**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**
**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

Επόπτης διπλωματικής εργασίας:
**Ι. ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ Επίκουρος καθηγητής**

Θέμα διπλωματικής εργασίας :

# ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕΣΩ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΚΑΤΣΑΡΟΥ ΜΑΡΙΑ ΙΩΑΝΝΑ / ΚΕΦΑΛΑ ΜΑΡΙΑ

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2011

## *Ευχαριστίες*

Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μας εργασίας Ιωάννη Τζουβαδάκη με την καθοδήγηση του οποίου πραγματοποιήθηκε η εργασία αυτή. Επίσης, ευχαριστούμε πολυ τον κ.Μενέλαο Ξενάκη, Υποψήφιο Διδάκτορα Πολιτικων μηχανικών Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε.

## *Περίληψη*

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου αφορά στο σχεδιασμό αυτού και των χώρων του με βάση το κλίμα της περιοχής, με σκοπό την εξασφάλιση βέλτιστων εσωκλιματικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα), με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους. Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της επίδρασης του βιοκλιματικού σχεδιασμού και ειδικότερα των παθητικών ηλιακών συστημάτων στις εσωτερικές συνθήκες ενός κτισματος. Για τον σκοπό αυτό αρχικά μελετήθηκαν τρία προκατασκευασμένα κτίσματα, σχεδιασμένα σύμφωνα με τις βιοκλιματικές αρχές, εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Στα κτίσματα αυτά πραγματοποιήθηκαν επιτόπου μετρήσεις οι οποίες στη συνέχεια συγκρίθηκαν με δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό του Ε.Μ.Π. ώστε να αξιολογηθεί η απόδοση των παθητικών ηλιακών συστημάτων που ήταν κατάλληλα προσαρτημένα στα κτίσματα. Ακόμη, έγινε χρήση του λογισμικού Ecotect Analysis με θερμική ανάλυση στα προκατασκευασμένα κτίσματα ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα με τις επιτόπου μετρήσεις. Στη συνέχεια, το λογισμικό αυτό εφαρμόστηκε και σε διώροφη εξοχική κατοικία στη Σαρωνίδα Αττικής από όπου προέκυψαν οι ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου. Επίσης, μελετήθηκε η περίπτωση εφαρμογής του αποδοτικότερου παθητικού ηλιακού συστήματος (όπως προέκυψε από τη μελέτη των προκατασκευασμένων κτισμάτων στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου) στη συγκεκριμένη κατοικία ωστε να διαπιστωθούν τα ενεργειακά κέρδη από την αλλαγή αυτή. Τέλος, έγινε σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από εφαρμογή του λογισμικού Ecotect Analysis και του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ στη κατοικία αυτή, με σκοπό τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις διαφορές των δύο προγραμμάτων.

## *Summary*

The environmental design of a building is about the design of it and its spaces under the climate of the region in order to ensure optimal internal conditions (thermal and visual comfort, air quality), with minimal energy consumption, utilizing the available resources. The objective of this thesis is to analyze the influence of environmental design and especially of passive solar systems in the internal conditions of a building. For this purpose, initially three prefabricated buildings, designed according to environmental principles, were studied within the NTUA Campus of Zografou. On the spot measurements were made at the buildings which then were compared with data from the meteorological station of NTUA in order to evaluate the performance of passive solar systems which were properly attached to the buildings. Also, we used the thermal analysis of the software Ecotect Analysis in those prefabricated buildings and we compared the results with the measurements. Then, the software was implemented in two-storey country house in Saronida of Attica and the energy needs for heating and cooling of the building were found. Also we studied the case of application of the most efficient passive solar system (as revealed by the study of prefabricated buildings at the NTUA Campus of Zografou ) in this house in order to see the energy gains from this change. Finally, we compared the results obtained by applying the software Ecotect Analysis and software TEE KENAK in this house, to carry out the conclusions about the differences between the two programs.

## *Σύνοψη*

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση και αξιολόγηση διαφόρων παθητικών ηλιακών συστημάτων με σκοπό την εφαρμογή τους σε ήδη υπάρχουσες ή ανεγειρόμενες κατοικίες, έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι βέλτιστες συνθήκες στο εσωτερικό τους. Η αξιολόγηση έγινε με χρήση των λογισμικών προγραμμάτων Ecotect-Analysis και ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ αλλά και με βάση επί τόπου μετρήσεων.

Το **1ο κεφάλαιο** αφορά τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και την οικολογική αρχιτεκτονική καθώς και τις αρχές του. Γίνεται ιστορική αναδρομή όπου παρουσιάζεται η εξέλιξη της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στο χρόνο και στους διάφορους πολιτισμούς. Παρουσιάζονται τα οφέλη από την βιοκλιματική δόμηση και αναλύονται οι περιβαλλοντικές παράμετροι όπως το κλίμα της περιοχής και το φυσικό περιβάλλον. Αναλύεται η σημασία του νότιου προσανατολισμού ως βέλτιστου, της τοποθέτησης των χώρων κύριας χρήσης στο νότο και του σχήματος του κτιρίου. Κάθε κτίριο έχει την ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας στο εσωτερικό του με τη βοήθεια της θερμομόνωσης και στη μάζα του με βάση τη θερμοχωρητικότητα των υλικών. Στην απαιτούμενη φυσική ψύξη του κτιρίου συνεισφέρει η φυσική και τεχνητή ηλιοπροστασία το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών καθώς και η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.

Στο **2ο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στη θερμική άνεση στο εσωτερικό ενός κτιρίου, η οποία είναι ουσιαστικά και αυτή που έχει τη μεγαλύτερη σημασία μιας και σχετίζεται με την κατανάλωση ενέργειας. . Η άνεση αποτελεί μια υποκειμενική αίσθηση που βασίζεται σε ένα σύνολο παραγόντων μεταξύ των οποίων είναι η θερμοκρασία, τα ρεύματα αέρα, η υγρασία και η ποιότητα του αέρα, ο φωτισμός, ο θόρυβος, καθώς και τα στοιχεία που αφορούν κυρίως στο άτομο, όπως είναι το ντύσιμο σε συνδυασμό με τις δραστηριότητές του, η κατάσταση της υγείας του ή η ιδιοσυγκρασία του. Λόγω της υποκειμενικότητας ένα αντιπροσωπευτικό εύρος της είναι θερμοκρασίες 18-26ºC.

Στο **3° κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στα παθητικά ηλιακά συστήματα και αναλύονται τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Τα τελευταία χωρίζονται σε τρείς κατηγορίες, τα παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου, έμμεσου και απομονωμένου κέρδους. Συστήματα άμεσου κέρδους θεωρούνται τα ανοίγματα κατάλληλου προσανατολισμού και διαστάσεων. Προέκυψε οτι ο ενδεδειγμένος προσανατολισμός των ανοιγμάτων μεγάλων διαστάσεων είναι ο νότιος (μεσημβρινός) με κάποια απόκλιση (έως 30°) προς την ανατολή ή τη δύση και των μικρότερων ανοιγμάτων ο βορινός, προκειμένου να αποφεύγεται η απώλεια ενέργειας. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα συστήματα έμμεσου κέρδους στα οποία ανήκουν οι ηλιακοί τοίχοι (Trombe- Michel) και τα θερμοκήπια, αναλύονται οι αρχές λειτουργίας του καθενός καθώς και οι προυποθέσεις κάτω απο τις οποίες αποδίδουν βέλτιστα. Στην τελευταία κατηγορία, τα συστήματα απομονωμένου κέρδους, παρουσιάζονται τα θερμοσιφωνικά πανέλα. Το θερμοσιφωνικό πανέλο ενδείκνυται για χώρους που χρειάζονται άμεση απόδοση θερμότητας από τα ηλιακά κέρδη. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται σαφές 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.

Το **4° κεφάλαιο** αναφέρεται στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δύο τύπους: στα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας και στα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμού νερού για

οικιακή χρήση, για τη θέρμανση και την ψύξη των χώρων αλλά και για άλλες δραστηριότητες όπως η θέρμανση της πισίνας. Τέλος, παρουσιάζονται τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων.

Το **5° κεφάλαιο** αναφέρεται στο φυσικό δροσισμό, ο οποίος αποτελεί την εναλλακτική πρακτική για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίρια το καλοκαίρι. Πρώτο βήμα για την επίτευξή της 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. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι τεχνικές φυσικού δροσισμού που είναι η ηλιοπροστασία, το χρώμα και η υφή των επιφανειων, ο φυσικός αερισμός, η επάρκεια θερμικής μάζας, η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου, η νυχτερινή ακτινοβολία θερμότητας προς τον ουρανό και η διαμόρφωση μικροκλίματος.

Το **6° κεφάλαιο** αναφορά στον φυσικό φωτισμό και στις τεχνικές που εφαρμόζονται για την επίτευξη του. Ο φυσικός φωτισμός στα κτίρια είναι ιδιαίτερα σημαντικός, αφού εκτός από τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν απο την εκμετάλευση του, δημιουργεί περιβάλλον πιο ευχάριστο από το αντίστοιχο μονότονο που δημιουργεί ο τεχνητός φωτισμός. Αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν ένα σύστημα φυσικού φωτισμού οι οποίοι είναι ο προσανατολισμός, η οργάνωση και η γεωμετρία των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν, η εγκατάσταση, το σχήμα και οι διαστάσεις των ανοιγμάτων, η θέση και οι ιδιότητες των επιφανειών των εσωτερικών χωρισμάτων. Στη συνέχεια περιγράφεται η οπτική άνεση καθώς και οι παράγοντες απο τους οποίους αυτή εξαρτάται. Για την εξασφάλιση καλής οπτικής άνεσης απαιτείται στους εσωτερικούς χώρους να υπάρχει επαρκής ποσότητα φωτισμού αφενός και αφετέρου ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της θάμβωσης.

Το **7° κεφάλαιο** αναφέρεται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αρχικά εξετάζονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία η χρήση των οποίων είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο διότι εξοικονομεί μεγάλα ποσά ενέργειας με μηδενική ρύπανση. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δίνουν την δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης, μετατρέποντας ένα 5%-15% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική . Στη συνέχεια περιγράφεται η χρήση της γεωθερμίας στις κατοικίες κυρίως για θέρμανση και ψύξη των χώρων. Τα συστήματα που βασίζονται στη γεωθερμία λειτουργούν εκμεταλλευόμενα τη σταθερή θερμοκρασία της γης με σκοπό να αντλούν ενέργεια και είτε να θερμαίνουν τους χώρους είτε αποβάλλοντας τη θερμότητα να ψύχουν το κτίριο.

