτήριο με δροσερό αέρα το καλοκαίρι, είτε με φυσικό τρόπο – σε συνδυασμό με καμινάδα αερισμού, είτε και με μηχανικό –εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα μέσα στους αγωγούς με τη λειτουργία ανεμιστήρων.

Η λειτουργία του υπεδάφιου αυτού συστήματος βασίζεται στην ψύξη του εισαγόμενου στους αγωγούς ζεστού αέρα, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους σε σχέση με εκείνη του εξωτερικού περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικά παραδείγματα παρατηρούνται στα κτήρια της Μέσης Ανατολής (Εικόνα 9.1). Εξέλιξη του παθητικού αυτού συστήματος αποτελούν οι εφαρμογές της αβαθούς γεωθερμίας.



Εικόνα 9.1. Φυσική ψύξη κελύφους ανακαινισμένης παραδοσιακής κατοικίας με υπεδάφιο σύστημα αγωγού και φυσικό αερισμό

## 9.6. 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 διεύθυνση θερμότητας και αποτρέπει, ως ένα βαθμό, την υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.

## 9.7. Φυσικός αερισμός

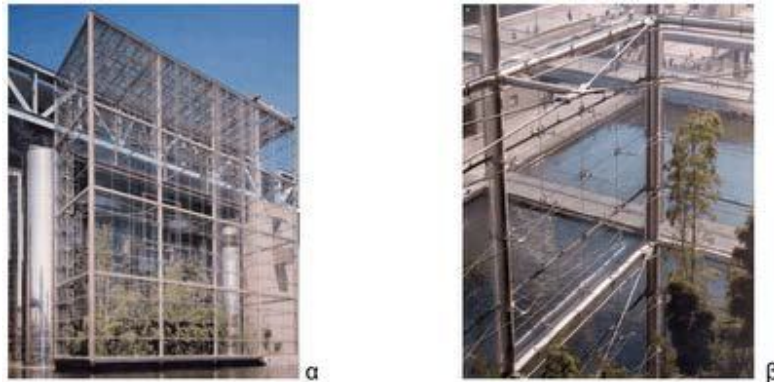
Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων έχει άμεση επίδραση στην υγεία των ενοίκων, στη θερμική άνεση και στην αίσθηση ευεξίας. Διευκολύνει την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον και παράλληλα συμβάλλει στη φυσική ψύξη των δομικών στοιχείων της κατασκευής. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού στο εσωτερικό των κτιρίων είναι η κατεύθυνση των δροσερών ανέμων στην περιοχή, οι κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.

### 9.7.1. Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο

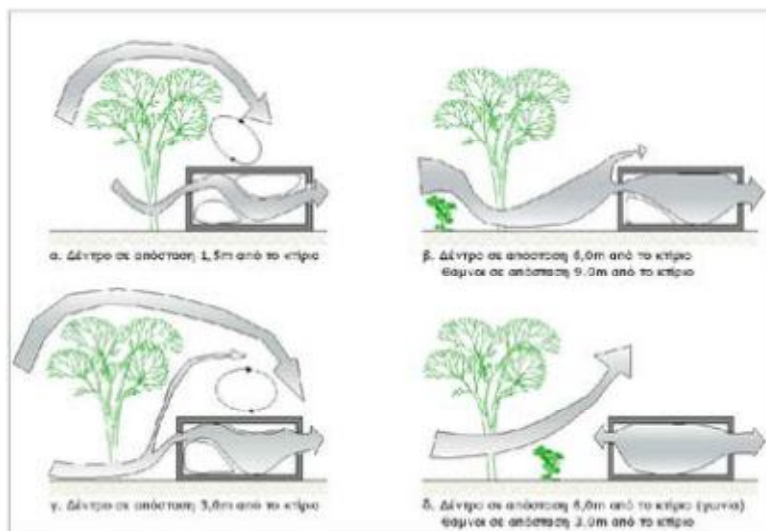
α) Οι πνέοντες δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι την ημέρα είναι οι θαλάσσιες αύρες-μελέμια, τα οποία έχουν συνήθως νοτιανατολική ή βορεινή κατεύθυνση (εξαρτάται βεβαίως από το ανάγλυφο του περιβάλλοντος χώρου). Το βράδυ, η δροσερή απόγειος αύρα προέρχεται από τη στεριά, λόγω της ταχύτερης ψύξης του εδάφους. Για τη διεύθυνση των δροσερών ανέμων μέσα στο κτήριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εφόσον είναι εφικτό, κατάλληλη διάταξη βλάστησης στον εξωτερικό χώρο (Εικόνα 9.2). Η

τοποθέτηση δέντρων ή θάμνων σε κατάλληλη απόσταση από το κτήριο διευκολύνει ή όχι τη διέλευση του δροσερού ανέμου μέσα στο κτήριο (Εικόνα 9.3).

β) Η ένταξη προεξοχών σε κατάλληλη θέση στο ίδιο το κτήριο μπορεί να βοηθήσει στον φυσικό αερισμό του εσωτερικού χώρου (Εικόνα 9.4).



Εικόνα 9.2 .Η βλάστηση διευκολύνει τη διείσδυση ή εκτροπή του ανέμου από το κτήριο



Εικόνα 9.3. Η θέση των δέντρων ή/και θάμνων καθορίζει την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου



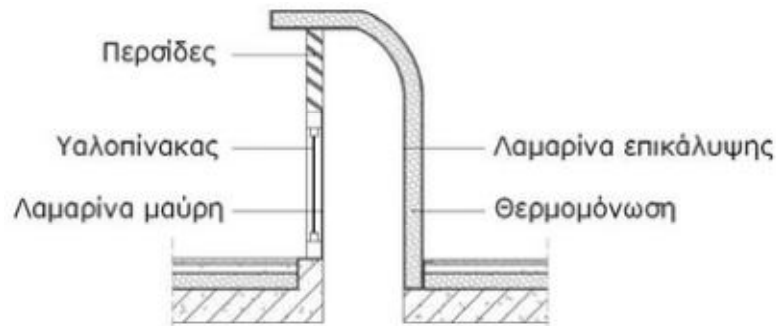
Εικόνα 9.4. Ο ρόλος των εξωτερικών στοιχείων στον αερισμό του εσωτερικού χώρου

### 9.7.2. Κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου

Η διασφάλιση φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο μπορεί να πραγματοποιηθεί και με κατασκευές ενταγμένες στο κέλυφος του κτιρίου.

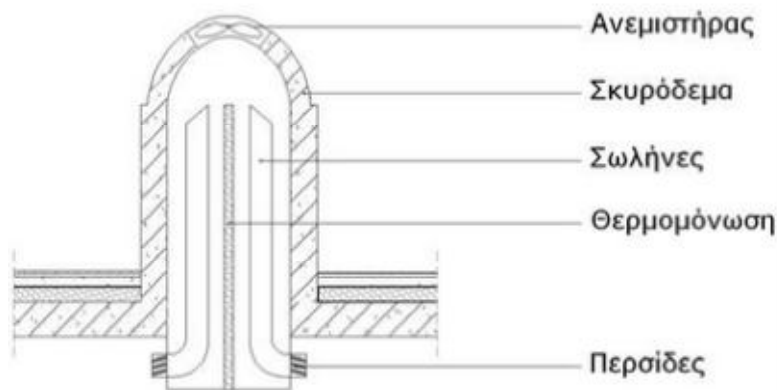
**α) Η ηλιακή καμινάδα** αποτελεί αποτελεσματική τεχνική για το φυσικό αερισμό και την απομάκρυνση της υγρασίας από τον εσωτερικό χώρο. Η συνηθισμένη κατασκευή είναι μια προεξέχουσα από το κέλυφος του κτιρίου κατασκευή (Εικόνα 9.5), της οποίας η μια πλευρά, νότια, ανατολική ή δυτική είναι γυάλινη με 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. Ανάλογα με τη λειτουργία της, για νυκτερινό ή ημερήσιο αερισμό, επιλέγεται ελαφροβαρής ή με μεγάλη θερμική μάζα κατασκευή, αντίστοιχα. Η εξωτερική πλευρά της ηλιακής καμινάδας μπορεί να έχει θερμική μάζα απευθείας εκτεθειμένη στον ήλιο, θερμική μάζα καλυμμένη με γυάλινη εξωτερική επιφάνεια, γυάλινη εξωτερική επιφάνεια και θερμική μάζα στην εσωτερική παρειά της καμινάδας ή κάποια ελαφροβαρή κατασκευή, ή μεταλλική επιφάνεια, κ.ά.

Οι μεγαλύτερες αποδόσεις της ηλιακής καμινάδας παρατηρούνται για νότιο ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό, με βέλτιστο προσανατολισμό τον τελευταίο. Για ημερήσιο αερισμό, ο ήλιος ζεσταίνει τον αέρα που βρίσκεται μέσα στην καμινάδα, ο οποίος γίνεται ελαφρύτερος και απομακρύνεται προς τα πάνω, ενώ ψυχρότερος αέρας από κάτω τον αντικαθιστά. Για απογευματινό – νυκτερινό αερισμό, η ηλιακή καμινάδα παραμένει κλειστή κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποθηκεύει θερμότητα στη θερμική της μάζα, η οποία αποδίδεται στον αέρα όταν αρχίζει ο αερισμός και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με αποτέλεσμα τη διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα και το φυσικό δροσισμό του χώρου. Η εφαρμογή της είναι απολύτως κατάλληλη, όταν μάλιστα αποτελεί και μορφολογικό στοιχείο του οικισμού ή του κτιρίου.



Εικόνα 9.5. Ενδεικτική τομή της ηλιακής καμινάδας

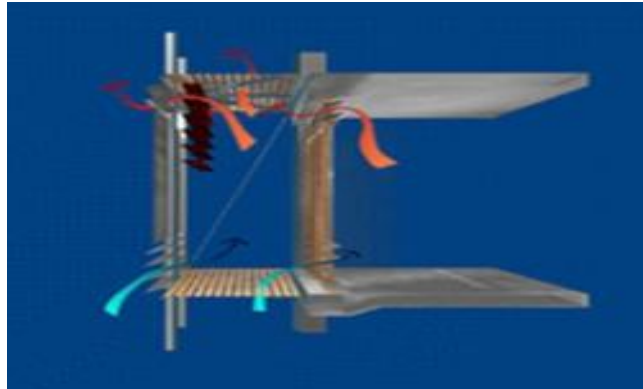
β) Η καμινάδα αερισμού αποτελεί τεχνική βασισμένη στην εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα, με την λειτουργία μικρού ανεμιστήρα στην κορυφή, στο άνοιγμα της καμινάδας (Εικόνα 9.6). Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αποτελεσματικά και με τον άνεμο, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό.



Εικόνα 9.6. Ενδεικτική μορφή καμινάδας αερισμού

γ) Η **διπλή επιδερμίδα** (ή διπλό κέλυφος) αποτελεί μια νέα τεχνική, η οποία εφαρμόζεται σε κτήρια κατασκευασμένα από γυαλί. Χρησιμοποιείται είτε για την ανανέωση του εσωτερικού αέρα είτε για την απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου (Εικόνα 9.7). Η διπλή επιδερμίδα αποτελείται από δύο γυάλινες επιφάνειες με ενδιάμεσο κενό, στο οποίο κινείται αέρας. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi, όπως και η ηλιακή καμινάδα. Για την ενεργειακή απόδοση του συστήματος είναι αναγκαία η ύπαρξη θυρίδων στην βάση του ανοίγματος για την είσοδο φρέσκου αέρα και στην κορυφή του για την απαγωγή του ζεστού αέρα.

Πρέπει, ωστόσο, να τονιστεί ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την σκίαση του εσωτερικού χώρου, προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα θάμβωσης ή απευθείας πρόσπτωσης του ήλιου σε επιφάνειες που χρησιμοποιούνται από τους εργαζόμενους (κτήρια γραφείων). Προς τούτο επιβάλλεται η πρόβλεψη σκιάστρων/περσίδων στο κενό, ανάμεσα στις δυο γυάλινες επιφάνειες, σε επαφή με την εσωτερική παρειά του γυαλιού.



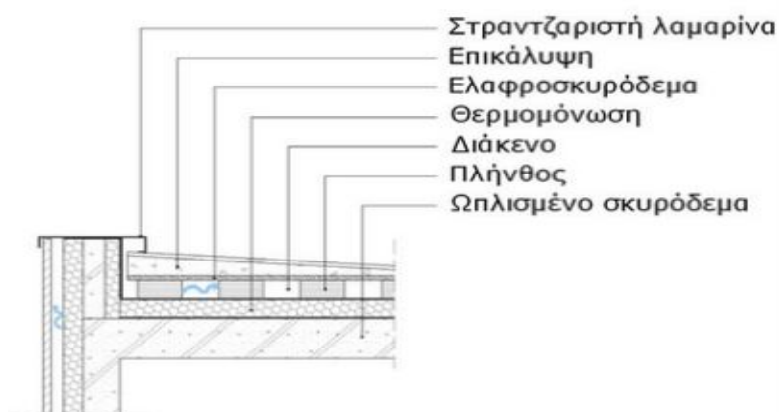
Εικόνα 9.7. Φυσική κυκλοφορία του αέρα –θερμού, δροσερού- στο ενδιάμεσο κενό της διπλής επιδερμίδας

#### δ) Αεριζόμενο κέλυφος

Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους, είτε στο δάμα είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου με ενδιάμεσο κενό, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί εξωτερικός αέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συμβάλλει στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης της πλάκας της οροφής ή του τοίχου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, γιατί περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ως προς την κατασκευή του αεριζόμενου δώματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση της θερμομόνωσης, η οποία πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με την πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος (Εικόνα 9.8). Το κενό, στο οποίο κυκλοφορεί ο αέρας, δημιουργείται επάνω από τη θερμομόνωση και ακολουθούν οι στρώσεις στεγάνωσης.



Εικόνα 9.8. Τομή σε αεριζόμενο δάμα

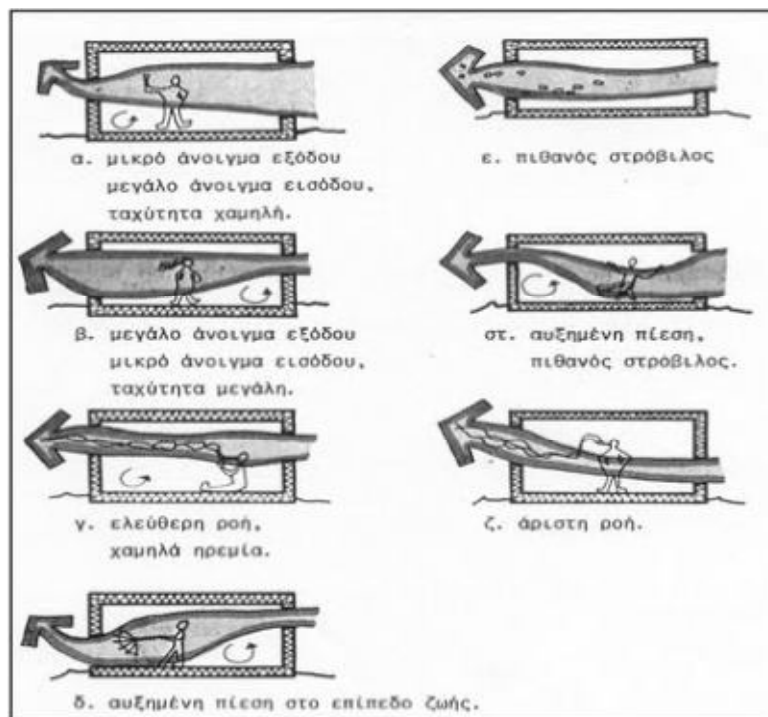
### 9.7.3. Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων

Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτιρίου, σε σχέση με την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για τη διασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού.

α ) Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο το χώρο. Ο τύπος αυτός αερισμού χαρακτηρίζεται ως διαμπερής. Καλύτερες συνθήκες αερισμού επιτυγχάνονται όταν η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο, γιατί έτσι έχουμε πιο ομοιόμορφη διανομή της ταχύτητας του αέρα και φυσικό δροσισμό σε όλους τους χώρους διαβίωσης (Εικόνα 9.9).

β) Το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου πρέπει να είναι περίπου το ίδιο, αρκεί η θέση τους στην τομή του κτιρίου να μην είναι στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά (Εικόνα 9.10) ή το αντίστροφο, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται δροσιά στο επίπεδο ζωής. Στην περίπτωση αερισμού του κτιρίου μέσω αιθρίου ή μέσω υπερυψωμένου χώρου στο εσωτερικό του, τότε η μορφή του αερισμού χαρακτηρίζεται ως ανοδική.





Εικόνες 9.9,9.10,9.11. Η διάταξη των ανοιγμάτων και η ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου



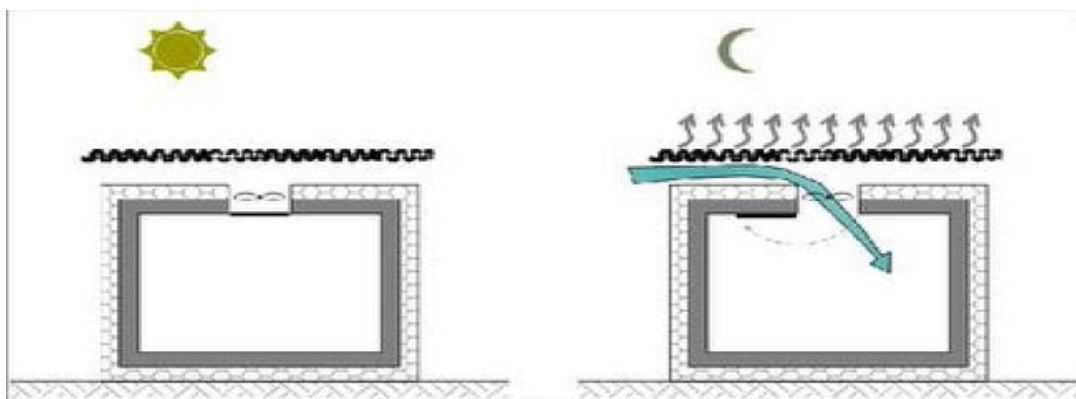
#### 9.7.4. Η χρήση του κτηρίου

Η χρήση του κτηρίου και κατά συνέπεια η δραστηριότητα των ενοίκων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες σε φυσικό αερισμό. Για παράδειγμα, σε ένα καθιστικό η καλύτερη κατανομή της κίνησης του αέρα, σε όλα τα σημεία του χώρου, είναι στο ύψος των 0,70-1,20 μ., δηλαδή στο επίπεδο ζωής. Για χώρους γραφείων, εφόσον συγκεντρώνονται πολλά άτομα, ο φυσικός αερισμός πρέπει να εξασφαλίζει  $3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , ενώ το βράδυ ο αερισμός πρέπει να αυξάνεται, έτσι ώστε να δροσίζεται ο χώρος και τα δομικά στοιχεία του, προκειμένου την επόμενη ημέρα να έχουν την δυνατότητα αποθήκευσης της θερμότητας για πολλές ώρες, περιορίζοντας έτσι την χρήση του κλιματισμού.

Συνεπώς, ο μελετητής πρέπει κατά τον σχεδιασμό του κτηρίου γραφείων, ή άλλων δημόσιων κτιρίων, να προβλέπει φεγγίτες στα ανοίγματα –μικρού μεγέθους, οι οποίοι να παραμένουν ανοιχτοί τη νύχτα το καλοκαίρι, υπό τον όρο ότι το κτήριο είναι ασφαλές.

#### 9.8. Νυχτερινή ακτινοβολία

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν θερμότητα προς τον ουρανό, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι. Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας. Οι επιφάνειες των κτιρίων που ακτινοβολούν το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας είναι τα δώματα. Όμως πρέπει να επισημανθεί ότι η εξωτερική θερμομόνωση επιβραδύνει κατά πολύ την εκτόνωση της θερμότητας, ενώ είναι απαραίτητα για την προστασία τους από τις θερμικές απώλειες το χειμώνα. Για τους λόγους αυτούς μπορούν να εφαρμοστούν ειδικά συστήματα-κατασκευές επάνω στα δώματα των κτιρίων. Τα συνηθέστερα είναι οι μεταλλικοί ακτινοβολητές.



Εικόνα 9.12. Σύστημα δροσίσιμου δώματος, με τη χρήση ακτινοβολητή

### 9.9. Μικροκλίμα-φύτευση δωματίων

Η περισσότερη επιβαρυνόμενη περιοχή του κτιρίου είναι η επικάλυψή του –το δώμα- διότι καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, πέραν των υψηλών θερμοκρασιών, δέχεται και την έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Οι πράσινες στέγες συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση του μικροκλίματος, γιατί απορροφούν μεγάλη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας, επομένως μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα στο άμεσο περιβάλλον, παράγουν οξυγόνο και φιλτράρουν τη σκόνη. Η εφαρμογή τους σε κλίμακα γειτονίας έχει πολλαπλά ευεργετικά αποτελέσματα, όπως περιορισμό του Φαινομένου της Θερμικής Νησίδας στο κέντρο της πόλης (μείωση επιφανειακών θερμοκρασιών και θερμοκρασίας αέρα) και σημαντική μείωση εκπομπών 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, σε σχέση με αυτήν πάνω από ένα συμβατικό δώμα με τσιμεντένιες πλάκες.

Ως προς την ενεργειακή επίδραση των φυτεμένων στεγών στο ίδιο το κτίριο παρατηρούνται τα εξής :

- Η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με φυτεμένη στέγη μπορεί το καλοκαίρι να είναι από 3 έως και 10° χαμηλότερη. Εξυπακούεται ότι αυτή η θερμοκρασία παρατηρείται στους τελευταίους ορόφους –πιο κοντά στο δώμα- όταν πρόκειται για πολυώροφα κτίρια.
- Το χειμώνα μεταφέρεται λιγότερη θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο προς τα έξω.
- Το δώμα που βρίσκεται κάτω από την «πράσινη επιφάνεια» προστατεύεται καλύτερα από τις καιρικές συνθήκες και τις διακυμάνσεις των θερμοκρασιών το χειμώνα και το καλοκαίρι.

Επιπρόσθετα, τα φυτεμένα δώματα προσφέρουν σημαντική προστασία από θορύβους και συμβάλλουν στην ορθολογική διαχείριση του βρόχινου νερού. Τέλος, στη θέση των αχρησιμοποίητων, απρόσωπων δωματίων διαμορφώνονται χώροι αισθητικά ευχάριστοι, υγιεινοί, χρήσιμοι για επικοινωνία ή/και ψυχαγωγία των ενοίκων.

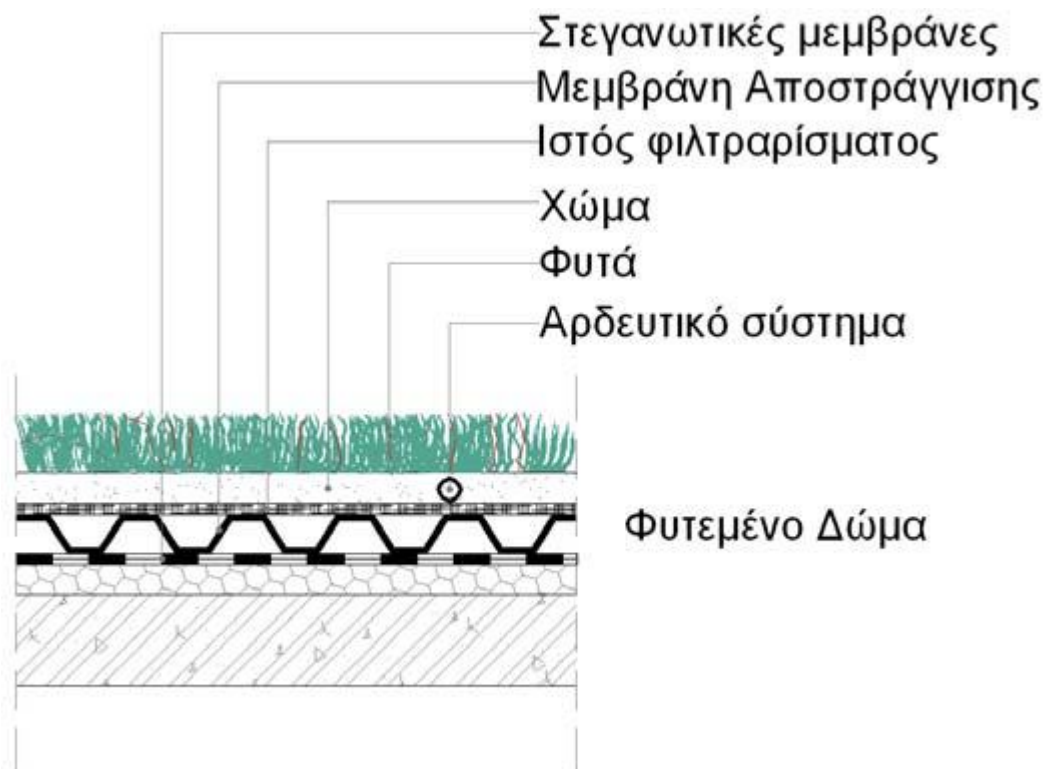
Ως προς την κατασκευή, στη διάστρωση των αναγκαίων διαδοχικών στρώσεων. Συγκεκριμένα :

- Επάνω από τη θερμομόνωση στρώνεται ειδική μεμβράνη για επιπλέον προστασία από το νερό και την υγρασία.
- Επάνω από τη μεμβράνη τοποθετείται ένα δίκτυο για την προστασία του ριζικού συστήματος των φυτών, αλλά και για να εμποδίζονται οι ρίζες να διεισδύσουν στη θερμομόνωση και να την καταστρέψουν.
- Στη συνέχεια, επάνω από ένα υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και θρεπτικών συστατικών, τοποθετείται ένα σύστημα από μικρές συνδεδεμένες

μεταξύ τους πλαστικές θήκες, για να συγκρατείται το νερό της βροχής ή το νερό άρδευσης τους θερινούς μήνες.

- Επάνω από αυτές τις κυψέλες στρώνεται ένα διηθητικό φύλλο (γεωφάσμα) που αφήνει μεν το νερό να περνάει, αλλά όχι το χώμα και άλλα ανεπιθύμητα σωματίδια.
- Ως τελική στρώση τοποθετείται ειδικό εδαφικό υλικό, αρκετά ελαφρύ, πορώδες και πλούσιο σε συστατικά απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών.

Όλα αυτά αποτελούν ένα στρώμα πάχους από 10 έως 20 εκατοστών.



Εικόνα 9.13. Οι διαδοχικές στρώσεις των υλικών για την φύτευση

Μια πολιτική μέτρων και κινήτρων για τη φύτευση των δωμαίων αποτελεί στρατηγικής σημασίας συμβολή για τον περιορισμό των αερίων ρύπων και των μικροσωματιδίων στην ατμόσφαιρα, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας –κυρίως του κλιματισμού- και την ανάκτηση ενός υγιούς και αισθητικά ευχάριστου περιβάλλοντος για τους κατοίκους των πόλεων.

## Βιβλιογραφία

- Alexandri, E., «Investigations into Mitigating the Heat Island Effect through Green Roofs and Green Walls», Διδακτορική Διατριβή, Welsh School of Architecture, Cardiff University, Cardiff, 2005.
- Alexandri, E., and Jones, P., «Sustainable Urban Future in Southern Europe - What about the Heat Island Effect?» ERSA2006, Βόλος, 2006.
- Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006.
- Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., Ερευνητικό Πρόγραμμα "Monitoring of Two Passive Solar Houses", 1988-92.
- Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., Σύνταξη - επιμέλεια "Φυσικός Δροσισμός στα Ξενοδοχεία-Κυκλάδες". Έκδοση του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Πρόγραμμα SAVE, 17η Γενική Διεύθυνση για την ενέργεια.
- Ανδρουτσόπουλος, Α., ΚΑΠΕ «Τεχνολογίες κελύφους».
- Αξαρχή, Κ., «Φυσικός δροσισμός: ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων το καλοκαίρι», περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ, No 129, Αύγουστος 2009, - αφιέρωμα «Αρχιτεκτονική και Ενέργεια».
- «Architectural Review», Περιοδικό, Volume July, 1997.
- Cofaigh E.O., Olley J.A., Lewis J.O., Energy Research Group, Univ. College Dublin, "The climate Dwelling: An introduction to climate responsive residential architecture", Published by James and James Ltd., 1996.
- Colombo R., Landabaso A., Sevilla A., "Passive Solar Architecture for Mediterranean Area", Joint Research Centre, Commission of the European Communities, 1994.
- Διαδίκτυο : [www.ac-nice.fr/etabs/camus](http://www.ac-nice.fr/etabs/camus)
- Διαδίκτυο : [www.battlemccarthy.com/.../doybleskinanalysis.htm](http://www.battlemccarthy.com/.../doybleskinanalysis.htm)
- Διαδίκτυο : [www.coolroofs-eu.eu](http://www.coolroofs-eu.eu)
- Διαδίκτυο : [www.richardrogers.co.uk](http://www.richardrogers.co.uk)
- Dimoudi, A., «Solar chimneys in buildings - State of the art», J. of Advances in Building Energy Research (ABER), Τεύχ. 3, 2009.
- Dimoudi, A., Androutsopoulos, A., Lykoudis, S., «CRES Final Technical Report, AIRinSTRUCT - Integration of Advanced Ventilated Building Components and Structures for Reduction of Energy Consumption in Buildings», EC JOULE-CRAFT, Contract N° JOE3-CT97-7003, 2000.
- Eiker, U., «Low energy cooling for sustainable buildings», Wiley, Chichester, 2009.
- Ευμορφοπούλου, Α., «Οι Κήποι στα Δώματα των Κτιρίων. Η Συμβολή τους στο Οικοσύστημα των Αστικών Κέντρων. Κατασκευαστικές Λύσεις και Δυνατότητες Εφαρμογής στον Ελληνικό Χώρο», Διδακτορική Διατριβή στον Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 1992.
- Grapsas, K., «Considering Microclimate in Building Design, a Design Study in Lefkada, Hellas». MPhil Dissertation, Department of Architecture, University of Cambridge, 2001.
- Grapsas, K., «Intermediate Space in Architecture». Proceedings of Passive and Low Energy Architecture Conference (PLEA), Santiago, Chile, 2003.
- Herzog Thomas, with contribution by Kaiser N., and Volz M., "Solar Energy in Architecture and Urban Planning", Prestel Verlag, Munich and New York, 1996.
- HuetO., & Cellaire, R., «Bioclimatisme en Zone Tropicale», GRET, Paris, 1986.