Στο **8° κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα δύο λογισμικά προγράμμα ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ και Ecotect και περιγράφενται συνοπτικά η λειτουργία τους. Το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ χρησιμοποιείται για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης, προκειμένου για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων. Παρουσίαζονται οι απιατήσεις του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ για τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Τέλος το ecotect είναι ένα λογισμικό που συνδυάζει τον τρισδιάστατο σχεδιασμό κτιρίων με λειτουργίες προσομοίωσης και την ανάλυση απόδοσης αλλά και εκπομπών ρύπων του κτιρίου. Και στα δύο προγράμματα εισάγονται ως μεταβλητές γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκιάσεις κ.α.) αλλά και κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής μελέτης και προσανατολισμός.

Στο **9ο κεφάλαιο** παρουσιάζονται μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό προκατασκευασμένων κτισμάτων και γίνεται ανάλυση αποτελεσμάτων και σύγκριση με κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την έρευνα εγκαταστάθηκαν θερμουγρόμετρα σε τρία προκατασκευασμένα κτίσμτα στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Τα κλιματολογικά δεδομένα προήλθαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Υδρολογίας & Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων που βρίσκεται εγκατεστημένος στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Στη νότια όψη τους υπάρχει διαφοροποίηση σε κάθε ένα κτίσμα, με το πρώτο να διαθέτει απλό παράθυρο, και τα άλλα δύο να διαθέτουν από ένα παθητικό ηλιακό σύστημα Δηλαδή το ένα έχει προσαρτημένο ένα θερμοκήπιο και το άλλο διαθέτει τοίχο Trombe. Οι μετρήσεις που προέκυψαν από τους αισθητήρες που τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό των κτιρίων στα σημεία των νότιων τοίχων, των βόρειων τοίχων, των δαπέδων αλλά και των οροφών συγκρίνονται ανά θέση και ανά κτίσμα και τα αποτελέσματα διαγραμματοποιούνται.Στη συνέχεια χρησιμοποιείται το λογισμικό πρόγραμμα Ecotect Analysis όπου προκύπτει η ενεργειακή απόδοση των κτισμάτων και επιλέγεται το ηλιακό παθητικό σύστημα που είναι πιο αποδοτικό, σε συνδυασμό και με τα πειραματικά αποτελέσματα.

Στο **10ο κεφάλαιο** πραγματοποιείται ενεργειακή μελέτη διώροφης εξοχικής κατοικίας στην περιοχή της Σαρωνίδας με χρήση του λογισμικού προγράμματος Ecotect-Analysis. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν τα αρχιτεκτονικά δεδομένα της κατοικίας, ο προσανατολισμός της αλλά και οι ιδιότητες των δομικών της στοιχείων και τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής, και έγινε η θερμική της ανάλυση για δύο περιπτώσεις: α) με κανένα σύστημα και β) με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού αφού πρώτα η κατοικία χωρίστηκε σε θερμικές ζώνες.

Στο **11ο κεφάλαιο** εφαρμόζεται στην εξοχική κατοικία της Σαρωνίδας το παθητικό ηλιακό σύστημα που προέκυψε ως αποδοτικότερο από τις προηγούμενες αναλύσεις στα τρία προκατασκευασμένα κτίσματα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, το οποίο είναι ο τοίχος Trombe-Michel. Γίνεται και πάλι θερμική ανάλυση της κατοικίας για τις δύο ανωτέρω περιπτώσεις (α) και β) ) με προσαρτημένο τον τοίχο Trombe στη νότια όψη της. Στόχος είναι η σύγκριση των εσωτερικών θερμοκρασιών στις διάφορες ζώνες της κατοικίας και των ενεργειακών καταναλώσεών της πριν και μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe. Αποδεικνύεται πως η εφαρμογή του τοίχου Trombe μειώνει τις ετήσιες απαιτήσεις της κατοικίας για θέρμανση κατά 8%.

Τέλος στο **12ο κεφάλαιο** συγκρίνονται οι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα δύο διαφορετικών λογισμικών προγραμμάτων στην διώροφη εξοχική κατοικία της Σαρωνίδας. Γίνεται δηλαδή η ενεργειακή της ανάλυση με το Ecotect-Analysis χρησιμοποιώντας τους συντελεστές απωλειών θερμότητας που χρησιμοποιήθηκαν στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου από το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Τέλος συγκρίνονται οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας για θέρμανση και ψύξη που προέκυψαν από τα δύο αυτά προγράμματα, με αυτές του Ecotect να είναι συνολικά κατά 31,5% μικρότερες.

## Περιεχόμενα


1.Βιοκλιματικός Σχεδιασμός....4
1.1. Εισαγωγή....4
1.2. Ιστορική Αναδρομή....5
1.3. Οφέλη βιοκλιματικού σχεδιασμού....7
1.4. Περιβαλλοντικές παράμετροι....7
1.4.1. Το κλίμα του τόπου....8
1.4.2. Το φυσικό περιβάλλον....8
1.5. Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού....8
1.5.1. Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης....10
1.5.1.1. Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο - Προσανατολισμός....10
1.5.1.2. Σχήμα κτιρίου....10
1.5.1.3. Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων....11
1.5.2. Αποθήκευση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου....11
1.5.2.1. Προστασία από ψυχρούς ανέμους....12
1.5.2.2. Θερμική προστασία – Θερμομόνωση....12
1.5.3. Αποθήκευση θερμότητας στη μάζα του κτιρίου....12
1.5.3.1. Θερμική μάζα - θερμοχωρητικότητα....13
1.5.4. Το κτήριο ως αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης....13
1.5.4.1. Ηλιοπροστασία κτιρίου και ανοιγμάτων....13
1.5.4.2. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών....14
1.5.4.3. Επάρκεια θερμικής μάζας....14
1.5.4.4. Θερμομόνωση....14
1.5.4.5. Φυσικός αερισμός....14
1.5.4.6. Νυχτερινή ακτινοβολία....14
1.5.4.7. Μικροκλίμα....14
Βιβλιογραφία....15
2. Θερμική άνεση....16
Βιβλιογραγραφία....20
3. Παθητικά ηλιακά συστήματα....20
3.1. Εισαγωγή....20
3.2. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης....22
3.2.1. Συστήματα Άμεσου κέρδους....22
3.2.1.1.Κριτήρια σχεδιασμού για το άνοιγμα....23
3.2.1.2.Κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη....26
3.2.2. Συστήματα Έμμεσου κέρδους....26
3.2.2.1.Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης....26
3.2.2.2.Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος....34
3.2.2.3.Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση....38
3.2.3. Συστήματα απομονωμένου κέρδους....40
3.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων....41
3.4. Επιλογή παθητικού συστήματος θέρμανσης....43
3.5. Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων....45
3.6. Συμπεράσματα....47
Βιβλιογραφία....48
4. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα....50
Βιβλιογραφία....54

5. Φυσικός δροσισμός ..... 55
5.1. Τεχνικές φυσικού δροσισμού ..... 55
5.1.1. Ηλιοπροστασία ..... 55
5.1.1.1. Ο σκιασμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων ..... 56
5.1.2. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών ..... 59
5.1.3. Επάρκεια θερμικής μάζας ..... 59
5.1.3.1. Ημιυπόσκαφες κατασκευές ..... 59
5.1.3.2. Υπεδάφιοι Αγωγοί ..... 60
5.1.4. Θερμομόνωση ..... 60
5.1.4.1. Θερμική μάζα και θερμομόνωση ..... 61
5.1.5. Φυσικός Αερισμός ..... 61
5.1.5.1. Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο ..... 61
5.1.5.2. Κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου ..... 62
5.1.5.3. Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων ..... 66
5.1.5.4. Η χρήση του κτιρίου ..... 68
5.1.6. Νυχτερινή ακτινοβολία ..... 68
5.1.6.1. Μεταλλικός ακτινοβολητής ..... 69
5.1.7. Μικροκλίμα-Φύτευση Δωμάτων ..... 70
5.1.7.1. Φύτευση Δωμάτων ..... 70
5.1.7.2. Εξάτμιση άμεση ή έμμεση ..... 71
Βιβλιογραφία ..... 73
6. Φωτισμός ..... 75
6.1. Φυσικός φωτισμός και ευεξία ενοίκων ..... 75
6.2. Οπτική άνεση ..... 75
6.3. Φυσικός φωτισμός και εξοικονόμηση ενέργειας ..... 76
6.4. Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού ..... 76
6.4.1. Ανοίγματα Οροφής ..... 77
6.4.2 Αίθρια ..... 77
6.4.3. Φωτοσωλήνες ..... 78
6.4.4. Φωταγωγοί ..... 78
6.4.5. Ηλιοστάσια ..... 79
6.4.6. Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά ..... 80
6.4.7. Ράφια φωτισμού ..... 81
6.4.8. Ανακλαστικές περσίδες ..... 81
6.4.9. Διαφανή μονωτικά υλικά ..... 82
Βιβλιογραφία ..... 83
7. Βιοκλιματικός σχεδιασμός με ενσωμάτωση ΑΠΕ ..... 84
7.1. Φωτοβολταικά στοιχεία ..... 84
7.2. Γεωθερμία ..... 88
Βιβλιογραφία ..... 89
8. Λογισμικά ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ και ECOTECT ..... 90
8.1. ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ ..... 90
8.2. ECOTECT ..... 93
8.2.1. Γενικα ..... 93
8.2.2. Περιγραφή ..... 93
8.2.3. Ενεργειακή Ανάλυση ..... 93
9. Πειραματικά αποτελέσματα και εφαρμογή λογισμικού ecotect analysis σε προκατασκευασμένα κτίσματα-σύγκριση αποτελεσμάτων. ..... 97
9.1. Στόχος ανάλυσης ..... 97
9.2. Περιγραφή κτισμάτων ..... 97

9.3. Περιγραφή μετρήσεων ..... 97
9.4. Αποτελέσματα μετρήσεων-ανάλυση ..... 97
9.4.1. Ολόκληρη περίοδος των μετρήσεων ..... 98
9.4.2. Χαρακτηριστική εβδομάδα (17/05/2011 – 23/05/2011) ..... 107
9.5. Εφαρμογή στο Ecotect Analysis ..... 116
9.5.1. Δομικά υλικά ..... 117
9.5.2. Παραδοχές σχεδιασμού ..... 118
9.5.3. Ανάλυση καιρικών συνθηκών περιοχής μελέτης-weather analysis ..... 118
9.5.4. Θερμική ανάλυση-thermal analysis ..... 118
9.6. Συμπεράσματα και επιλογή παθητικού ηλιακού συστήματος ..... 125
10. Ενεργειακή μελέτη εξοχικής κατοικίας με εφαρμογή λογισμικού Ecotect-Analysis ..... 125
10.1. Περιοχή μελέτης-οικόπεδο ..... 125
10.2. Κτίριο μελέτης ..... 125
10.3. Σχεδιασμός κατοικίας στο ecotect analysis ..... 125
10.3.1 Δομικά υλικά ..... 127
10.3.2. Παραδοχές σχεδιασμού ..... 128
10.3.3. Ανάλυση καιρικών συνθηκών περιοχής μελέτης-weather analysis ..... 128
10.3.4. Θερμική ανάλυση-thermal analysis ..... 143
10.3.4.1. Κανένα σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού- none system ..... 143
10.3.4.2. Μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού- mixed mode system ..... 148
11. Εφαρμογή τοίχου Trombe-Michel στην εξοχική κατοικία με χρήση Ecotect ..... 150
11.1. Θερμική ανάλυση ..... 151
11.1.1. Κανένα σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού (none system) ..... 151
11.1.2. Μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού (mixed system) ..... 155
12. Σύγκριση αποτελεσμάτων λογισμικών προγραμμάτων ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ και ECOTECT για ετήσια κατανάλωση ενέργειας ..... 157
12.1. Αποτελέσματα Ecotect ..... 157
12.2. Αποτελέσματα ΚΕΝΑΚ ..... 158
12.3. Σύγκριση προγραμμάτων ..... 159
Συμπεράσματα Διπλωματικής Εργασίας ..... 160
Παράρτημα ..... 161

# 1.Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

## 1.1. Εισαγωγή

Βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου είναι ο σχεδιασμός ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα κάθε περιοχής, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιο, αέρα - άνεμο, νερό, έδαφος).

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, την ψύξη και το φωτισμό των κτιρίων. Τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού και ορισμένες τεχνικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας (θερμικές ζώνες, αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου).

Βασίζεται στις αρχές της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής που είναι γνωστές εδώ και αιώνες, προσαρμοσμένες στις σύγχρονες απαιτήσεις. Εκμεταλλευόμενος τις σύγχρονες τεχνολογίες τα νέα υλικά και τα μηχανικά συστήματα δημιουργεί το σύγχρονο βιοκλιματικό κτίριο.

Η **βιοκλιματική** είναι κλάδος της αρχιτεκτονικής που λαμβάνει υπ' όψη τις επιταγές της οικολογίας και της βιωσιμότητας. Με τον όρο «βιοκλιματικός σχεδιασμός» εννοείται ο σχεδιασμός ο οποίος αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Το ζητούμενο είναι η ανέγερση κτιρίων, π.χ. βιομηχανικών μονάδων, κτιρίων γραφείων, κτιρίων κατοικίας, σχεδιασμένων έτσι ώστε αφενός να καλύπτονται πλήρως οι ενεργειακές τους ανάγκες και αφετέρου στο ετήσιο ισοζύγιο να είναι μηδενική η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπές βλαβερών για το περιβάλλον αερίων.

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 (4) βασικούς στόχους:

α. **Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα,** μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.
β. **Την εξοικονόμηση χρήματος.** Η χρησιμοποίηση της αδάπανης ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτιρίων ή/και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους αποτελούν πρόκληση οικονομική, μια και η προκύπτουσα εξοικονόμηση χρημάτων είναι της τάξης του 50%, ενδεχομένως και μεγαλύτερη.
γ. **Την προστασία του περιβάλλοντος,** λόγω του περιορισμού στη χρήση συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, συνεπώς τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.
δ. **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 τον 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.
Συνεπώς, η στόχευση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), όντας μακροπρόθεσμη, επιδιώκει την ενεργειακή βιωσιμότητα των κτιρίων και των πόλεων, με την εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των οδηγιών που παρατίθενται στην παρούσα Τεχνική Οδηγία.

## 1.2. Ιστορική Αναδρομή

Οι ενεργειακές θεωρήσεις κατείχαν σημαντική θέση στο σχεδιασμό κατοικιών, καθ' όλη τη διάρκεια της πορείας της αρχιτεκτονικής για τους ανθρώπους. Ήταν πολύ χρήσιμη και σπουδαία η κατανόηση του ενεργειακού παράγοντα όσον αφορά στην πρώτη κατοικία, η οποία είχε ιδιαίτερες ανάγκες λόγω κλίματος, πολιτισμού, τοποθεσίας, ώστε να είναι μεν λειτουργική, αλλά και αισθητική.

Όλες οι παρεμβάσεις και σκέψεις με σκοπό τη δημιουργία κατάλληλων σπιτιών, ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής, έδιναν μοναδικότητα στην περιοχή, αλλά και εξαιρετικές κατασκευές. Από την αρχαιότητα παρατηρούμε μέσα από τα συγγράμματα των αρχαίων φιλοσόφων και όχι μόνο, τη σημασία και τη χρήση των ιδιοτήτων της γης, του αέρα, του ήλιου και του νερού στην κατασκευή της κατοικίας, όπου κατά το Σωκράτη (στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα 430-435 π.Χ.) ιδεώδης κατοικία είναι αυτή που προσφέρει ζέστη τους χειμερινούς μήνες και δροσιά κατά τους καλοκαιρινούς. Τέτοιες κατοικίες στην Ελλάδα ανακαλύπτονται στην Πριήνη της Ιωνίας, στη Δήλο, στην Όλυνθο της Χαλκιδικής. Συγκεκριμένα στην Πριήνη της Ιωνίας, τα οικοδομικά συμπλέγματα ήταν το καλοκαίρι σκιερά και το χειμώνα ευήλια. Στη Δήλο παρατηρούνται ευθύγραμμα και καμπυλόγραμμα κτίσματα. Τέλος η Όλυνθος της Χαλκιδικής, χαρακτηρίζεται ως το τελειότερο ηλιακό άστυ, καθώς ανακαλύφθηκαν ηλιακοί κλίβανοι στους οποίους έψηναν τους πλίνθους .

Βλέπουμε πως σε μια τέτοια εποχή που δεν υπήρχαν τα μέσα και η τεχνολογία που υπάρχει στις μέρες μας, οι άνθρωποι ήξεραν τον τρόπο να κατασκευάσουν ένα λεγόμενο οικολογικό-ηλιακό σπίτι, αφού σε διάφορα συγγράμματα γίνονται αναφορές σε τοίχους που απορροφούν τη μέρα θερμότητα την οποία διαχέουν τη νύχτα. Γενικά και ο πολεοδομικός σχεδιασμός ήταν τέτοιος που διευκόλυνε τη διαδικασία. Παρατηρώντας την ιστορική εξέλιξη κατά την αρχαιότητα, η κατασκευή «ηλιακών κατοικιών» ήταν ευρέως διαδεδομένη. Μερικοί από τους κύριους εκπροσώπους της ήταν ο Βιτρούβιος, ο Πλίνιος, αλλά και ο Ορειβάσιος, Έλληνας γιατρός υποστηρικτής της κατασκευής ηλιακών κατοικιών.

Σπουδαία παραδείγματα αντλούμε από τη λαϊκή αρχιτεκτονική, όπου συχνά τα σπίτια χωρίζονται σε ορόφους και ανάλογα την εποχή, κατοικούσαν στον πρώτο όροφο τους θερινούς μήνες, τον οποίο αποκαλούσαν «θερινό» και στο ισόγειο τους χειμερινούς μήνες ή «χειμερινό», το οποίο ήταν ένα δωμάτιο με τζάκι συνήθως, στο χαμηλότερο επίπεδο του σπιτιού. Άλλο χαρακτηριστικό της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής που εμφανίζεται στην Ελλάδα είναι το «λιακωτό», το οποίο ήταν ένας χώρος του σπιτιού, που συνήθως βρισκόταν σε όροφο, το οποίο καλυπτόταν με τζαμαρία και είχε νότιο προσανατολισμό. Το λιακωτό το συναντάμε συνήθως στα παλιά αθηναϊκά σπίτια. Η χρησιμότητα του λιακωτού ήταν η μείωση της έντασης του φωτός πριν εισχωρήσει στα δωμάτια, καθώς και η διατήρηση αποστάσεων από τις ηλιακές ακτίνες.

Παρατηρούμε πως στην Ελλάδα, χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια και ήπιο κλίμα, είχε δημιουργηθεί ένα είδος αρχιτεκτονικής που βοηθούσε στο μετριασμό των εξωτερικών καιρικών συνθηκών του έτους, ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εποχής, προσφέροντας στους κατοίκους την απαραίτητη άνεση. Επίσης υπήρχε επικοινωνία μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου για τη φυσική ρύθμιση του μικροκλίματος.

Στα νησιά, όπου χαρακτηριστική είναι η κυβιστική σύνθεση των όγκων των σπιτιών σε άσπρο χρώμα, για την κατασκευή της κατοικίας δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στη θερμομόνωση και τη ροή της θερμότητας. Τα υλικά που χρησιμοποιούν στην τοιχοποιία είναι ο πηλός και η πέτρα, ώστε να αποθηκεύουν τη θερμότητα του ήλιου κατά τη διάρκεια της μέρας, ενώ τη νύχτα, η θερμότητα αυτή να επανεκπέμπεται θερμαίνοντας το σπίτι και ψύχοντας τους τοίχους. Αυτή η επαναλαμβανόμενη διαδικασία βοηθά στη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας όλο το χρόνο. Επίσης, ιδανικός είναι ο μεσημβρινός προσανατολισμός σε κλιμακωτή διάταξη των οικισμών, με αλληλοεπίθεση των όγκων με σκοπό οι επιφάνειες που προσβάλει ο ήλιος να είναι οι μέγιστες δυνατές. Επιπλέον λόγω του κυβιστικού σχεδιασμού των σπιτιών σχηματίζονται μικρές πλατείες και δροσερές γωνίες ακόμα και στο μεγαλύτερο καύσωνα. Αντίθετα οι βορινές πλευρές των σπιτιών δεν διαθέτουν παράθυρα, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες το χειμώνα.

Γενικότερα, στην παγκόσμια ιστορία της αρχιτεκτονικής, παρατηρούμε την κατασκευή των κατοικιών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες του χώρου και του κλίματος και να μειώνουν την ενεργειακή τους κατανάλωση. Για παράδειγμα οι οικισμοί των Ινδιάνων Hopi, τα λεγόμενα Pueblos στην Αριζόνα, κατάφεραν έξυπνα να μετριάσουν τα ακραία καιρικά φαινόμενα και να διατηρήσουν το μικροκλίμα των λασπόχτιστων κατοικιών τους σταθερό όλο το χρόνο. Παρατηρούμε ότι ο τόπος και το κλίμα είναι αυτά που καθορίζουν τον τρόπο που θα κτιστεί η κατοικία ώστε να μπορεί η ενέργεια να διανεμηθεί σωστά. Στην Υεμένη για παράδειγμα έχουμε τους γνωστούς ανεμόπυργους Οι άνθρωποι, ακόμα και σε μια τέτοια δύσβατη περιοχή, κατάφεραν να αξιοποιήσουν την ικανότητα του εδάφους, η οποία αποθηκεύει τη θερμότητα. Έτσι έφτιαχναν τα σπίτια τους μέσα στη γη, με αποτέλεσμα να διατηρούν τη ζέστη το χειμώνα και τη δροσιά το καλοκαίρι, αντλώντας θερμότητα από το έδαφος.