- Jones, D. L, “Architecture and the Environment”, Laurence King Publishing, 1996
- Mazria, Ed., “The Passive Solar Energy Book”, Rodale Press, Emmaus, Pa., 1979.
- Olgyay, V., and A., “Design with Climate, a Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism”, Princeton University Press, Princeton, N. Jersey, 1963.
- Pilar Alberich Sotomayor - Jaime Lopez de Asiain, Architects, «Architecture Climatique», E.C. External spaces, World's Fair, ES-Sevilla.
- Santamouris, M., (Ed). «Advances in building energy research», Earthscan, London, 2009.
- Santamouris, M., (Ed). «Advances in Passive Cooling», Earthscan, London, 2007.
- Santamouris, M., and Asimakopoulos, D., (Eds), Argiriou, A., Balaras, C, Dascalaki, E, Dimoudi, A., Mantas, D., Tselepidaki, I.. «Passive Cooling of Buildings». London: James &James (Sciences Publishers) Ltd, 1996.
- Yannas, S., et al «Roof Cooling Techniques, A Design Handbook», Earthscan, Sterling, 2006.

### Πηγές εικόνων

- Εικόνα 9.1: <http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwhakgv949h/images/63-221e819475.jpg>
- Εικόνα 9.2. : <http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwhakgv949h/images/104-a35fc8072e.jpg>
- Εικόνα 9.3. : <http://htmlimg3.scribdassets.com/1xfdwhakgv949h/images/65-85a1901125.jpg>
- Εικόνα 9.4. : <http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwhakgv949h/images/66-58f62bf51b.jpg>
- Εικόνα 9.5. : <http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/66-58f62bf51b.jpg>
- Εικόνα 9.6. : <http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/67-052de77dfd.jpg>
- Εικόνα 9.7. : <http://htmlimg3.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/68-841c21fc42.jpg>
- Εικόνα 9.8. : <http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/69-99c2a762bf.jpg>
- Εικόνα 9.9. : <http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/70-e92b9f86f6.jpg>
- Εικόνα 9.10. : <http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/70-e92b9f86f6.jpg>
- Εικόνα 9.11. : <http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/70-e92b9f86f6.jpg>
- Εικόνα 9.12. : <http://htmlimg3.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/73-a1cc11498f.jpg>
- Εικόνα 9.13. : <http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfwshakgv949h/images/74-4ccdf9001f.jpg>

## 10.ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 10.1. Στόχος ανάλυσης

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό προκατασκευασμένων κτισμάτων, σε κάθε ένα από τα οποία ενσωματώθηκε από ένα παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης, και έγινε ανάλυση αποτελεσμάτων και σύγκριση με κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Στόχος είναι, με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις και σε συνδυασμό με τις ιδιότητες του εκάστοτε παθητικού ηλιακού συστήματος, να εξαχθούν συμπεράσματα ως προς την ενεργειακή απόδοση αυτών και να φανεί η βέλτιστη λύση επιλογής παθητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης.

#### 10.1.1.Περιγραφή κτισμάτων

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρία προκατασκευασμένα κτίσματα ίδιων διαστάσεων (4,3x3,3μ) και χαρακτηριστικών, που τοποθετήθηκαν στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Οι είσοδοι και των τριών σπιτιών βρίσκονται στη βορινή πλευρά ενώ και τα τρία διαθέτουν από δύο παράθυρα, ένα στην ανατολική και ένα στη δυτική πλευρά τους, διαστάσεων 1,20x1,00μ. Το κάθε κτίσμα αποτελείται από έναν ενιαίο χώρο και διαφοροποιούνται μεταξύ τους στη νότια πλευρά τους.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του βιοκλιματικού σχεδιασμού ως προς τον προσανατολισμό των κτιρίων, τα τρία κτίσματα έχουν τοποθετηθεί έτσι ώστε στη νότια πλευρά τους να ενσωματώνονται τα εξής :

- Στο **πρώτο κτίσμα** είναι προσαρτημένος ηλιακός χώρος, τύπου θερμοκηπίου, διαστάσεων 2,95x1,45μ. ενώ η οροφή είναι οριζόντια, σε ύψος 3,00μ.(Εικόνα 10.1)
- Στο **δεύτερο κτίσμα** έχει ενσωματωθεί τοίχος θερμικής αποθήκευσης, τύπου Trombe, μαύρου χρώματος, με διάκενα. Η οροφή του κτίσματος αυτού είναι επίσης οριζόντια, ύψους 3,00μ.(Εικόνα 10.2)
- Στο **τρίτο κτίσμα** έχει τοποθετηθεί απλό παράθυρο διαστάσεων 2,10x1,05μ. ενώ η στέγη του είναι κεκλιμένη, συνολικού ύψους 4,00μ.(Εικόνα 10.3)

## ΠΡΩΤΟ ΚΤΙΣΜΑ



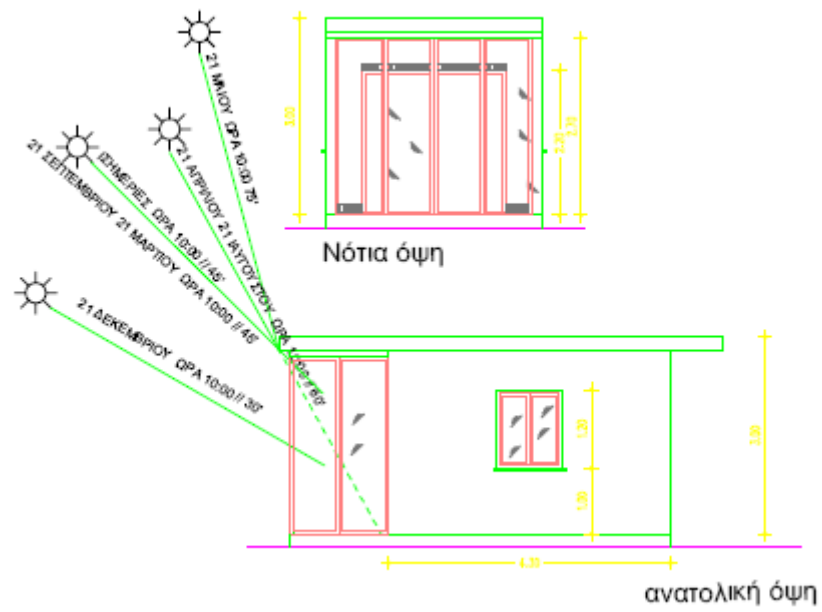
Εικόνα 10.1 Σύστημα ηλιακού χώρου, τύπου θερμοκηπίου

## ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Περιοχή κεντρική Ελλάδα  
(38° Γ.Π.)

Εξωτερ. Θερμ	Εμβαδόν θερμοκηπίου για σημαντικότα. χώρο
1.5	0.90 m <sup>2</sup>
Εμβαδόν. οο- χώρου	Εμβαδόν θερμοκηπίου
11.31	10.17

$$1.45+2.05 \times 2.7=9.41$$



Σκαρίφημα 10.1 Σύστημα ηλιακού χώρου, τύπου θερμοκηπίου



## ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΤΙΣΜΑ



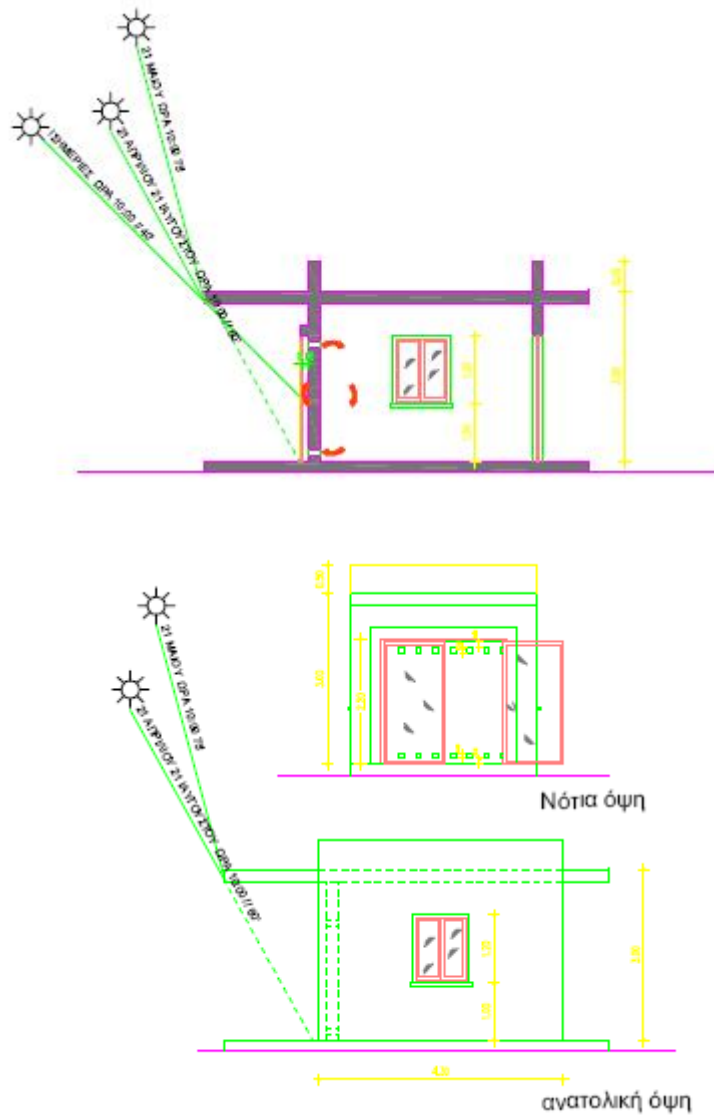
Εικόνα 10.2 Σύστημα τοίχου θερμικής αποθήκευσης, τύπου Trombe

### ΤΟΙΧΟΣ TROMBE

Περιοχή Κεντρική Ελλάδα (38' Γ.Π.)

Εξωτερ. θερμ	Εμβαδόν τοίχου TROMBE για κλιματικό εστ. χώρου
1.5	0.45 m <sup>2</sup>
Εμβαδόν εστ. χώρου	Εμβαδόν τοίχου TROMBE
10.67	4.89

2.2x2.2=4.84m<sup>2</sup>



Σκαρίφημα 10.2 Σύστημα τοίχου θερμικής αποθήκευσης, τύπου Trombe

**ΤΡΙΤΟ ΚΤΙΣΜΑ**



*Εικόνα 10.3 Σύστημα άμεσου κέρδους-νότιο υαλοστάσιο*

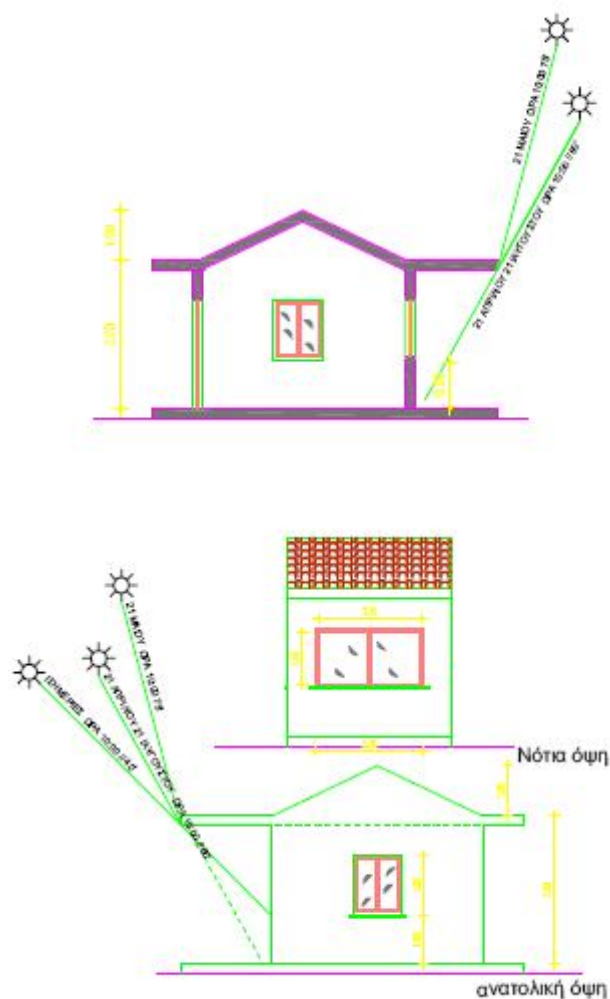
**ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ**

Περιοχή κεντρική Ελλάδα  
(38' Γ.Π.)

Εμβαδόν θύρας	Εμβαδόν υαλοστάσιου για κέρδος ή ήλιου
1.6	0.20 m <sup>2</sup>
Εμβαδόν ιστ. χώρου	εμβαδόν κερμάτων
11.31	2.28

$2.1 \times 1.05 = 2.2$

Εμβαδόν ιστ. χώρου	Εμβαδόν θύρας και υαλοστάσιου
11.31	2.28+0.20=2.48m <sup>2</sup>



Σκαρίφημα 10.3 Σύστημα άμεσου κέρδους-νότιο υαλοστάσιο

Τα προκατασκευασμένα κτίσματα έχουν κατασκευαστεί σε εργοστάσιο, έχουν μεταφερθεί ολοκληρωμένα και έχουν τοποθετηθεί στην εν λόγω περιοχή. Συγκεκριμένα, οι τοίχοι και η οροφή αποτελούνται από διπλό τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος, 5εκ. το καθένα, με 3εκ. μόνωσης στη μέση, αφρώδους πολυουρεθάνης. Η πλάκα του δαπέδου αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα, 15εκ., χωρίς μόνωση. Τα πανέλα των τοίχων και της οροφής έχουν ενωθεί μεταξύ τους με χυτό σκυρόδεμα, 7εκ. Στο κτίριο που διαθέτει το παράθυρο, έχει τοποθετηθεί κεραμοσκεπή, πάνω σε ενιαία πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, 10εκ.