Αυτός ο τρόπος κατασκευής σπιτιών χρησιμοποιήθηκε επίσης από τους Ινδιάνους Navajo, τους Κινέζους , τους Αφρικανούς της Βόρειας Αφρικής, αλλά και αρκετά χρόνια αργότερα από τον Wendell Thomas, το 1950 όπου με αυτή τη μέθοδο θέλησε να αξιοποιήσει τη θερμότητα της γησε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό αερισμό.

Ο άνθρωπος βέβαια από νωρίς αναγνώρισε τη χρησιμότητα του παραθύρου και του σκιάστρου, ώστε να ελέγχει το μικροκλίμα, την ικανότητα του εδάφους και του νερού να αποθηκεύουν θερμότητα, την συμβολή των φυτών στη θερμομόνωση, καθώς και τη σημασία του μεσημβρινού προσανατολισμού. Όσον αφορά στη σπουδαιότητα του γυαλιού ως παγίδα θερμότητας, αυτό το εκμεταλλεύτηκε ο άνθρωπος, με κάθε τρόπο στην κατασκευή των κατοικιών, δημιουργώντας αίθρια, θερμοκήπια, λιακωτά, σκεπαστές στοές, που όχι μόνο φώτιζαν το χώρο, αλλά παράλληλα τον θέρμαιναν.

*Εικόνα 1.1 Pueblos των Ινδιάνων Hopi στην Αριζόνα*

## 1.3. Οφέλη βιοκλιματικού σχεδιασμού

Στην Ελλάδα τα βιοκλιματικά κτίρια, όπως προκύπτει από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις, παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% σε σχέση με συνήθη συμβατικά κτίρια, ενώ σε σχέση με παλαιότερα αμόνωτα κτίρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80%.

Τα κτίρια στην Ελλάδα είναι υπεύθυνα για το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (θερμική-πετρέλαιο, ηλεκτρική) η οποία λόγω του υψήλου κόστους της επιβαρύνει τον χρήστη και ρυπαίνει την ατμόσφαιρα με CO2 (αύξηση του «φαινομένου του θερμοκηπίου»).

'Ενα βιοκλιματικό κτίριο οδηγεί σε μείωση κατανάλωσης ενέργειας και σε λιγότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος, μια και είναι σχεδιασμένο να εναρμονίζεται με αυτό. Δεν είναι απαραίτητα πιο ακριβό από οποιοδήποτε άλλο, ούτε είναι απαραίτητο να έχει πολύπλοκα και ακριβά τεχνολογικά συστήματα. Ο χρήστης δε χρειάζεται να διαθέσει περισσότερο χρόνο και κόπο για τη συντήρηση και λειτουργία του.

Η βελτίωση της απόδοσής του σε πρώτο στάδιο επιτυνγχάνεται με χρήση απλών στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας ενώ σε δεύτερο στάδιο, μπορεί να περιλαμβάνει και ανεπτυγμένα τεχνολογικά συστήματα σύμφωνα με τις δυνατότητες και ανάγκες του χρήστη.

Τα οφέλη του βιοκλιματικού και γενικότερα του ενεργειακού σχεδιασμού είναι πολλαπλά, όπως:

**Οικονομικά**

Μείωση καυσίμων και κόστους εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, φωτισμού.

**Ενεργειακά**

Εξοικονόμηση ενέργειας και χαμηλότερη κατανάλωση μέσω της βελτιωμένης ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου.

**Περιβαλλοντικά**

Μείωση ρύπων, περιορισμός φαινομένου του θερμοκηπίου.

**Κοινωνικά**

Βελτίωση της ποιότητας ζωής.

## 1.4. Περιβαλλοντικές παράμετροι

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

α. Το κλίμα του τόπου.

β. Το φυσικό περιβάλλον, δηλαδή το ανάγλυφο του εδάφους, η βλάστηση, το τοπίο – θέα, η γειτνίαση με νερό.

### 1.4.1. 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 κτήριο και το εξωτερικό περιβάλλον, συνεπώς καθορίζουν την αίσθηση της άνεσης - ευεξίας στους ανθρώπους. Επίσης καθορίζουν την ποσότητα και 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 και καλοκαίρι,
- Η ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοφάνεια και ένταση σε μηναία βάση,
- Οι άνεμοι -χειμερινοί, ψυχροί θερινοί, δροσεροί- κατεύθυνση και ένταση,
- Η σχετική υγρασία (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και 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 παράλληλη αποφυγή των ψυχρών ανέμων και της υγρασίας.

Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμα τα τοπικά κλιματικά δεδομένα, λαμβάνονται υπόψη αυτά του πλησιέστερου μετεωρολογικού σταθμού.

### 1.4.2. 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 ανέμου 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, εξαρτώμενης από το ύψος των γύρω στοιχείων – κτιρίων, αναγλύφου και δέντρων -φυλλοβόλα ή αειθαλή, 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 στη βορεινή πλευρά του οικοπέδου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, προβλέποντας μεγάλα ανοίγματα στο κτήριο προς το Βορρά, παρά το γεγονός ότι ίσως αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του κελύφους.

• Η γειτνίαση με νερό -θάλασσα, ποτάμι, λίμνη- αποτελεί στοιχείο βοηθητικό για τη δημιουργία άνετου μικροκλίματος το καλοκαίρι στο άμεσο περιβάλλον του κτιρίου, αρκεί να διασφαλίζεται η προστασία του από την υγρασία, κυρίως το χειμώνα.

## 1.5. Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

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

• Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το 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.

Για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων έχουν αναπτυχθεί τρεις κατηγορίες τεχνικών συστημάτων, ανάλογα με το αν παρεμβάλλονται ή όχι μηχανολογικά συστήματα: τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και τα παθητικά ηλιακά συστήματα, ενώ μία τρίτη κατηγορία είναι τα υβριδικά συστήματα.

• **Παθητικά ηλιακά συστήματα** είναι εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το 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 (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα).

• 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. Ηλιακοί συλλέκτες που θερμαίνουν νερό ή αέρα, το οποίο στη συνέχεια διοχετεύεται στο σύστημα διανομής της θερμότητας στο χώρο με τη μεσολάβηση εναλλάκτη θερμότητας αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα.

• 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.

### 1.5.1. Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης

#### 1.5.1.1. Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο - Προσανατολισμός

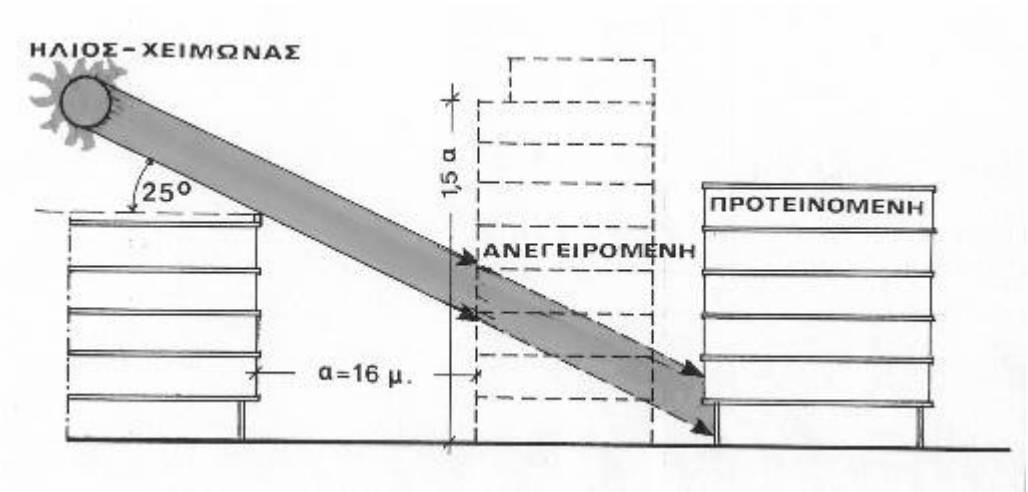
Η χωροθέτηση του νέου κτιρίου στο οικόπεδο οφείλει να διασφαλίζει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του. Επιτρέπονται αποκλίσεις έως ± 30ο (ανατολικά ή δυτικά) του νότου.

Στην περίπτωση αστικού οικοπέδου με δυσμενή προσανατολισμό, δηλαδή με όψεις ελεύθερες μόνον 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 την χρήση των ηλιακών χαρτών-διαγραμμάτων, βάσει των οποίων καθορίζεται και η απόσταση από τα γειτονικά κτήρια-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 × το ύψος του εμποδίου (Εικόνα 1.2). Αναγκαία η χρήση της τομής του υφιστάμενου εμποδίου και του νέου κτιρίου.

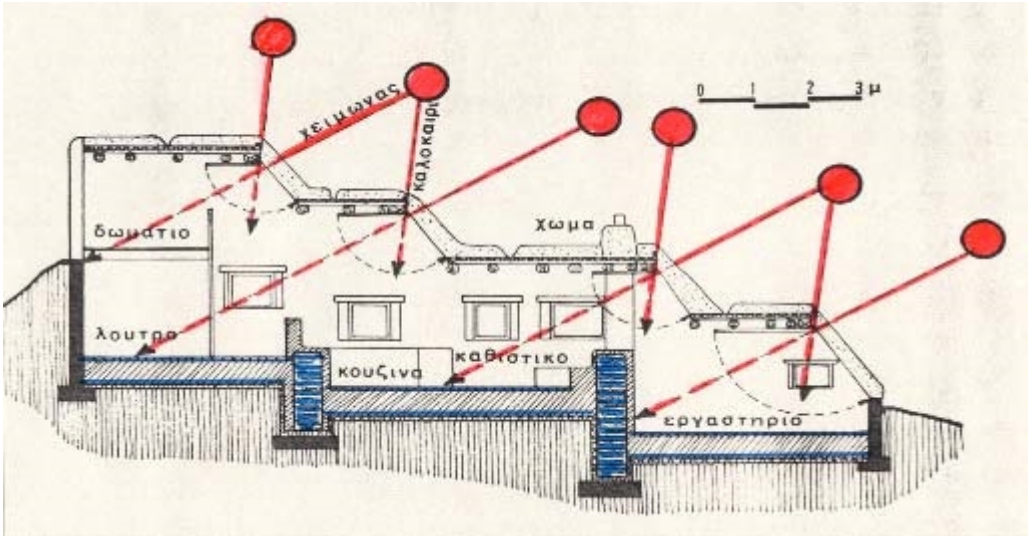
Για παράδειγμα, εάν το υφιστάμενο κτήριο-εμπόδιο έχει ύψος 15 μ., η ελάχιστη απόσταση χωροθέτησης του νέου κτιρίου πρέπει να είναι ίση με 1,5×15μ.= 22,50 μ., προκειμένου το νέο κτήριο να έχει ήλιο τον χειμώνα.