Ως προς τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή, τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=2,5$  και συντελεστή θερμοπερατότητας  $U=0,64$ . Η πλάκα του δαπέδου έχει συντελεστή θερμοπερατότητας  $U=2,5$ , το σύστημα οροφής του κτίσματος με το παράθυρο- δηλαδή ενιαία πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και κεραμοσκεπή- έχει συντελεστή

$U=3,65$  ενώ οι οροφές των άλλων δύο κτισμάτων που διαθέτουν μόνο πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος έχουν συντελεστή  $U=3,9$ . Τα παράθυρα στα κτίρια, καθώς και το θερμοκήπιο, αποτελούνται από διπλό τζάμι 6χιλ. το καθένα και τα κουφώματα αυτών είναι από αλουμίνιο με θερμοδιακοπή, με διάκενο αέρα 6χιλ. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας αυτών είναι  $U=3,6$ .

### 10.1.2.Περιγραφή μετρήσεων

Χρησιμοποιήθηκαν τρία θερμοϋγρόμετρα στο εσωτερικό κάθε σπιτιού. Συγκεκριμένα, τοποθετήθηκαν και στα τρία σπίτια από ένας αισθητήρας στην οροφή και ένας στο δάπεδο. Στο κτίσμα με το θερμοκήπιο τοποθετήθηκαν επιπλέον δύο αισθητήρες, ένας στην οροφή του θερμοκηπίου και ένας στο νότιο τοίχο στην εσωτερική πλευρά πάνω από την είσοδο του θερμοκηπίου (πρέκι). Στο κτίριο με τον τοίχο Trombe τοποθετήθηκε ένας επιπλέον αισθητήρας στον τοίχο Trombe (νότος). Τέλος, στο κτίριο με το παράθυρο τοποθετήθηκε ένας επιπλέον αισθητήρας στον νότιο τοίχο.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα **20/06/2011-11/10/2011** ανά δεκάλεπτο, δείγμα των οποίων παρατίθεται στο παράρτημα αυτού του τεύχους (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ), ενώ το σύνολο αυτών βρίσκεται σε ηλεκτρονική μορφή που συνοδεύει την εργασία αυτή. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο διάστημα **6/12/2010-11/10/2011** με σκοπό να υπάρξει μια ενδεικτική εικόνα της απόδοσης των παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης που φέρει το κάθε κτίσμα, στη διάρκεια ενός έτους.

## 10.2.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που λήφθηκαν υπόψη είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου και η ηλιοφάνεια και λήφθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του ΕΜΠ στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Τα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζουν τις θερμοκρασίες εντός των τριών κτισμάτων συγκριτικά με τις εξωτερικές, για κάθε σπίτι ξεχωριστά και για κάθε όψη ή σημείο τοποθέτησης αισθητήρα.

Η ανάλυση έγινε για ολόκληρη την περίοδο των μετρήσεων(20/06/2011-11/10/2011) και για δύο χαρακτηριστικές εβδομάδες στις οποίες έλαβαν χώρα οι πιο ζεστές(18/07/2011-24/07/2011) και οι πιο κρύες(5/10/2011-11/10/2011) θερμοκρασίες της εν λόγω περιόδου. Τέλος παρατίθεται συγκεντρωτικό διάγραμμα θερμοκρασιών για όλη την περίοδο μελέτης, δηλαδή από 6/12/2010 μέχρι 11/10/2011.

**Μετρήσεις στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe (Διάγραμμα 10.1)**

Στο διάγραμμα αυτό φαίνονται οι θερμοκρασίες του κτιρίου που διαθέτει τον τοίχο Trombe σε διαφορετικά σημεία εντός του κτίσματος. Ο αισθητήρας του δαπέδου κατέγραψε τις χαμηλότερες θερμοκρασίες καθ' όλη την περίοδο, γεγονός αναμενόμενο καθώς το δάπεδο δεν διαθέτει μόνωση. Οι θερμοκρασίες του νότου και της οροφής (θερμοκρασίες αέρα εντός του κτίσματος) κυμαίνονται σε ίδια περίπου επίπεδα και είναι υψηλότερες από αυτές του δαπέδου. Παρατηρούμε επίσης πως τις μεσημεριανές ώρες ο νότιος τοίχος παρουσιάζει μεγαλύτερες αιχμές από την οροφή ενώ κατά τις βραδινές ώρες οι αιχμές φτάνουν στα ίδια επίπεδα και σε ορισμένες περιπτώσεις ταυτίζονται.

**Μετρήσεις στο κτίσμα με το θερμοκήπιο (Διάγραμμα 10.2)**

Ομοίως, στο διάγραμμα αυτό φαίνονται οι θερμοκρασίες του κτιρίου με το θερμοκήπιο σε διαφορετικά σημεία εντός του κτίσματος. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται στο δάπεδο. Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες και μάλιστα αρκετά μεγαλύτερες και από τις εξωτερικές καταγράφονται στο χώρο του θερμοκηπίου και αντίστοιχα στο νότο (πρέκι), καθώς ο χώρος αυτός επηρεάζεται άμεσα από τον χώρο του θερμοκηπίου. Δεδομένου ότι οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρούμε ότι οι θερμικές απώλειες στη διάρκεια της νύχτας δεν είναι σημαντικές. Οι θερμοκρασίες στην οροφή ακολουθούν τα επίπεδα της νότιας πλευράς και είναι ελαφρώς χαμηλότερες.

**Μετρήσεις στο κτίσμα με το απλό παράθυρο (Διάγραμμα 10.3)**

Στο διάγραμμα αυτό φαίνονται οι θερμοκρασίες του σπιτιού με το απλό παράθυρο σε διάφορα σημεία εντός του κτίσματος. Το κτίσμα αυτό υποβοηθείται από άποψη μόνωσης μόνο από την κεραμοσκεπή. Φαίνεται χαρακτηριστικά από το διάγραμμα ότι οι θερμοκρασίες και στα τρία σημεία ακολουθούν τις διακυμάνσεις των εξωτερικών θερμοκρασιών και μεταξύ τους κυμαίνονται περίπου σε ίδια επίπεδα. Σταθερά χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στο δάπεδο ενώ οι υψηλότερες παρατηρούνται στην οροφή, σε λίγο πιο υψηλά επίπεδα από αυτές του νότου (πρέκι).



**Μετρήσεις στο νότιο τοίχο (Διάγραμμα 10.4.1-10.4.2)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι θερμοκρασίες του νότου στα τρία κτίσματα και τις εξωτερικές. Υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται σταθερά στο χώρο του θερμοκηπίου και μάλιστα πολύ υψηλότερες σε σχέση με τις εξωτερικές. Ακολουθούν οι θερμοκρασίες που κατέγραψε ο αισθητήρας στον νότιο τοίχο, στο κτίριο του θερμοκηπίου, καθώς αυτός ο χώρος επηρεάζεται άμεσα από τον χώρο του θερμοκηπίου. Στη συνέχεια, ακολουθούν οι θερμοκρασίες του τοίχου Trombe, λίγο χαμηλότερα από αυτές του νότιου τοίχου (πρέκι) του κτιρίου με το θερμοκήπιο, αλλά σε ίδια επίπεδα σε γενικές γραμμές. Τέλος χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στον νότιο τοίχο, στο κτίριο με το παράθυρο. Δεδομένου ότι οι μετρήσεις έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η ηλιοφάνεια στην περιοχή ήταν συνεχής κατά τη διάρκεια της ημέρας. Γι' αυτό το λόγο, οι θερμοκρασίες του τοίχου Trombe είναι σταθερά μεγαλύτερες από αυτές του παραθύρου και ακόμα μεγαλύτερες οι θερμοκρασίες στον χώρο του θερμοκηπίου, καθώς τα συστήματα του θερμοκηπίου και του τοίχου Trombe βασίζουν τη λειτουργία τους στην ηλιοφάνεια. Το θερμοκήπιο δηλαδή, έχει μεγαλύτερα θερμικά κέρδη από τον τοίχο Trombe τις μέρες με ηλιοφάνεια. Παρατηρείται επίσης, ότι οι θερμοκρασίες του τοίχου Trombe και του θερμοκηπίου ταυτίζονται ή και ξεπερνούν κατά πολύ τις μέγιστες εξωτερικές θερμοκρασίες τις μεσημεριανές ώρες και είναι πολύ ανώτερες από τις ελάχιστες εξωτερικές τις πρώτες πρωινές ώρες, γεγονός που σημαίνει ότι οι θερμικές απώλειες κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν αρκούν ώστε να μειώσουν τη θερμοκρασία εντός του κτίσματος.

**Μετρήσεις στην οροφή (Διάγραμμα 10.5.1-10.5.2)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες στην οροφή κάθε κτίσματος. Οι αισθητήρες αυτοί καταγράφουν τη θερμοκρασία του αέρα αφού δεν έρχονται σε επαφή με το κέλυφος. Να υπενθυμίσουμε εδώ, ότι το κτίσμα με το παράθυρο διαθέτει και κεραμοσκεπή στην οροφή. Επομένως, στο κτίριο με το παράθυρο, παρατηρούνται και πάλι οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εκ των τριών. Υψηλότερες κατά 2° C περίπου είναι οι θερμοκρασίες την οροφή του κτιρίου με τον τοίχο Trombe. Οι θερμοκρασίες στην οροφή του κτιρίου με το θερμοκήπιο κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τον τοίχο Trombe, κατά τη διάρκεια της ημέρας, εκτός από τις μεσημεριανές ώρες που το θερμοκήπιο είναι πιο θερμό κατά 1° C περίπου. Αυτές τις ώρες, όπου παρατηρούνται και οι αιχμές των θερμοκρασιών, το σπίτι με το απλό παράθυρο είναι σαφώς πιο ψυχρό. Επιπλέον, παρατηρείται ότι κατά τις πρώτες πρωινές ώρες, όταν έχουμε τις ελάχιστες θερμοκρασίες, οι θερμοκρασίες και στα τρία σπίτια πλησιάζουν περισσότερο μεταξύ τους. Τέλος, παρατηρείται ότι η θερμοκρασία στο σπίτι με το απλό παράθυρο παρουσιάζει μικρότερη διακύμανση κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ στα άλλα δύο κτίρια παρατηρείται μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών.

**Μετρήσεις στο δάπεδο (Διάγραμμα 10.6)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες στο δάπεδο και στα τρία κτίρια αλλά και τις εξωτερικές. Και σε αυτήν την περίπτωση οι θερμοκρασίες του θερμοκηπίου είναι οι υψηλότερες ενώ του κτιρίου με το απλό παράθυρο οι χαμηλότερες. Οι θερμοκρασίες του κτιρίου με τον τοίχο Trombe είναι σε ενδιάμεσα επίπεδα, ελάχιστα χαμηλότερες από αυτές του θερμοκηπίου. Ομοίως με τις θερμοκρασίες της οροφής και σε αυτήν την περίπτωση του δαπέδου τις βραδινές ώρες οι θερμοκρασίες και των τριών πλησιάζουν μεταξύ τους.

**Μετρήσεις την πιο ζεστή εβδομάδα (Διάγραμμα 10.7)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες στη νότια πλευρά και των τριών κτιρίων κατά τη διάρκεια της πιο ζεστής εβδομάδας, στην περίοδο των μετρήσεων, δηλαδή από τις 18/07/2011 έως τις 24/07/2011. Παρατηρούμε ότι το κτίριο με το απλό παράθυρο παρουσιάζει τις πιο χαμηλές θερμοκρασίες, σταθερά από τα άλλα δυο κτίρια καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αρκετά πιο υψηλές παρατηρούνται οι θερμοκρασίες στο κτίριο με τον τοίχο Trombe, ενώ στα ίδια επίπεδα και με διαφορά 0,5-1° C υψηλότερες είναι οι θερμοκρασίες στο πρέκι του κτιρίου με το θερμοκήπιο. Ο χώρος του θερμοκηπίου ακολουθεί τις αιχμές των εξωτερικών θερμοκρασιών, έχοντας αρκετή διαφορά από τα άλλα σημεία μετρήσεων εντός των κτιρίων, ενώ οι θερμοκρασίες εκεί πέφτουν αρκετά κατά τις νυχτερινές ώρες, γεγονός που αποδεικνύει ότι το θερμοκήπιο έχει διαφυγές θερμότητας τις ώρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια και η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει (νυχτερινές ώρες). Παρ' όλα αυτά, όπως φαίνεται η διακύμανση της θερμοκρασίας στο πρέκι, αυτές οι διαφυγές δεν καθίστανται ικανές να μειώσουν τη θερμοκρασία εντός του χώρου τον οποίο θερμαίνει το θερμοκήπιο. Τις νυχτερινές ώρες, οι θερμοκρασίες του θερμοκηπίου και του τοίχου Trombe πλησιάζουν αλλά είναι σταθερά πιο υψηλές από αυτές του απλού παραθύρου.

**Μετρήσεις την πιο κρύα εβδομάδα (Διάγραμμα 10.8)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες στη νότια πλευρά και των τριών κτιρίων κατά τη διάρκεια της πιο κρύας εβδομάδας, στην περίοδο των μετρήσεων, δηλαδή από τις 5/10/2011 μέχρι τις 11/10/2011. Το κτίριο με το παράθυρο παρουσιάζει και πάλι τις πιο χαμηλές θερμοκρασίες, οι οποίες όμως σχεδόν ταυτίζονται με αυτές στο πρέκι του θερμοκηπίου και στον τοίχο Trombe, τις πρώτες πρωινές ώρες. Ανάλογα με την ηλιοφάνεια και την πτώση της θερμοκρασίας, παρατηρούμε ότι οι θερμοκρασίες στο κτίριο με τον τοίχο Trombe και σε αυτό με το θερμοκήπιο εναλλάσσονται. Σε γενικές γραμμές, οι θερμοκρασίες στο κτίριο με το θερμοκήπιο είναι αυτές που είναι πιο υψηλές και ακολουθούν οι θερμοκρασίες στο κτίριο με τον τοίχο Trombe, εκτός από κάποια σημεία στα οποία οι τελευταίες είναι πιο υψηλές από αυτές του θερμοκηπίου. Αυτό συμβαίνει τις ημέρες-ώρες στις οποίες η ηλιοφάνεια είναι ελάχιστη. Και σε αυτήν την περίπτωση παρατηρούμε πως οι θερμοκρασίες εντός του χώρου του θερμοκηπίου ακολουθούν τις αιχμές των εξωτερικών θερμοκρασιών, ενώ όσο οι εξωτερικές θερμοκρασίες πέφτουν, οι θερμοκρασίες εντός του χώρου του θερμοκηπίου ακολουθούν αυτήν την καθοδική πορεία αλλά με αρκετά μικρότερες διαφορές στις αιχμές τους.

### Μετρήσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Διάγραμμα 10.9)

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες στη νότια πλευρά και των τριών κτιρίων καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, οι οποίες έλαβαν χώρα από τις 6/12/2010 μέχρι τις 11/10/2011. Παρατηρούμε ότι οι θερμοκρασίες στο κτίριο με το απλό παράθυρο παραμένουν οι πιο χαμηλές από τα τρία κτίρια, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το κτίριο με το θερμοκήπιο διατηρεί σταθερά ανώτερη θερμοκρασία από τα άλλα δύο κτίρια. Επίσης, οι θερμοκρασίες του κτιρίου με τον τοίχο Trombe είναι ελαφρώς χαμηλότερες από αυτές του θερμοκηπίου και ανώτερες από αυτές του απλού παραθύρου. Οι διαφορές αυτές μεγαλώνουν τις μέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια και μεγάλες εξωτερικές θερμοκρασίες, αντίθετα όταν η ηλιοφάνεια είναι μικρή οι θερμοκρασίες και των τριών πλησιάζουν αρκετά και σχεδόν ταυτίζονται.

Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, λόγω των αυξημένων εξωτερικών θερμοκρασιών καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασίες εντός του κτιρίου με το θερμοκήπιο είναι περίπου στα ίδια επίπεδα με αυτές του κτιρίου με τον τοίχο Trombe, με υψηλότερες αυτές στο κτίριο του θερμοκηπίου. Παρατηρούμε εδώ, πως ενώ και στις τρεις περιπτώσεις, η χρονική υστέρηση αυτών κυμαίνεται στα ίδια περίπου χρονικά επίπεδα (μέγιστη θερμοκρασία παρατηρείται κατά τις 16:00 και ελάχιστη κατά τις πρώτες πρωινές ώρες), εν τούτοις καλύτερη θερμική άνεση προσφέρει το νότιο υαλοστάσιο, αφού δεν ανεβάζει τόσο πολύ τη θερμοκρασία εντός του κτιρίου, όσο τα άλλα δύο συστήματα. Διατηρείται, έτσι, η θερμοκρασία εντός του κτιρίου σε ανεκτά επίπεδα σε σύγκριση με τις εξωτερικές θερμοκρασίες.

Τους χειμερινούς μήνες, όμως, υπάρχει μεγάλη διακύμανση στις θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το κτίριο με το θερμοκήπιο εμφανίζει μεγάλες διαφυγές θερμότητας τις νυχτερινές ώρες, γεγονός που οφείλεται στον χαμηλότερο συντελεστή θερμοχωρητικότητας και στις περισσότερες θερμικές απώλειες λόγω του υαλοστασίου. Για παράδειγμα, σε μία μέρα με ελάχιστη θερμοκρασία και ηλιοφάνεια, το θερμοκήπιο μπορεί να αναπτύξει θερμοκρασία έως και 10° C παραπάνω από την εξωτερική θερμοκρασία, αλλά λόγω των διαφυγών μπορεί να την χάσει ακόμα και μέσα σε τρεις ώρες. Αντίθετα, στο κτίριο με τον τοίχο Trombe οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι αρκετά ομαλότερες, λόγω της μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας του υλικού της νότιας πλευράς που προκαλεί χρονική υστέρηση έως και 6 ώρες, παρ' ότι και τα δύο συστήματα λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο, δηλαδή αποδίδουν καλύτερα με την αύξηση της ηλιοφάνειας και της εξωτερικής θερμοκρασίας. Παρόμοια χρονική υστέρηση με αυτήν του τοίχου Trombe, κατά τους χειμερινούς μήνες παρουσιάζει και το νότιο υαλοστάσιο, με τη διαφορά ότι το τελευταίο δεν φτάνει στα θερμοκρασιακά επίπεδα του τοίχου Trombe, όσον αφορά στις μέγιστες θερμοκρασίες και αυτές τις αναπτύσσει με χρονική υστέρηση σε σχέση με τον τοίχο Trombe. Αυτό συμβαίνει λόγω του υλικού του τοίχου θερμικής αποθήκευσης, το οποίο δεσμεύει άμεσα την όποια ηλιακή ακτινοβολία και την διατηρεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, λόγω της μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητάς του.

### 10.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 8 των παθητικών ηλιακών συστημάτων, η λειτουργία αυτών βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου», για τη συλλογή 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 στο χώρο που θα θερμανθεί.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό και ο χειμερινός ηλιασμός τους να είναι ανεμπόδιστος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκίαστρα.

Στην εν λόγω εφαρμογή τοποθετήθηκαν στα τρία κτίρια από ένα παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης. Ένα σύστημα άμεσου κέρδους-νότιο υαλοστάσιο, ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης τύπου Trombe και ένας ηλιακός χώρος τύπου θερμοκήπιο.

Με βάση τις μετρήσεις και σε συνδυασμό με τη γνώση για τις θερμικές και ενεργειακές ιδιότητες του κάθε συστήματος καταλήγουμε, κατ' αρχάς στο συμπέρασμα ότι τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης αυξάνουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό ενός κτιρίου. «Εκμεταλλεύονται» την ηλιοφάνεια και τις υψηλές θερμοκρασίες προκειμένου να δεσμεύσουν την ηλιακή ακτινοβολία και να τη μεταφέρουν ως θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου. Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι, ακόμα και στη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές έως αρκετά χαμηλές, τις ημέρες με ηλιοφάνεια, ο τοίχος Trombe και το θερμοκήπιο απέδωσαν θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου.

Η διατήρηση της θερμότητας αυτής, στο εσωτερικό του κτιρίου, ωστόσο, εξαρτάται σημαντικά από τη θερμοπερατότητα των υλικών του κτιρίου και του παθητικού συστήματος. Δεδομένου ότι και τα τρία κτίρια είναι κοινά ως προς τα χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής τους, οι διαφορές εδώ έγκεινται στη θερμοπερατότητα των παθητικών συστημάτων.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι, τους χειμερινούς μήνες, η διακύμανση της θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του 24ώρου, στο κτίριο με το θερμοκήπιο, είναι αρκετά υψηλή. Αυτό σημαίνει ότι, η θερμότητα η οποία δεσμεύεται από το θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της ημέρας, διαφεύγει κατά τη διάρκεια της νύχτας, καθώς το θερμοκήπιο έχει μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας. Η λειτουργία, λοιπόν, του θερμοκηπίου ως αποθήκη θερμότητας είναι δυσχερής, καθώς το ποσό της θερμότητας που δεσμεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας χάνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, υπάρχει και πάλι διακύμανση της θερμότητας εντός του κτιρίου μέσα στο 24ωρο. Παρ' όλα αυτά, οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της νύχτας αποτρέπουν τη διαφυγή του θερμικού φορτίου, με αποτέλεσμα να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα η θερμοκρασία εντός του κτιρίου. Ειδικά για τους θερινούς μήνες, παρατηρείται μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου, η οποία και μεταφέρεται στο εσωτερικό

του κτιρίου. Απαιτείται λοιπόν σε αυτήν την περίπτωση, σύστημα φυσικού δροσισμού, προκειμένου να ελέγχεται το θερμικό φορτίο που εισέρχεται στο χώρο και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση αυτού.

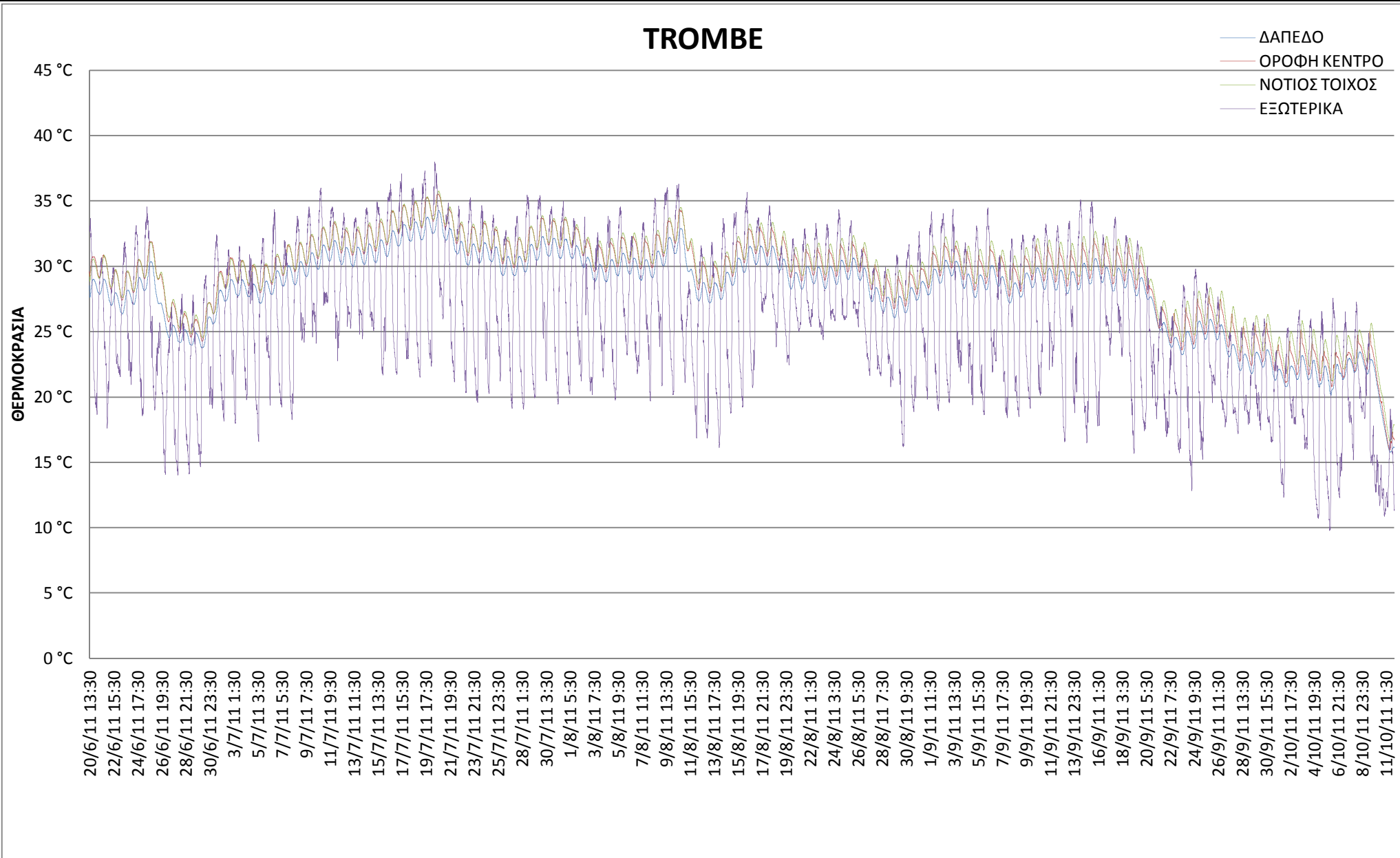
Όσον αφορά στο κτίριο που διαθέτει τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης, τα συμπεράσματα κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με αυτά του θερμοκηπίου, με τη διαφορά ότι ο τοίχος Trombe παρουσιάζει καλύτερη θερμική συμπεριφορά. Και ο τοίχος Trombe λειτουργεί με βάση το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», δεσμεύει, δηλαδή, την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπει σε θερμότητα εντός του κτιρίου και λειτουργεί πιο αποτελεσματικά τις ημέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια και υψηλές θερμοκρασίες. Η διαφορά των δύο συστημάτων, όμως, έγκειται στον συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών. Παρ' ότι οι θερμοκρασίες και στα δύο συστήματα κυμαίνονται σε ίδια περίπου επίπεδα κατά τη διάρκεια της ημέρας, ωστόσο ο τοίχος Trombe παρουσιάζει λιγότερες διαφυγές θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτή η ιδιότητα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης είναι πολύ σημαντική, καθώς επιτυγχάνεται μια ομαλή διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του 24ώρου, συγκρατώντας το θερμικό φορτίο σε σχετικά υψηλά επίπεδα, γεγονός πολύ σημαντικό για τη θερμική απόδοση του συστήματος τους χειμερινούς μήνες. Τους θερινούς μήνες, όπως και με το θερμοκήπιο, οι θερμοκρασίες στη διάρκεια της νύχτας είναι υψηλές, γεγονός που δεν επηρεάζει τη θερμική απόδοση του συστήματος. Και σε αυτήν την περίπτωση, πάντως, απαιτείται η ύπαρξη συστημάτων φυσικού δροσισμού, προκειμένου να επιτευχθεί η θερμική άνεση του χώρου.

Τέλος, όσον αφορά στο σύστημα άμεσου κέρδους, δηλαδή στο κτίριο με το απλό παράθυρο, παρατηρούμε ότι η θερμική συμπεριφορά αυτού δεν είναι ικανοποιητική. Ένα σύστημα άμεσου κέρδους, όπως έχει προαναφερθεί στο κεφάλαιο 8 των παθητικών ηλιακών συστημάτων, εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία δεσμεύοντάς τη μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτιρίου. 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 αυτά που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμότητα που αποθηκεύεται αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ένα σύστημα άμεσου κέρδους λοιπόν, μπορεί να αποδώσει θερμικά ανάλογα με τα υλικά κατασκευής των δομικών στοιχείων του κτιρίου, τα οποία πρέπει να είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εν λόγω κτίσμα, παρατηρούμε ότι πρόκειται για την χειρότερη περίπτωση παθητικού συστήματος, σε σχέση με τις άλλες δύο. Τις ημέρες με ηλιοφάνεια δεσμεύεται η ηλιακή ακτινοβολία, αλλά το θερμικό φορτίο που προκύπτει δεν επαρκεί για τη ικανοποιητική θέρμανση του χώρου, ενώ τις νύχτες το φορτίο αυτό εξασθενεί έως και μηδενίζεται. Στη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, ωστόσο, το σύστημα του άμεσου κέρδους με το νότιο υαλοστάσιο δεν παρουσιάζει τόσο υψηλές θερμοκρασίες