*Εικόνα 1.2 Ηλιασμός οικοδομής στην περίπτωση υποχώρησης στο οικόπεδο.*

#### 1.5.1.2. 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 την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι ≈ 1/1,5. Βεβαίως, όταν το οικόπεδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, τότε επιλέγουμε λύσεις με όγκους σπαστούς, ή κλιμακωτή οργάνωση του κτιρίου , έτσι ώστε οι πίσω χώροι να δέχονται ήλιο το χειμώνα (Εικόνα 1.3).




*Εικόνα 1.3 Κτήριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, σε κλιμακωτή διάταξη*

### 1.5.1.3. Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων

Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων παραμένει ένα κρίσιμο ζήτημα, εξαρτώμενος από τη χρήση ενός χώρου και τις ανάγκες των ενοίκων. Η βορεινή πλευρά του κτιρίου το χειμώνα είναι η πιο ψυχρή, η λιγότερη φωτεινή και δε δέχεται καθόλου ήλιο. Για τους λόγους αυτούς, στην πλευρά αυτή τοποθετούνται οι χώροι των οποίων η χρήση 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 -W.C., 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 κτήρια άλλης χρήσης, όπως νοσοκομεία, ξενοδοχεία, γραφεία κ.λ.π. επιδιώκεται, κατά τον σχεδιασμό, οι χώροι πολύωρης - κύριας χρήσης να τοποθετούνται προς το νότο ή ανατολή, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνεται μέριμνα για το σκιασμό τους το καλοκαίρι, ενδεχομένως και το χειμώνα, προς αποφυγή της θάμβωσης που προκαλείται στους χρήστες από το έντονο φως του ήλιου, π.χ. στα γραφεία. Σε κτίρια ειδικής χρήσης, όπως εργοστάσια, βιβλιοθήκες κ.λ.π., η εσωτερική οργάνωση των χώρων ρυθμίζεται, κυρίως, σε σχέση με την ποιότητα και την ποσότητα του απαιτούμενου φυσικού φωτισμού.

### 1.5.2. Αποθήκευση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου

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. Προς τούτο συνιστάται αφενός προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους και αφετέρου θερμομόνωση του κελύφους του.

### 1.5.2.1. 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 αειθαλών δέντρων ή χαμηλής βλάστησης ή ανεμοφράκτη για την εκτροπή των ανέμων ή με την πρόβλεψη κατάλληλων προεξοχών στο κέλυφος του κτιρίου.

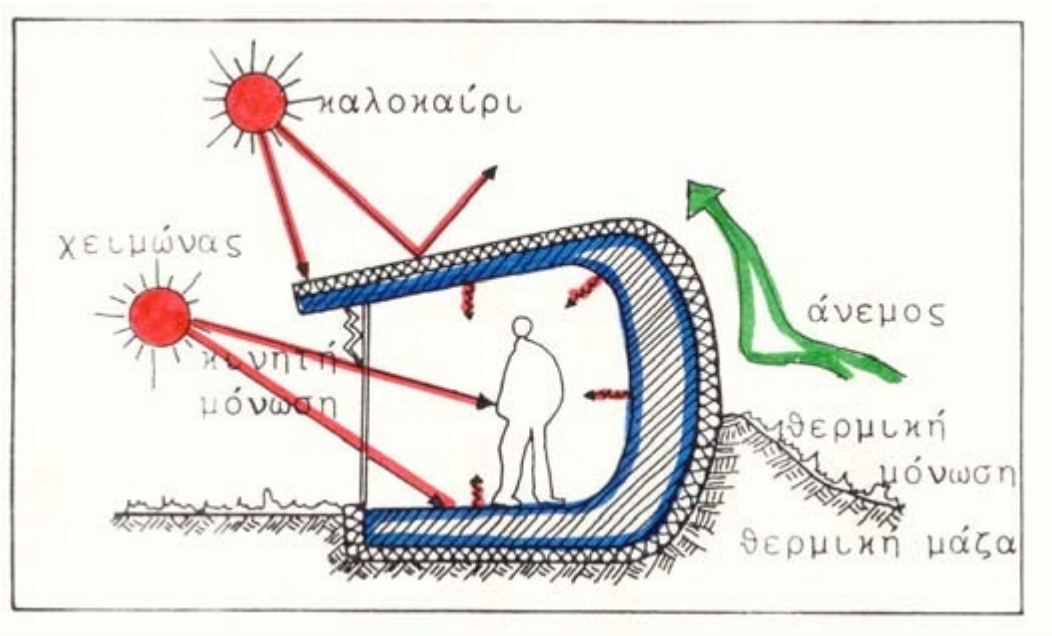
### 1.5.2.2. Θερμική προστασία – Θερμομόνωση

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

α) Κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους, δηλαδή τοίχων, δαπέδων, οροφών. Οι επιλογές, ως προς τα υλικά και το πάχος της θερμομόνωσης, εξαρτώνται από την κλιματική ζώνη (μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας). Περισσότερες τεχνικές πληροφορίες στην ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης». Ωστόσο, επισημαίνεται ότι για να λειτουργήσει το κτίριο αποτελεσματικότερα, ως αποθήκη θερμότητας, πρέπει η θερμομόνωση των συμπαγών δομικών του στοιχείων να τοποθετείται στην εξωτερική τους πλευρά (Εικόνα 1.4). Έτσι περιορίζονται και οι θερμογέφυρες. Η περίπτωση κατασκευής διπλού τοίχου από τούβλο με την θερμομόνωση στον πυρήνα, αποτελεί λύση αποδεκτή, αρκεί το πάχος κάθε παρειάς του τοίχου να είναι τουλάχιστον 9 εκ.

β) Επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων, ανάλογα με την κλιματική ζώνη, με διπλά ή πολλαπλά τζάμια με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και εξώφυλλα με θερμομόνωση ή όχι.

γ) Καλή αεροστεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων.




*Εικόνα 1.4 Διαγραμματική τομή κελύφους για την αποθήκευση της θερμότητας*

### 1.5.3. Αποθήκευση θερμότητας στη μάζα του κτιρίου

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

#### 1.5.3.1. Θερμική μάζα - θερμοχωρητικότητα

Ο πιο αποτελεσματικός «αποθηκευτής» της ηλιακής θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες, 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 προς τα πάνω (όντας ελαφρύτερος).
Όσο περισσότερη μάζα διαθέτει το κτήριο 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.

Επισημαίνεται ότι οι συνήθεις κατασκευές με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιίες από τούβλα παρέχουν την αναγκαία θερμική μάζα και την αντίστοιχη θερμοχωρητικότητα για την αποθήκευση των ηλιακών απολαβών, υπό την προϋπόθεση ότι η θερμομόνωση βρίσκεται στην εξωτερική παρειά των φερόντων στοιχείων. Οι τοίχοι πλήρωσης από διπλή οπτοπλινθοδομή με θερμομόνωση στον πυρήνα εξασφαλίζουν επίσης επαρκή θερμική μάζα, υπό τον όρο ότι η εσωτερική παρειά της οπτοπλινθοδομής έχει πάχος 9 εκ.

### 1.5.4. Το κτήριο ως αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης

Το καλοκαίρι η έντονη ηλιακή ακτινοβολία και οι υψηλές θερμοκρασίες επιβαρύνουν το κτήριο, 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 προς το ύπαιθρο, με φυσικό αερισμό και άλλες τεχνικές που παρατίθενται κατωτέρω.

Συνεπώς οι ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου , που προτείνονται για την επίτευξη του φυσικού δροσισμού, είναι οι εξής:

#### 1.5.4.1. Ηλιοπροστασία κτιρίου και ανοιγμάτων

α) Τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων ή βλάστησης, σε κατάλληλες θέσεις, στην περίπτωση χαμηλής δόμησης ή μεμονωμένων κτιρίων.

β) 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 σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά. 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 **νοτιανατολικό** και **νοτιοδυτικό προσανατολισμό**, τα συστήματα σκίασης πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων.

#### 1.5.4.2. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

Η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη θερινή περίοδο συμβαίνει στα δώματα, με αποτέλεσμα οι τελευταίοι όροφοι των κτιρίων να είναι περισσότερο επιβαρυμένοι. Επομένως συνιστώνται:

- Δώματα ανοιχτού χρώματος ή με ανακλαστική επιφάνεια ή με φύτευση (φυτεμένα δώματα).
- Εξωτερικοί τοίχοι ανοιχτού χρώματος, κυρίως οι δυτικού προσανατολισμού καθώς και φυτεμένοι τοίχοι με αναρριχητικά φυτά ή κατακόρυφοι κήποι (vertical gardens).

#### 1.5.4.3. 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. Τα κτήρια που ανήκουν στις κλιματικές ζώνες (Α) και (Β) έχουν ανάγκη μεγαλύτερης θερμικής μάζας, προκειμένου να λειτουργήσουν αποτελεσματικά και να περιορίζεται η χρήση κλιματισμού.

#### 1.5.4.4. Θερμομόνωση

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

#### 1.5.4.5. Φυσικός αερισμός

Η κίνηση του δροσερού αέρα μέσα στο κτίριο απομακρύνει την πλεονάζουσα θερμότητα προς το ύπαιθρο. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού είναι:

α) Η διεύθυνση και η ένταση των δροσερών ανέμων στην περιοχή τη θερινή περίοδο,

β) Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων στο κτήριο,

γ) Η χρήση του κτιρίου.

#### 1.5.4.6. Νυχτερινή ακτινοβολία

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν σημαντικά ποσά θερμότητας προς τον καθαρό ουρανό κατά την 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 των κτιρίων. Για το λόγο αυτό, στα δώματα μπορούν να εφαρμοσθούν ειδικά συστήματα–κατασκευές, εκ των οποίων οι συνηθέστερες είναι οι μεταλλικοί ακτινοβολητές.