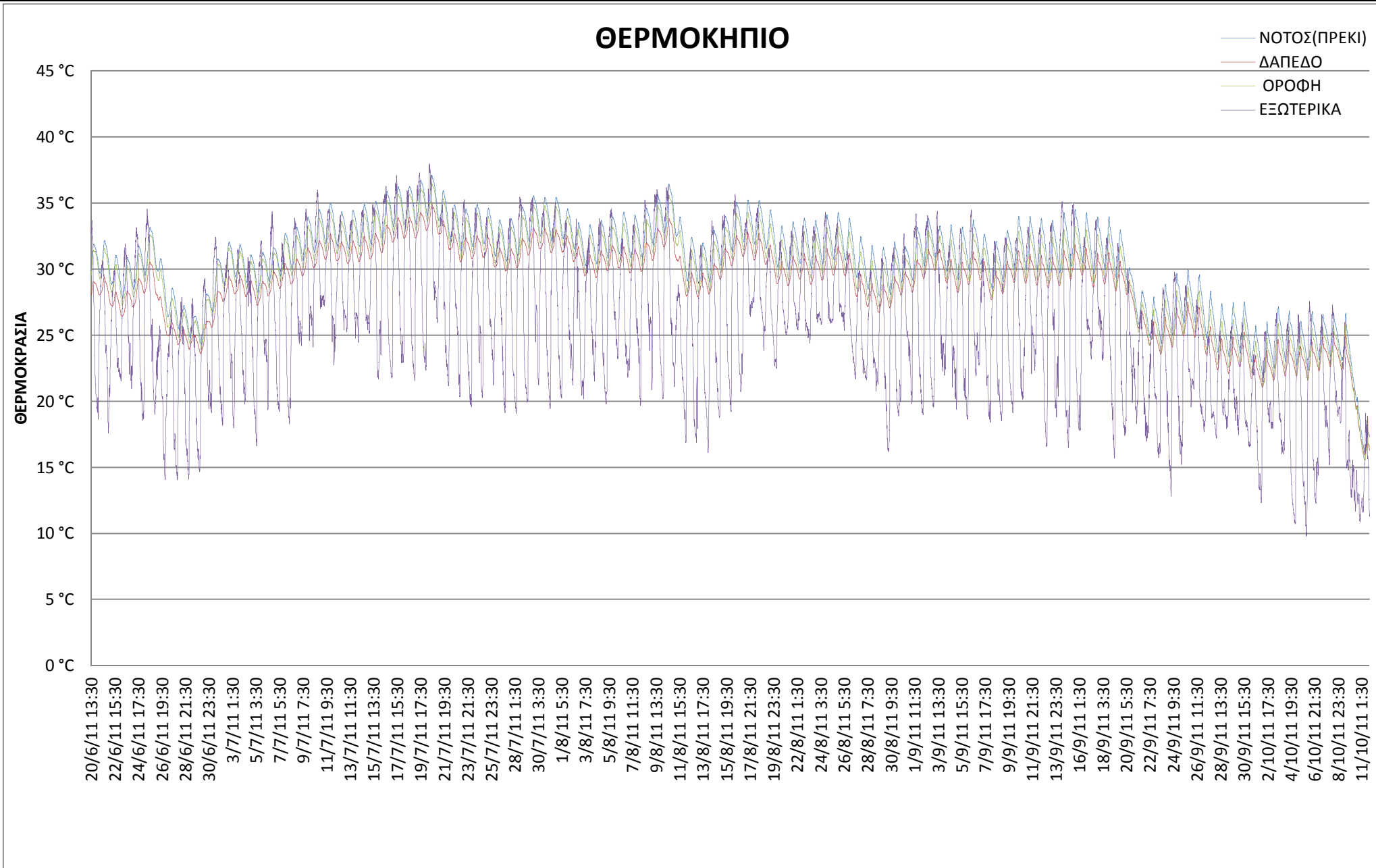


όσο το θερμοκήπιο και ο τοίχος Trombe, γεγονός που το καθιστά ευνοϊκότερο από άποψη υπερθέρμανσης του χώρου.

Εν τέλει, δεδομένων των μετρήσεων κατά τη διάρκεια της περιόδου από τις 6/12/2010 μέχρι τις 11/10/2011 καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως ευνοϊκότερο και αποδοτικότερο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης Trombe, αφού δημιουργεί θερμότερες συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, δεν έχει σημαντικές διαφυγές θερμότητας γεγονός που ενισχύει τη διατήρηση αυτής στη διάρκεια του 24ώρου και διατηρεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από αυτές του θερμοκηπίου, την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου τους καλοκαιρινούς μήνες. Η ύπαρξη προβόλου ως σύστημα σκιασμού του τοίχου, συμβάλει ως εμπόδιο στην πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας, κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών που η ηλιοφάνεια έχει μεγάλη διάρκεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

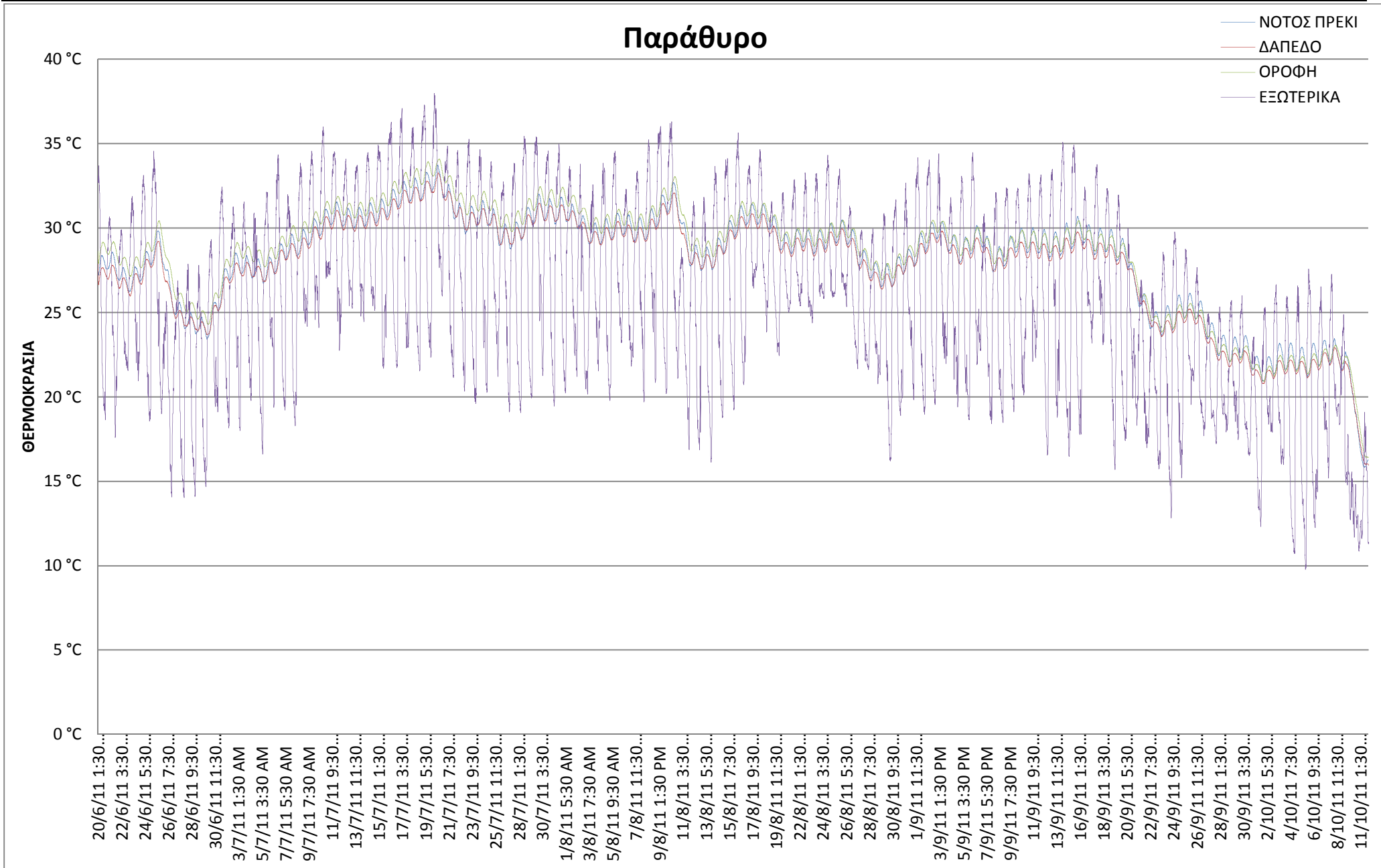


Διάγραμμα 10.1 :Μετρήσεις Trombe

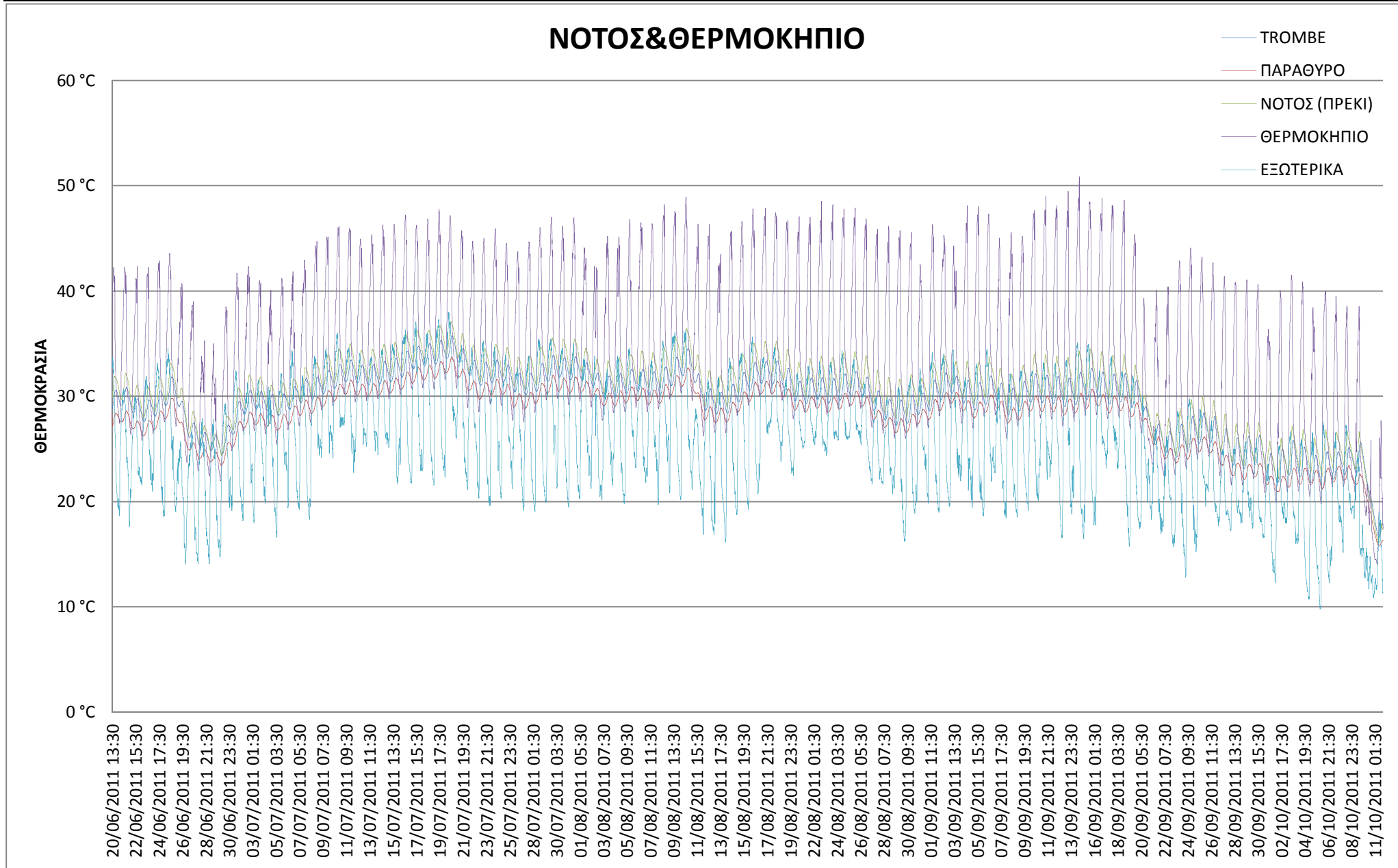


Διάγραμμα 10.2:Μετρήσεις Θερμοκήπιο

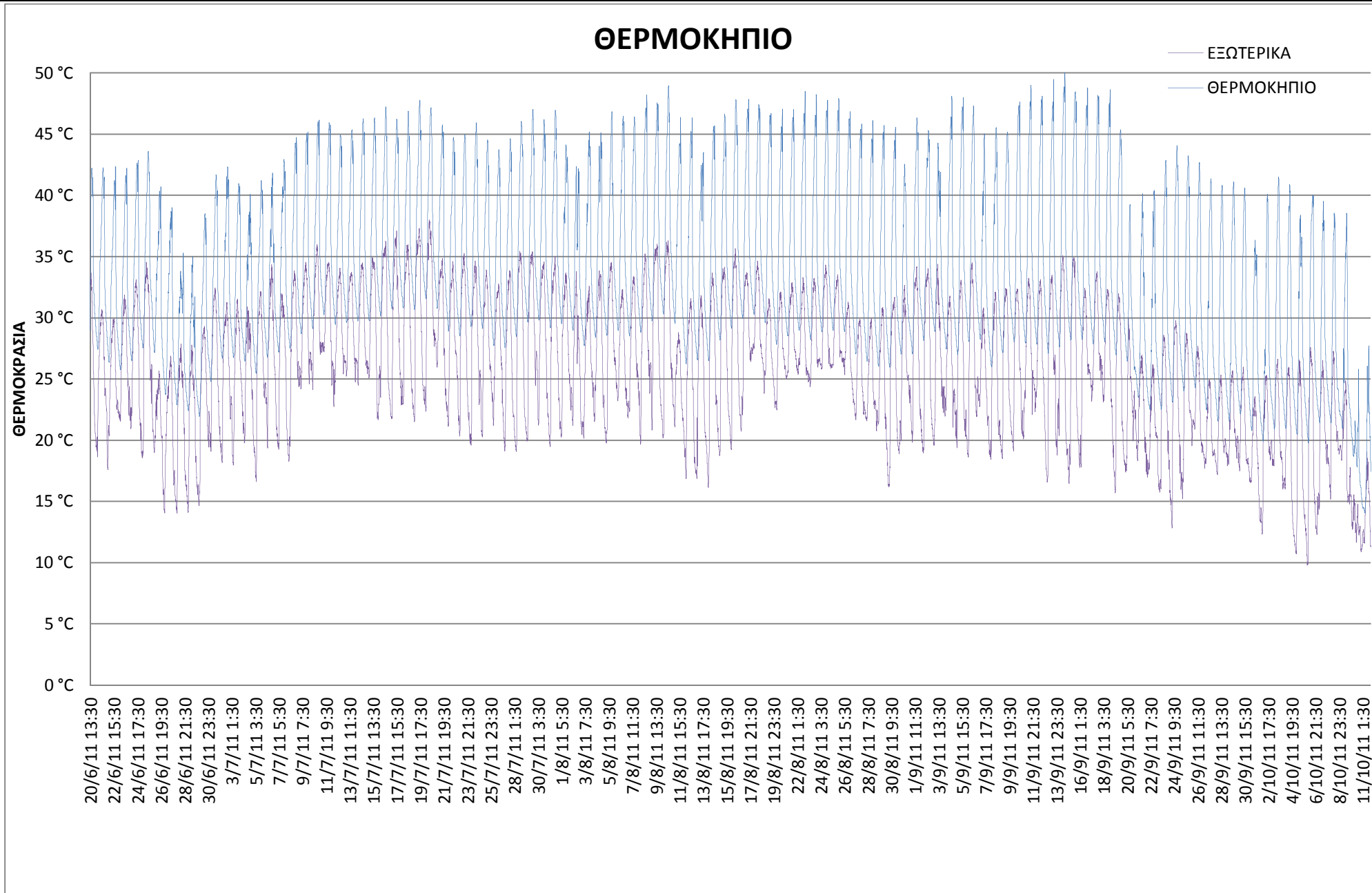
### Παράθυρο



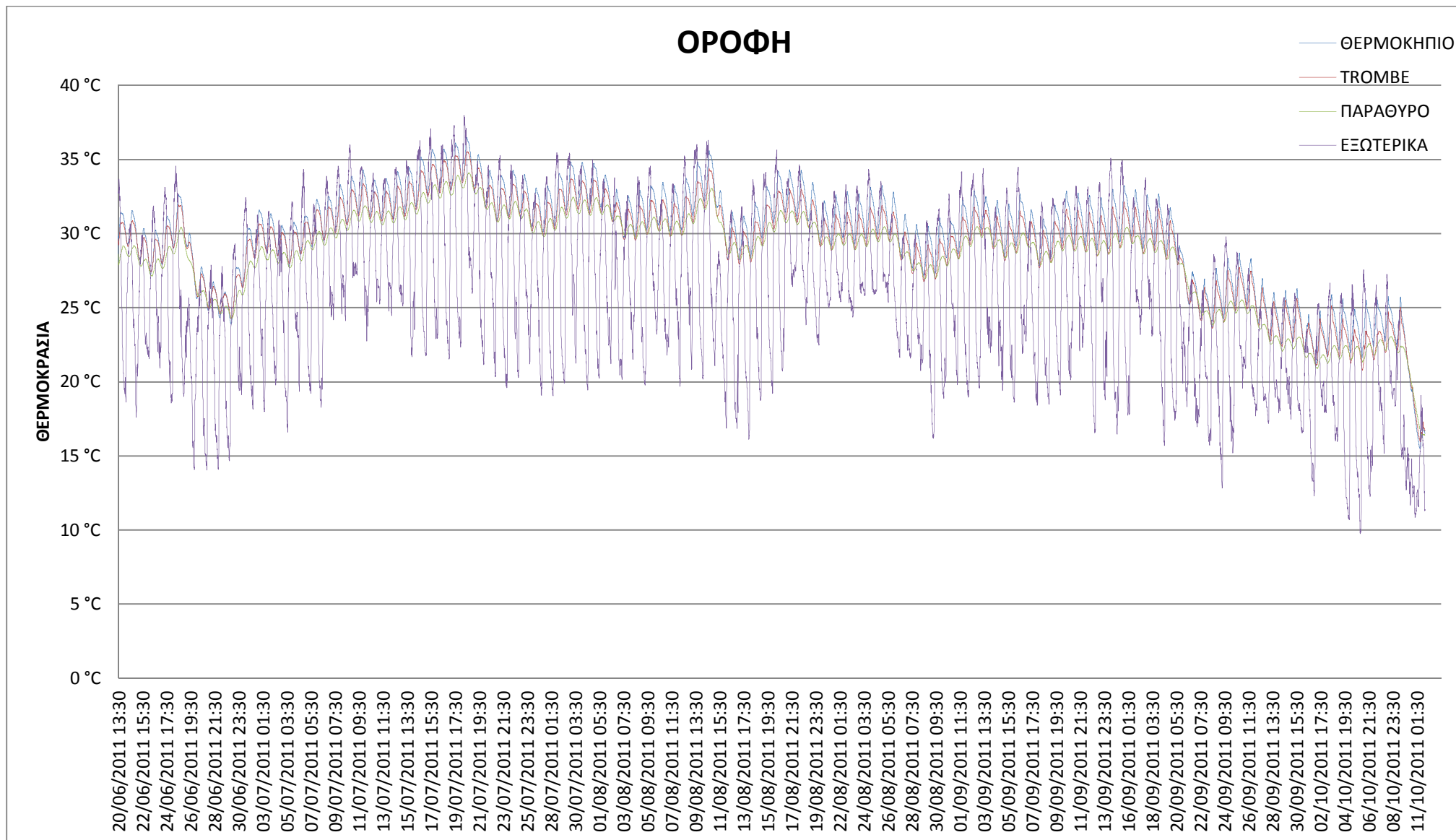
Διάγραμμα 10.3 :Μετρήσεις Παράθυρο



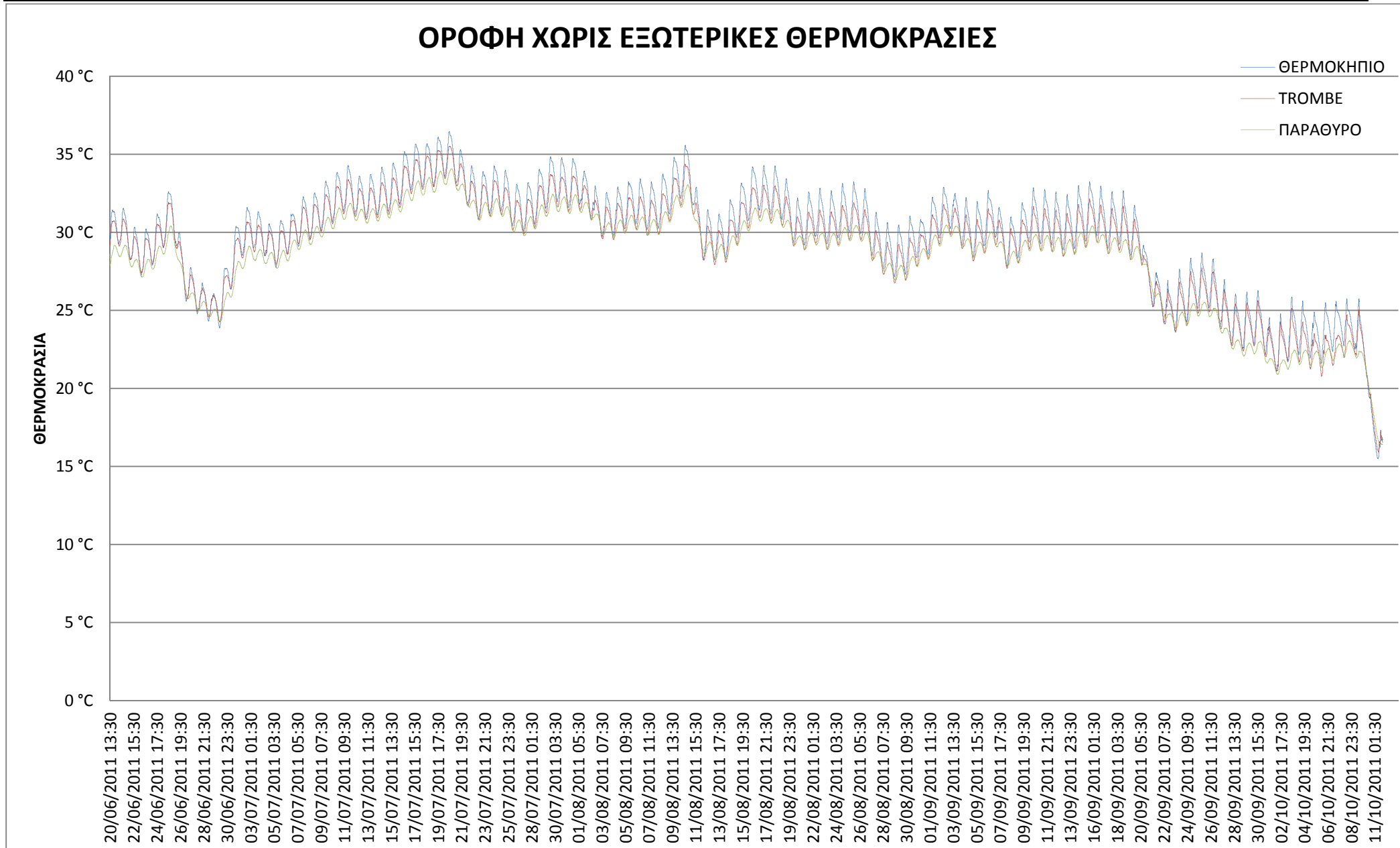
Διάγραμμα 10.4.1 :Μετρήσεις Νότος & Θερμοκήπιο