#### 1.5.4.7. 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: «Aplication 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., & Celaire, R., «Bioclimatisme en Zone Tropicale», GRET, Paris, 1986.
- Mazria (Ed.), «The Passive Solar Energy Book», Rodale Press, Emmaus, Pa., 1979.
- Παπαδόπουλος, Μ., & Αξαρλή, 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.
- Διαδίκτυο: www.vagia.gr.blogspot.com
- Διαδίκτυο: www.wikipedia.org
- Κοντορούπης Μ. Γ., Ενεργειακός-Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών, Αθήνα 2002
- Τσίπηρας Κώστας & Θέμης Σ., Οικολογική Αρχιτεκτονική, Εκδόσεις Κέδρος 2005


## *Πηγές εικόνων*

- Εικόνα 1.1:
http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTvvjt7BrgoH16WNGdRsAAkWsbzuBOBLD1Arkqi90_blGuSeQnK
- Εικόνα 1.2 : http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/13-172e89cad2.jpg
- Εικόνα 1.3 : http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/13-172e89cad2.jpg
- Εικόνα 1.4 : http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/16-e0b87904fb.png

## 2. Θερμική άνεση

Σε ένα κτίριο πρέπει να εξασφαλίζεται ένα άνετο εσωτερικό κλίμα πλήρως προσαρμοσμένο στις ανάγκες των χρηστών του. Βέβαια, είναι σημαντικό αυτό να γίνεται με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Για το λόγο αυτό, κάθε κτίριο πρέπει να μελετάται και να κατασκευάζεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να καταναλώνεται η λιγότερη κατά το δυνατό ενέργεια με την παροχή όμως της απαιτούμενης θερμικής άνεσης, κατάλληλης για τη χρήση του χώρου. Ιδιαίτερα οι παθητικές ηλιακές κατασκευές πρέπει να εξασφαλίζουν αυτό το διπλό στόχο. Τα κτίρια αυτής της κατηγορίας, δε θεωρείται ότι λειτουργούν ικανοποιητικά, παρά μόνο όταν χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια με τον καλύτερο τρόπο και με ταυτόχρονη ικανοποίηση του χρήστη από το κλίμα του εσωτερικού χώρου. Δε θα πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι οι ένοικοι επιθυμούν σε πρώτη φάση να εξασφαλίζουν την άνεσή τους και σε δεύτερη φάση, εφόσον είναι υποχρεωμένοι γι' αυτό, στο να διαχειρίζονται όσο είναι δυνατό καλύτερα την ενέργεια. Σ' ένα κτίριο και ιδιαίτερα σ' ένα παθητικό ηλιακό κτίριο, πρέπει να παρέχονται στους ενοίκους οι δυνατότητες ώστε να μπορούν να επηρεάσουν το κλίμα του. Το κτίριο πρέπει να είναι μελετημένο κατά τρόπο τέτοιο, ώστε οι δραστηριότητες αυτές να ταιριάζουν με μια καλή διαχείριση της ενέργειας.

Ως άνεση μπορεί να οριστεί η αίσθηση της απόλυτης φυσικής και πνευματικής ευημερίας. Η άνεση αποτελεί μια υποκειμενική αίσθηση που βασίζεται σε ένα σύνολο παραγόντων μεταξύ των οποίων είναι η θερμοκρασία, τα ρεύματα αέρα, η υγρασία και η ποιότητα του αέρα, ο φωτισμός, ο θόρυβος, καθώς και τα στοιχεία που αφορούν κυρίως στο άτομο, όπως είναι το ντύσιμο σε συνδυασμό με τις δραστηριότητές του, η κατάσταση της υγείας του ή η ιδιοσυγκρασία του. Η ευαισθησία των ατόμων ποικίλλει ανάλογα με τον ένα ή τον άλλο παράγοντα και ορισμένες παράμετροι έχουν, γενικά ή ειδικά, περισσότερη σημασία ή όχι. Οι έρευνες που έχουν γίνει μέχρι τώρα πάνω στο θέμα της άνεσης επιτρέπουν σε κάποιο βαθμό να γίνει πρόβλεψη της άνεσης που θα επικρατεί σ ένα κτίριο ακόμη και από το στάδιο της μελέτης. Είναι κατά συνέπεια δυνατό να γίνει κάποια επιλογή, ανάμεσα σε πολλές παραμέτρους, ιδιαίτερα σε εκείνες που θα δώσουν την καλύτερη άνεση. Πρέπει να σημειωθεί βέβαια ότι δεν έχει εξασφαλιστεί ακόμη η ολοκλήρωση της επιλογής, με αποτέλεσμα να διαχωρίζονται, για την ώρα, η υγροθερμική άνεση, η οπτική άνεση, που συνδέεται με την ένταση φωτισμού, η ακουστική άνεση και η βέλτιστη λύση στα προβλήματα που εμφανίζονται από την ποιότητα του αέρα. Η θερμική άνεση, η πλευρά αυτή της άνεσης στο χώρο είναι ουσιαστικά και αυτή που έχει τη μεγαλύτερη σημασία μιας και σχετίζεται με την κατανάλωση ενέργειας.

Η ύπαρξή της στα κτίρια επηρεάζεται από τα βιολογικά, τα ψυχολογικά και τα φυσικάχαρακτηριστικά των ανθρώπων που διαμένουν σε ένα κτίριο. Η παρέμβαση του μελετητή στην επίτευξή της πραγματοποιείται σε ένα πολύ μικρό ποσοστό. Κάθε άτομο δεν αντιλαμβάνεται την άνεση με τον ίδιο τρόπο, έτσι σε ένα χώρο που συμβιώνουν κάποια άτομα, δεν μπορούν να ικανοποιούν τις ανάγκες τους ταυτόχρονα. Αυτό που μπορεί να κάνει ο μελετητής σε αυτή την περίπτωση, είναι κατασκευαστικά να αποδώσει τη μέγιστη δυνατή θερμική άνεση, για όλους τους ενοίκους της κατοικίας. Ειδικά στα βιοκλιματικά κτίρια, η επίτευξη άνεσης αποτελεί σημαντικό στοιχείο, κι ο τρόπος που η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται, αποθηκεύεται, και διανέμεται στο χώρο συμβάλλει στην άνεση των ενοίκων.

Για να υπάρχει θερμική άνεση θα πρέπει να υπάρχει θερμική ουδετερότητα, δηλαδή το άτομο να αισθάνεται άνετα στο χώρο και να μην επιθυμεί ούτε το πιο ψυχρό ούτε το πιο θερμό. Όμως η θερμική ουδετερότητα δεν εξασφαλίζει απαραίτητα τη θερμική άνεση.

Η θερμική άνεση επηρεάζεται από προσωπικές και περιβαλλοντικές μεταβλητές. Στιςπροσωπικές συγκαταλέγονται η δραστηριότητα και η ένδυση ενώ στις περιβαλλοντικές η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η ταχύτητα του αέρα αλλά και η υγρασία του αέρα. Οι

περιβαλλοντικές μεταβλητές εξαρτώνται άμεσα από τον σχεδιασμό του κτιρίου καθώς και από τα συστήματα θέρμανσης και δροσισμού αυτού.

Όσον αφορά στις προσωπικές μεταβλητές, το σώμα είναι αυτό που μετατρέπει την τροφή σε ενέργεια και ανάλογα με τη δραστηριότητά του η ποσότητα που μετατρέπεται σ' ενέργεια αυξάνεται. Η ενέργεια που αποβάλλει το σώμα κατά τη διαδικασία αυτής της μετατροπής έχει τη μορφή θερμότητας. Η άνεση επιτυγχάνεται ανάλογα με την ευκολία που έχει το σώμα να διατηρεί τη θερμική του ισορροπία μεταξύ παραγωγής ενέργειας και θερμικού κέρδους και απώλειας θερμότητας, έτσι ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία του σώματος σταθερά στους 37ºC.

Όπως είπαμε οι προσωπικές μεταβλητές συμπεριλαμβάνουν τις δραστηριότητες και την ένδυση. Οι δραστηριότητες του ατόμου επηρεάζονται από την τιμή μεταβολισμού του ατόμου αλλά και του ποσού ενέργειας που παράγεται στη μονάδα του χρόνου για τη μετατροπή της τροφής. Όσον αφορά στην ένδυση, αυτή παρέχει στο άτομο θερμική μόνωση από το περιβάλλον.

Η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η ταχύτητα και η υγρασία του αέρα αποτελούν στοιχεία των περιβαλλοντικών μεταβλητών. Η θερμοκρασία του αέρα σε ένα χώρο είναι σημαντική για τη θερμική άνεση και ουδετερότητα ενός ατόμου. Ειδικά για άτομα που περνούν το μεγαλύτερο μέρος της ώρας τους καθισμένοι, η μέση θερμοκρασία του αέρα από το πάτωμα έως το ύψος του είναι αρκετά σημαντική.
Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι η μέση θερμοκρασία των επιφανειών πουπεριβάλλουν το χώρο. Και περιλαμβάνει το φαινόμενο της ηλιακής ακτινοβολίας πουπαρατηρείται και έχει σημαντική επίπτωση στην ανθρώπινη άνεση ως θερμοκρασία του αέρα. Τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας μπορούμε να την προσδιορίσουμε με τη χρήση ενός ατμοσφαιρικού θερμόμετρου. Συγκρίνοντας δύο κατοικίες η μία είναι καλά μονωμένη και η άλλη κακά μονωμένη παρατηρούμε ότι για το ίδιο επίπεδο άνεσης στην χειρότερα μονωμένη οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου είναι ψυχρότερες από αυτές του καλύτερα μονωμένου κτιρίου, και οι θερμοκρασίες του αέρα στο καλό-μονωμένο κτίριο μπορούν να διατηρηθούν σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με αυτές του κακό-μονωμένου κτιρίου. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας κοντά σε παράθυρα, είναι συνήθως υψηλότερη ή χαμηλότερη από τους υπόλοιπους χώρους, διότι δέχονται μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας, και μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία λόγω της ασύμμετρης ακτινοβολίας. Ένα άτομο που δέχεται άμεσα ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να αντιμετωπίσει μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας υψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα με αποτέλεσμα να προκαλέσει δυσφορία στο άτομο, η οποία μπορεί να είναι εντονότερη αν υπάρχει ασυμμετρία μεταξύ της εκτεθειμένης πλευράς και της σκιασμένης πλευράς.

Συνήθως η θερμοκρασία του αέρα και η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας λαμβάνονται υπόψη ως μια παράμετρος επονομαζόμενη δρώσα θερμοκρασία. Η δρώσα θερμοκρασία είναι ο μέσος όρος των δύο αυτών θερμοκρασιών όταν η ταχύτητα του αέρα είναι μικρή.

Η ταχύτητα του αέρα έχει επιπτώσεις στην απώλεια θερμότητας του σώματος με μεταφορά, γι' αυτό θα πρέπει η ταχύτητα του αέρα να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα το χειμώνα ώστε να υπάρχει θερμική άνεση ακόμα και στις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Θα πρέπει λοιπόν να γίνεται προσεκτικός σχεδιασμός των κλιματιστικών μηχανημάτων προς αποφυγή των μεγάλων ταχυτήτων του αέρα, ειδικά στον τρόπο που τοποθετούνται οι εξαγωγές.