Διάγραμμα 10.4.2 :Μετρήσεις Θερμοκήπιο

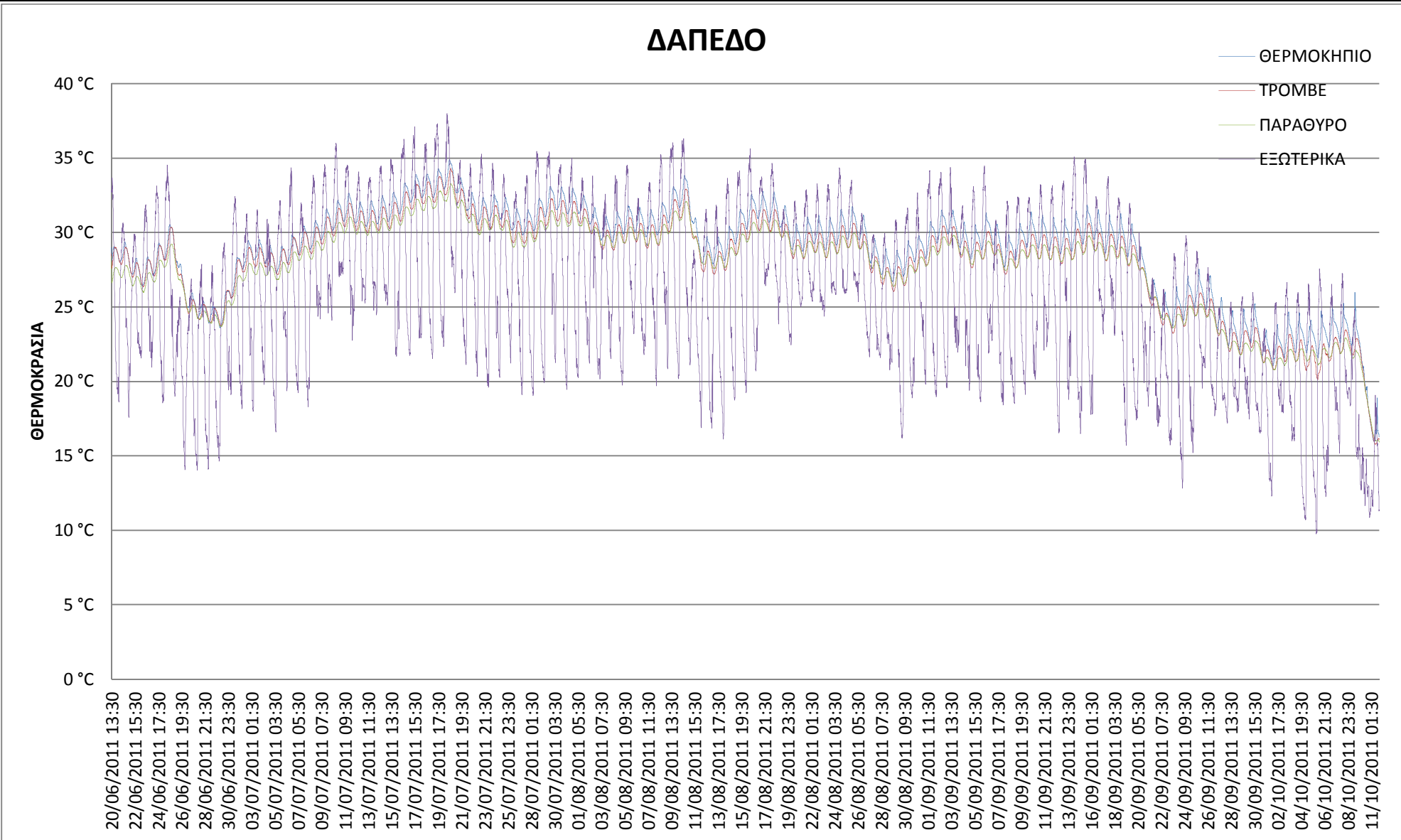


Διάγραμμα 10.5.1 :Μετρήσεις Οροφής

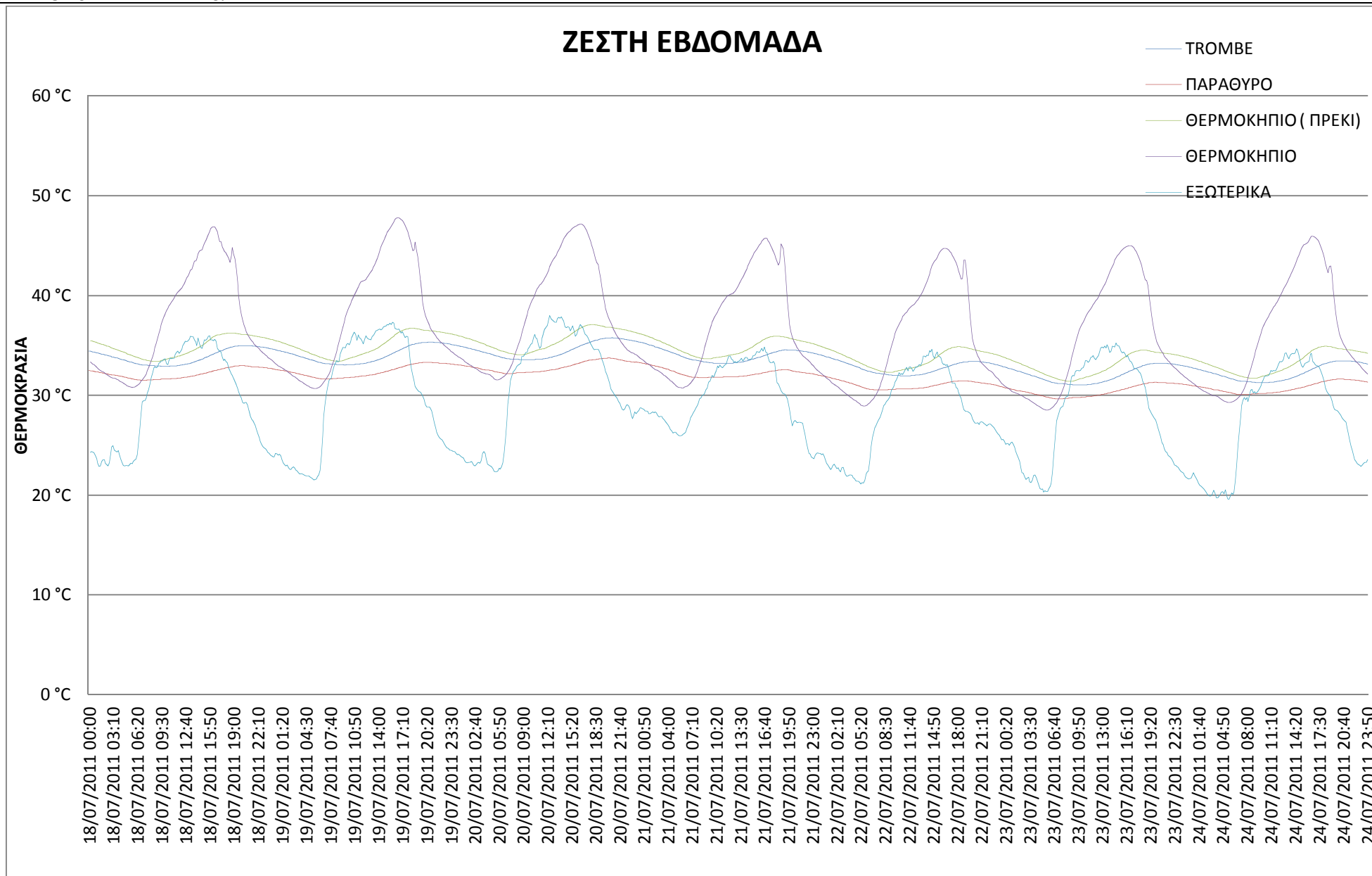


Διάγραμμα 10.5.2 :Μετρήσεις Οροφής χωρίς εξωτερικές θερμοκρασίες

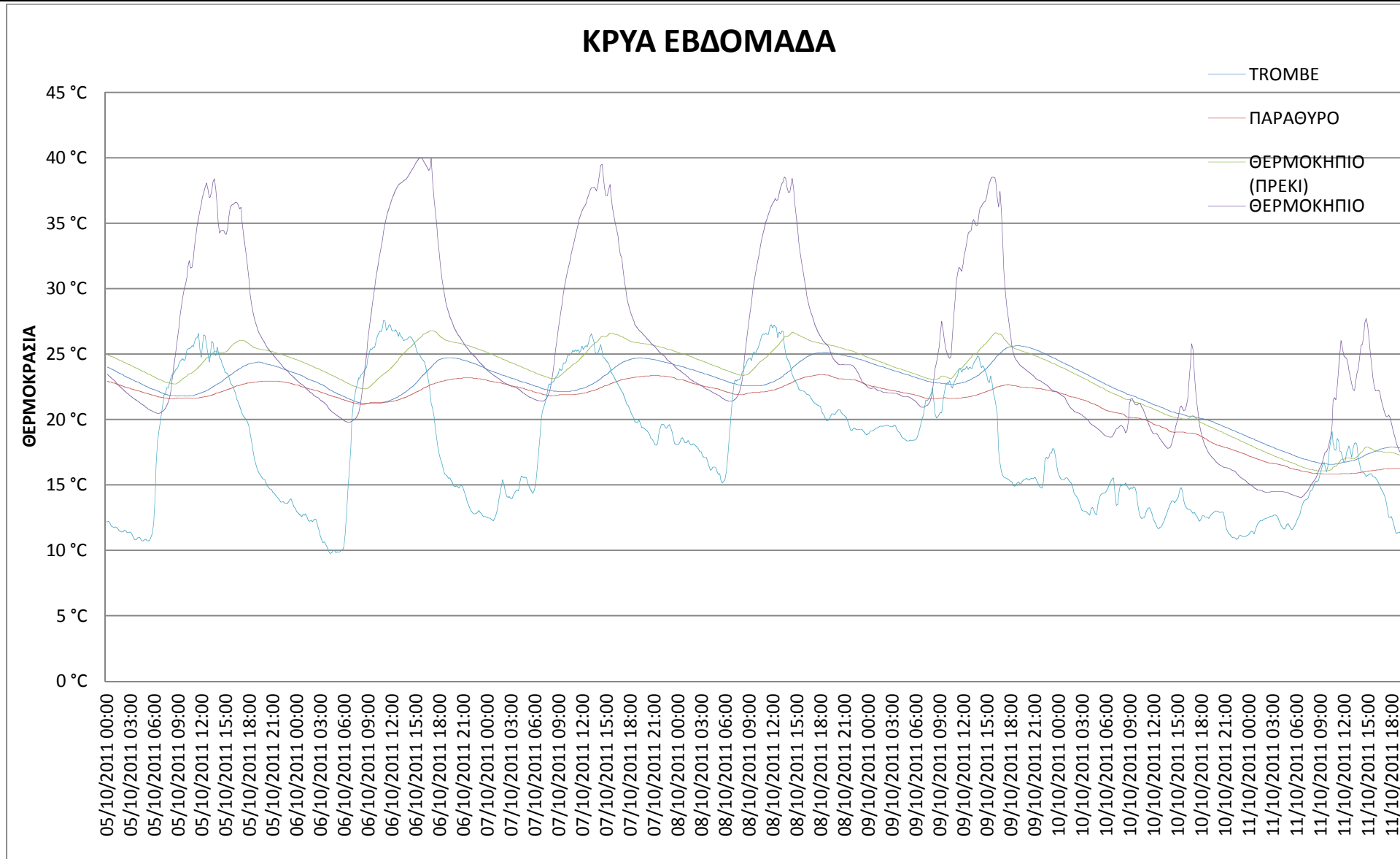




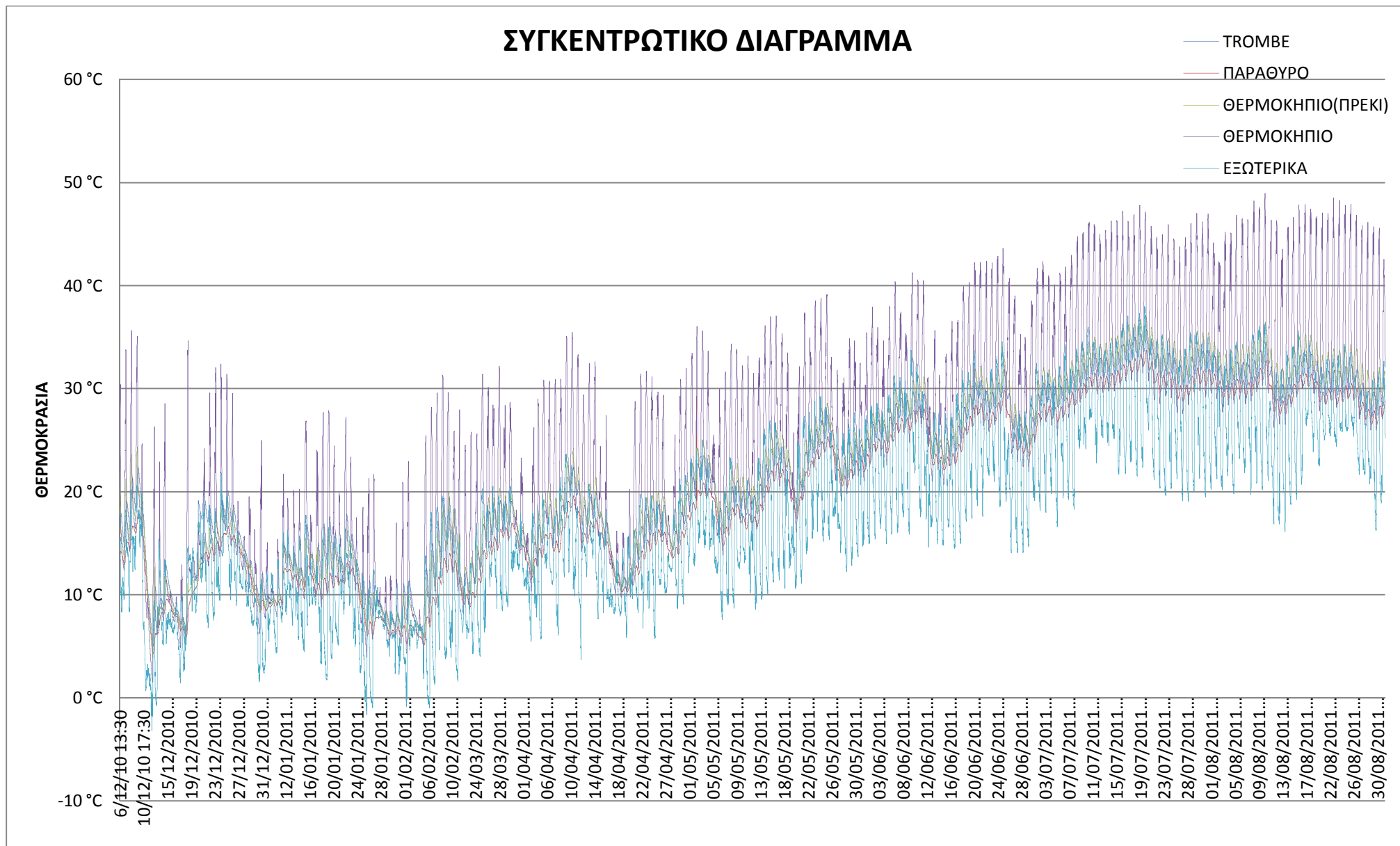
Διάγραμμα 10.6:Μετρήσεις Δαπέδου



Διάγραμμα 10.7:Μετρήσεις Ζεστής Βδομάδας



Διάγραμμα 10.8:Μετρήσεις Κρύας Βδομάδας



Διάγραμμα 10.9:Μετρήσεις Ολόκληρου Χρόνου

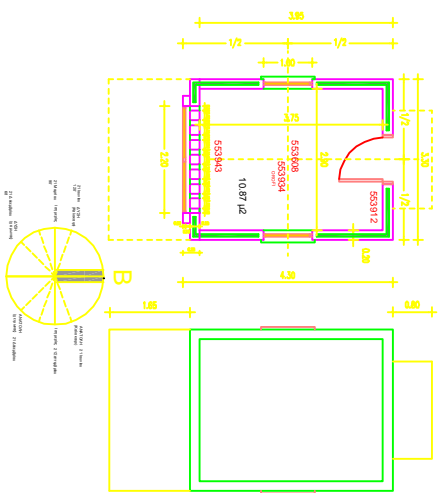
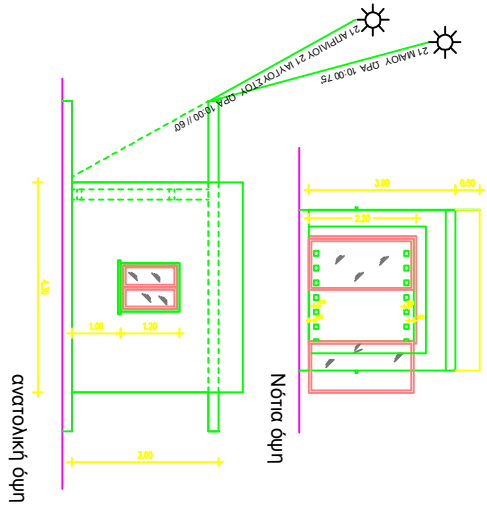
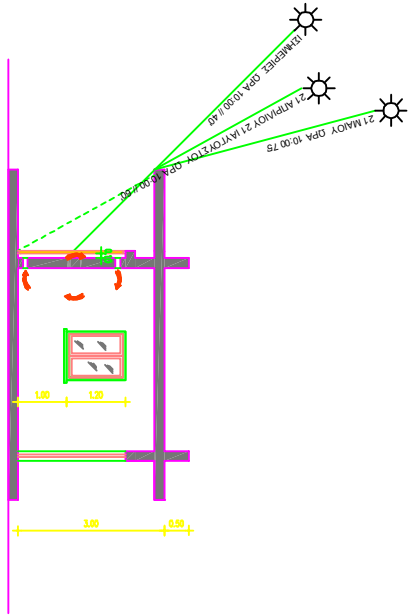




ΤΟΙΧΟΣ ΤROMBE  
Περιοχή κεντρική ΕΛΛΑΔΟΣ (38° Γ.Π.)

Επίπεδο Όψου	Εμβαδόν Όψου Trombe για επιφάνεια 100 μ²
1.5	0.45 m²
Εμβαδόν 100 μ² Όψου	Εμβαδόν Όψου Trombe
10.87	4.89

2.2x2.2=4.84m²



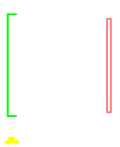
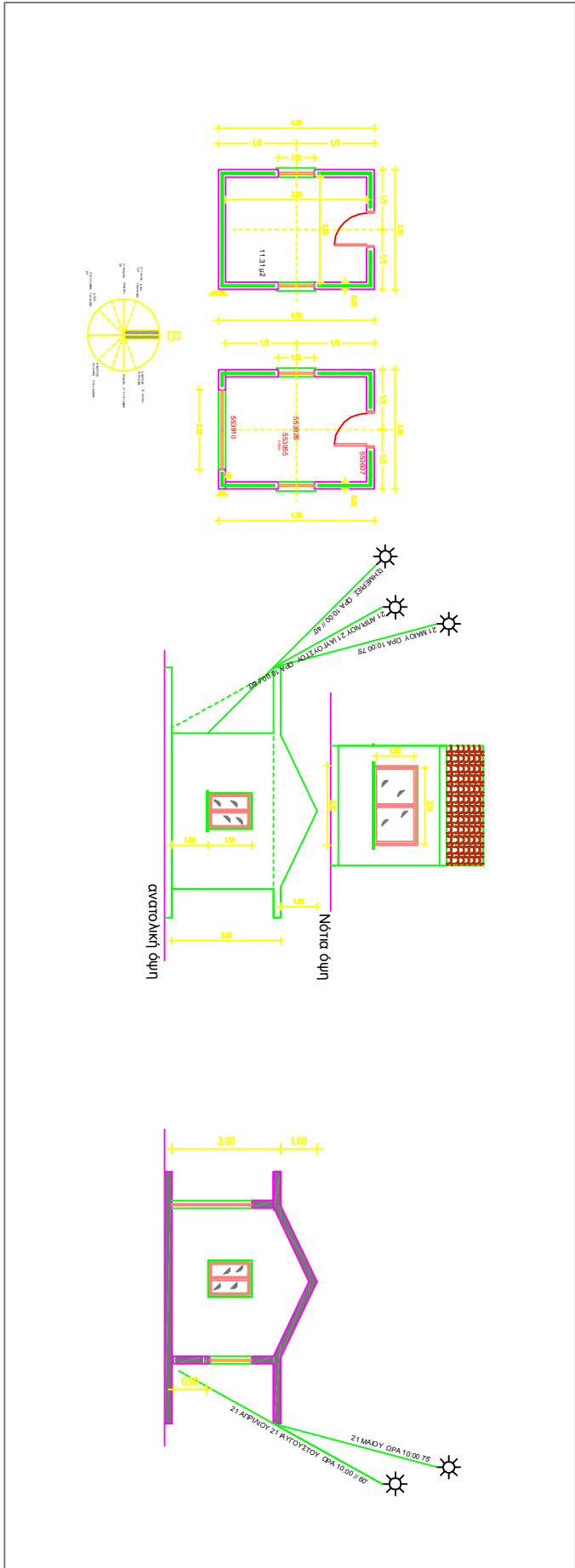
# 2

**ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΑΟΣ**  
**Περιοχή κεντρική ΕΜΔα**  
**(38 Γ.Π.)**

Εμβατό Όγκο	Εμβατό ογκομετρικό, συμπεριλαμβανομένου χώρου
1,5	0,20 ΓΜ
Εμβατό σε χώρο	Εμβατό ογκομετρικό
11,31	2,28

2,1 x 1,05 = 2,21

Εμβατό σε χώρο	Εμβατό ογκομετρικό μετρώμενο
11,31	2,28 (2,1 x 1,08) = 2,28





ΘΕΡΜΟΚΗΛΙΟ  
Περιοχή κεντρική Ελλάδα  
(38° Γ. Π.)

Εξωτερικό Θόκοι	Εμβαδόν Εξωτερικού Χωρισμού (m <sup>2</sup> )
1,5	0,90 m <sup>2</sup>
Εμβαδόν / στο Χώρο	Εμβαδόν Εσωτερικού
11,31	10,17

1.4542395X2.75/41

3