Η υγρασία του αέρα, έχει μικρή επίπτωση στη θερμική αίσθηση σε μέσες θερμοκρασίες του αέρα, όταν το άτομο παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στο χώρο. Αν αυξηθεί η σχετική υγρασία κατά 10% τότε η θερμοκρασία του αέρα θα αυξηθεί κατά 0,3ºC. Αν το άτομο μετακινείται από τον ένα χώρο στον άλλο, όπου κάθε χώρος έχει το δικό του επίπεδο υγρασίας, η θερμική επίδραση της αλλαγής στην υγρασία θα είναι 2 με 3 φορές μεγαλύτερη. Για τα θερμά περιβάλλοντα, όπου η

θερμοκρασία είναι πάνω από 30ºC η αλλαγή της υγρασίας έχει σημαντικές επιπτώσεις στη θερμική άνεση. Είναι καλό πάντως να αποφεύγονται οι υψηλές τιμές υγρασίας στο χώρο προς αποφυγή μούχλας, στατικού ηλεκτρισμού, σκόρου και ξηρών βλεννογόνων υμένων. Γενικά η υγρασία έχει μια μέση θερμική επίπτωση γι' αυτό θα είναι καλό να διατηρείται μεταξύ 30% και 60% για να περιορίζονται τα προβλήματα.

Για να υπάρχει θερμική άνεση πρέπει να μην υπάρχει μέρος του σώματος που να νιώθει έλλειψη άνεσης εξαιτίας υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασίας θα πρέπει επίσης να υπάρχει ικανοποίηση με το θερμικό περιβάλλον και να μην υπάρχει τοπική έλλειψη άνεσης. Η τοπική έλλειψη άνεσης προκαλείται από πολύ ψυχρό ή πολύ θερμό δάπεδο, από μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ κάτω άκρων και κεφαλής, από ασυμμετρία ακτινοβολίας όταν ένα μέρος του σώματος είναι θερμό ενώ κάποιο άλλο είναι ψυχρό από ρεύματα αέρα. Η ασυμμετρία στην ακτινοβολία μπορεί να προκληθεί από άμεση έκθεση στο ηλιακό φως, κοντά σε χώρους με μεγάλα παράθυρα. Η τοπική ψύξη που προκαλεί ο αέρας δημιουργώντας ρεύματα αποτελεί την πιο κοινή μορφή της τοπικής έλλειψης άνεσης. Θα πρέπει να διατηρούνται όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι ταχύτητας του αέρα σε χαμηλά επίπεδα για να διατηρείται η άνεση.

Στις βιοκλιματικές κατοικίες, οι οποίες λειτουργούν ελεύθερα, η θερμοκρασία εμφανίζει συχνά διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, η θερμότητα αποθηκεύεται στο περίβλημα του κτιρίου την ημέρα όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι διαθέσιμη και τη νύχτα η αποθηκευμένη αυτή θερμότητα εκλύεται στο χώρο, καθώς τη νύχτα η θερμοκρασία έχει την τάση να μειώνεται. Επίσης ανάλογα με τη λειτουργία του κάθε χώρου όπως και τον προσανατολισμό του, υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές. Σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε σχετικά με τις αντιδράσεις των ατόμων στις θερμικές μεταβολές μιας βιοκλιματικής κατοικίας, αποδείχθηκε ότι κατά τη διάρκεια σταδιακής αύξησης ή μείωσης της θερμοκρασίας μέχρι 5K οι άνθρωποι αισθάνονται όπως θα αισθάνονταν αν η κατάσταση παρέμενε σταθερή. Οι περιπτώσεις που ένιωθαν την αλλαγή ήταν όταν περπατούσαν από τις βόρειες στις νότιες πλευρές της κατοικίας καθώς τότε η λειτουργική θερμοκρασία μεταβάλλεται κλιμακωτά, όταν η θερμοκρασία αυξανόταν ή όταν μειωνόταν, μετά από αυτή την αίσθηση επανερχόταν η ισορροπία.

Το εύρος της θερμοκρασίας άνεσης, όσον αφορά τις στάθμες ένδυσης είναι σχετικά μικρό, εκτός κι αν τα άτομα είναι διατεθειμένα να αλλάζουν συχνά το ρουχισμό τους κατά τη διάρκεια της ημέρας οπότε και το εύρος της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερο, κάτι που ισχύει στην περίπτωση των βιοκλιματικών κατοικιών. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι θερμικές απαιτήσεις του κάθε ατόμου και να μπορεί να προβλεφθεί η κατάσταση που ικανοποιεί την πλειοψηφία των ενοίκων μιας κατοικίας. Αν τα άτομα που διαμένουν είναι λίγα, θα πρέπει να γίνει μελέτη ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις όλων.

Για να μειωθούν τα προβλήματα και να εξασφαλιστούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης θα πρέπει εκεί που υπάρχουν μεγάλα παράθυρα, υπάρχουν θερμικές απώλειες και δημιουργούνται ρεύματα, να υπάρξει μόνωση και να τοποθετηθούν διπλά ή και τριπλά τζάμια, παράθυρα μέτριου ύψους που θα μετριάσουν το πρόβλημα. Τα τζάμια που δημιουργούν ρεύματα συχνά δημιουργούν έλλειψη άνεσης λόγω ασύμμετρης ακτινοβολίας. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των βιοκλιματικών κατοικιών είναι η χρήση του πατώματος ως μέσο θερμικής αποθήκευσης, αυτό προκαλεί συχνά τη μεταβολή της θερμοκρασίας του και έχει ως αποτέλεσμα να παραπονιούνται οι ένοικοι αν η θερμοκρασία του πατώματος είναι χαμηλότερη από 19ºC και υψηλότερη από 29 ºC.

Για να γίνει κάποια κατάταξη της θερμικής άνεσης, τα άτομα που βρίσκονται στο χώρο εκφράζουν τη γνώμη τους ως προς την άνεση που αισθάνονται σε αυτόν, με βάση μια χαρακτηριστική κλίμακα. Απαραίτητο είναι, ο έλεγχος της κατάστασης που επικρατεί σε ένα χώρο να γίνεται κατά τακτικά

διαστήματα, για παράδειγμα κάθε μια ώρα, από την ίδια ομάδα ατόμων. Η επιλογή αυτή θα κυμαίνεται ασφαλώς, γιατί κατά την κανονική διαβίωση, με την πάροδο του χρόνου αλλάζει η θέση και η ενδυμασία ή γιατί ποικίλλουν οι θερμικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Αφού γίνει συγκέντρωση πολλών αποτελεσμάτων έκφρασης γνώμης των ενοίκων για τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο, είναι δυνατό να γίνει μια στατιστική ανάλυσή τους. Τα αποτελέσματα με βάση τους βαθμούς ψηφοφορίας σχεδιάζονται σε ένα διάγραμμα άνεσης. Σε αυτό φαίνεται η χρονική περίοδος κατά την οποία η άνεση ήταν ικανοποιητική ή όχι. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι κάθε ένοικος μπορεί να επιδράσει στην άνεση που αισθάνεται σε ένα χώρο, με πιο ζεστά ή πιο ελαφρά ρούχα ή με τροποποίηση των συνθηκών λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης. Οι τελευταίες αλλαγές μπορεί να γίνουν με θερμοστάτες στο χώρο, με θερμοστατικές δικλίδες στα θερμαντικά σώματα ή με άνοιγμα ή κλείσιμο των παραθύρων, των στοριών κτλ.

Σε ιδανικές συνθήκες, με τα συστήματα αυτοματισμού θα ήταν δυνατό να εξασφαλίζεται συνεχώς θερμική άνεση για ένα συγκεκριμένο άτομο. Στην περίπτωση που εξετάζονται οι συνθήκες άνεσης σε μια αίθουσα στην οποία βρίσκεται μια ομάδα ατόμων, θα διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία ως προς τις συνθήκες άνεσης. Στην πραγματικότητα, αν κατά την ψηφοφορία ο μέσος όρος των ατόμων δώσει ως αποτέλεσμα ότι στην αίθουσα επικρατεί άνεση και μόνο ένα περιορισμένο ποσοστό ενοίκων (μέχρι 5%) εμφανιστεί ότι δεν είναι ικανοποιημένο, τότε θεωρείται ότι ο χώρος έχει άνεση. Σύμφωνα με τη θεωρία του Δανού καθηγητή O.L. Fanger: «Η θερμική άνεση είναι κατά συνέπεια μια προσωπική αίσθηση που εξαρτάται από τις θερμικές ανταλλαγές μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος». Οι τρόποι ανταλλαγών είναι δυνατό να εκφραστούν μαθηματικά σε συσχέτιση με ποικίλες παραμέτρους.

Οι θερμικές αυτές ανταλλαγές εισάγουν τις ακόλουθες παραμέτρους: Παράμετροι που συνδέονται με το περιβάλλον: σε αυτές περιλαμβάνεται η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η σχετική ταχύτητα του αέρα και η σχετική υγρασία. Παράμετροι που σχετίζονται με τα άτομα: οι καύσεις τους από κάθε δραστηριότητα, η απόδοση από αυτή τη δραστηριότητα και η ένδυσή τους.

Η σχετική υγρασία δεν έχει παρά μικρή επίδραση στην αίσθηση της θερμικής άνεσης,
εφόσον περιλαμβάνεται μεταξύ 30% και 70% και οι άλλες παράμετροι άνεσης δίνουν ανεκτή επιδοκιμασία από τα τρία τέταρτα των χρηστών. Αντίθετα, η ταχύτητα του αέρα σε σχέση με τους ενοίκους έχει αποτέλεσμα που επηρεάζει αρνητικά τη θερμική άνεση.

Όσον αφορά στην άνεση και στην κατανάλωση ενέργειας, έχει αναφερθεί από ορισμένους επιστήμονες ότι προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας, είναι απαραίτητο να περιοριστεί η θερμική άνεση. Πραγματικά, σε μια κατοικία που δε θερμαίνεται καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια από μια άλλη η οποία θερμαίνεται. Στις σημερινές κατοικίες αυτό μπορεί να αποδειχθεί με κάποιες προτάσεις όπως είναι οι ακόλουθες:

1. Ένα καλό σύστημα ρύθμισης και ελέγχου της θερμοκρασίας, που συμπληρώνεται από μια καλή υδραυλική εξισορρόπηση του συστήματος κυκλοφορίας του ρευστού μετάδοσης της θερμότητας, εξασφαλίζει σε όλους τους χώρους ομοιόμορφη θερμοκρασία. Έτσι, δε θα είναι ανάγκη να γίνεται υπερθέρμανση ορισμένων χώρων προκειμένου να θερμανθούν άλλοι χώροι που είναι ψυχροί, με αποτέλεσμα τη σπατάλη ενέργειας.
2. Τα ρεύματα αέρα ενοχλούν πραγματικά και περιορίζουν την άνεση επηρεάζοντας δυσμενώς και το θερμικό ισοζύγιο. Ένα κτίριο με καλή στεγανότητα ως προς τις ανεξέλεγκτες διεισδύσεις αέρα, μπορεί να εμποδίσει ουσιαστικά τα ρεύματα αέρα χωρίς να γίνονται σφάλματα και υπερβολές. Η καλή μόνωση αυξάνει τη θερμοκρασία των παρειών των χώρων, των δαπέδων, των οροφών και των παραθύρων. Η άνεση εξασφαλίζεται έτσι πιο εύκολα και η κατανάλωση θερμότητας μειώνεται.
3. Κατάργηση ανώφελων παροχών. Πολλές φορές καταναλώνεται ενέργεια για την εξασφάλιση παροχών που δεν αξιοποιούνται από τους χρήστες. Η κατάργηση αυτών των παροχών έχει ως

αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς να θίξει την άνεση. Παράδειγμα αποτελεί η τήρηση στις κατοικίες χαμηλής αντί υψηλής θερμοκρασίας κατά τις νυχτερινές ώρες που οι ένοικοι κοιμούνται.

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η εξασφάλιση καλής θερμικής άνεσης δεν περιορίζεται μόνο στην τήρηση θερμοκρασίας 20ºC στις κατοικίες, αλλά στο να δίνονται οι κατάλληλες τιμές σε ένα σύνολο παραμέτρων. Οι τιμές αυτές σχετίζονται με τις δραστηριότητες και την ενδυμασία των ενοίκων. Η μελέτη και η πρόβλεψη της άνεσης σύμφωνα με τις μοντέρνες μεθόδους επιτρέπουν: α. Τον υπολογισμό των πραγματικών ενεργητικών ισοζυγίων ανάλογα με τους ενοίκους και τις αιτιολογημένες απαιτήσεις τους. β. Τη μελέτη των κτιρίων που παρέχουν καλή θερμική άνεση με τη βέλτιστη χρήση των παθητικών ηλιακών προσόδων.

Για την εξασφάλιση καλής θερμικής άνεσης σε μια κατοικία είναι απαραίτητο να μπορεί ο ένοικος να προσαρμόζει το εσωτερικό κλίμα στις απαιτήσεις του. Αν το κτίριο είναι σωστά μελετημένο τόσο ως προς τις θερμικές εγκαταστάσεις του, όσο και ως προς τις κατασκευαστικές του λεπτομέρειες, οι δυνατότητες προσαρμογής του για την εξασφάλιση θερμικής άνεσης στους ενοίκους έχουν ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση ικανοποιητικού θερμικού ισοζυγίου. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να εξασφαλίζεται ικανοποιητική θερμική άνεση ακόμη και με μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

**Βιβλιογραγραφία**


- Simos Yiannas, Solar Energy and Housing Design, Crown 1994.
- The Energy Research Group-School of Architecture-University College Dublin, Energy in ArchitectureThe European Passive Solar Handbook, Brussels 1996.
- Τσίπηρας Θ.&Κ. Στ., Οικολογική Αρχιτεκτονική, εκδόσεις Λιβάνη, Αθήνα 2005.
- R.J. de Dear, H.N. Knudsen, P.O. Fagner, Impact of air humidity on thermal comfort during stepchanging, ASRAE Trans. 1989, Vol. 95, Part 2.
- Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Comfort and Energy Conservation in Buildings, Proceedings of a Symposium held for Architectural and Urban Studies, Cambridge July 1981.
- P.O. Fanger, Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering, McGraw-Hill Book Company, New York, 1973.
- H.N. Knudsen, R.J. de Dear, J.W. Ring, T.L. Li, T.W. Puntner, P.O. Fanger, Thermal comfort in passive solar buildings. Final report, CEC research project EN3S-0035-DK(B), Laboratory of Heating and Air-Conditioning, Technical University of Denmark, May 1989.
- Turner D.P., Window and Environment, McCorquodale1969.
- Solar Energy Symposium Proceedings, Athens 1993.
- Watson D., Camous R., L΄Habitat Bioclimatique de la Conception a la construction, L΄ Etincelle, Quebec 1983.
- Yannas Simos, Solar Energy And Housing Design Volume 1, Architectural Association, 1994.


## 3. Παθητικά ηλιακά συστήματα

### 3.1. Εισαγωγή

Τα Παθητικά Συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

• Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

• Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού

• Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων των συστημάτων, ώστε να προκύπτουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ΄ όλη τη διάρκεια του έτους.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτίρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό 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 προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να έχουν προσανατολισμό περίπου νότιο, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα.

**Είδη παθητικών ηλιακών συστημάτων για θέρμανση**

• Άμεσο κέρδος
• Έμμεσο κέρδος
• Απομονωμένο κέρδος

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

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

• **Ηλιακοί τοίχοι** : Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου ( *τοίχος θερμικής αποθήκευσης* ), είτε μέσω θυρίδων ( *θερμοσιφωνικό πανέλο* ) στον εσωτερικό χώρο. Συνδυασμός των δύο λειτουργιών είναι ο τοίχος μάζας με θυρίδες *τοίχος Trombe - Michel* .

• **Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι)** : Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.

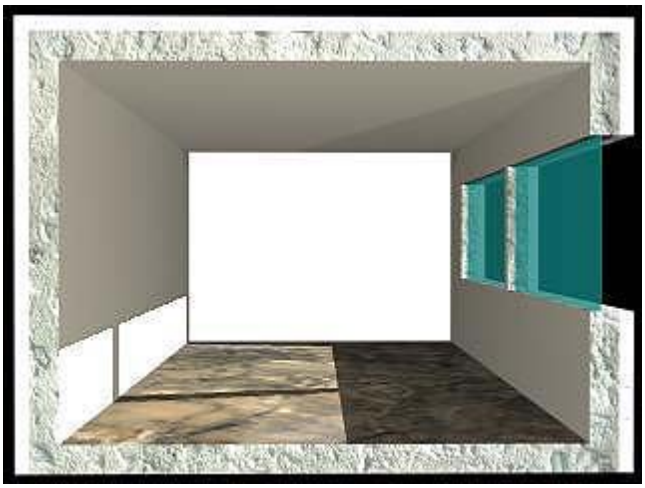
• **Ηλιακά αίθρια:** είναι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια.

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

## 3.2. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

### 3.2.1. Συστήματα Άμεσου κέρδους

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι το σύστημα άμεσου (ηλιακού) κέρδους, το οποίο δύναται να αξιοποιήσει, με άμεσο τρόπο, την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση, μέσω ανοιγμάτων κατάλληλου προσανατολισμού και διαστάσεων. Στην περίπτωση αυτή το κτήριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας.



*Εικόνα 3.1. Σύστημα άμεσου κέρδους*

Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες :
• **Προσανατολισμός**
• **Θέση ανοιγμάτων**
• **Μέγεθος ανοιγμάτων**

Ο ενδεδειγμένος προσανατολισμός των ανοιγμάτων μεγάλων διαστάσεων είναι ο νότιος (μεσημβρινός) με κάποια απόκλιση (έως 30°) προς την ανατολή ή τη δύση και των μικρότερων ανοιγμάτων ο βορινός, προκειμένου να αποφεύγεται η απώλεια ενέργειας.

Το σύστημα άμεσου (ηλιακού) κέρδους εκτός από τα ανοίγματα κατάλληλου προσανατολισμού και διαστάσεων προαπαιτεί:

- Την εξασφάλιση της απαιτουμένης θερμικής μάζας για τη συσσώρευση της συλλεχθήσας ηλιακής ενέργειας. Με άλλα λόγια τη χρήση δομικών υλικών υψηλής θερμοχωριτικότητας (όπως πέτρες, συμπαγή τούβλα, ή δοχεία που περιέχουν νερό ή άλλο υλικό (υλικό αλλαγής φάσης), τα οποία λειτουργούν ως αποθήκη θερμότητας που "γεμίζει" κατά τη διάρκεια της ημέρας και "αδειάζει" τη νύχτα, αποδίδοντας τη θερμική ενέργεια στο εσωτερικό του κτιρίου.
- Την κατάλληλη θερμική προστασία του κελύφους, στην οποία συμβάλλουν η θερμομόνωση των εξωτερικών τοιχοποιιών και τους δώματος, καθώς και η χρήση διπλών έναντι μονών υαλοπινάκων.
- Την απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες.

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 24ωρου.
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).

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 κτήριο 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%.

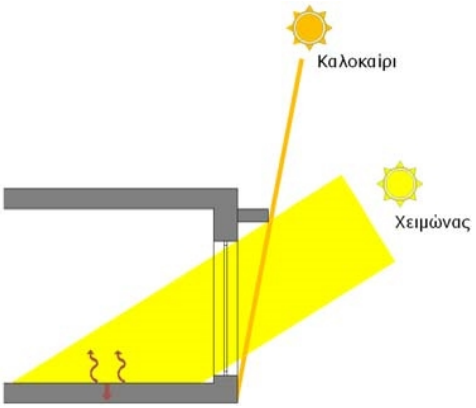
Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.

Δε 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.

#### 3.2.1.1. 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 κτήριο το χειμώνα και να αποτρέπεται το καλοκαίρι. Ο προσανατολισμός και η κατάλληλη ηλιοπροστασία συμβάλλουν σε αυτό.




*Σχήμα 3.2 Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους*

Η νότια πρόσοψη ή με απόκλιση 30ο ανατολικά ή δυτικά από το Νότο 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.

Μονώροφα κτήρια με μικρό βάθος, τοποθετημένα με την κύρια όψη τους στο Νότο, ή πολυώροφα κτήρια με νότια πρόσοψη ή κλιμακωτές διατάξεις κτιρίων, για να εκμεταλλεύονται το νότιο προσανατολισμό, είναι αρχιτεκτονικές συνθέσεις που ευνοούν την εφαρμογή του συστήματος άμεσου κέρδους. Επίσης το άνοιγμα πρέπει να τοποθετείται σε τέτοια θέση στην όψη του κτιρίου ώστε να δέχεται ηλιακή ακτινοβολία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διάρκεια. Παράθυρα οροφής, πριονωτές στέγες, φεγγίτες κλπ. εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία και συμβάλλουν στη διανομή της ακόμη και σε χώρους με δυσμενή προσανατολισμό (π.χ. βορινό).

Τα ανοίγματα που είναι προσανατολισμένα στο Νότο (ή ±30ο) δέχονται περίπου το 90% της ημερήσιας ακτινοβολίας, αλλά απαιτούν ηλιοπροστασία για την αποφυγή της υπερθέρμανσης τη θερινή περίοδο. Ανοίγματα σε ανατολικό, δυτικό προσανατολισμό συνεισφέρουν επίσης, αλλά σε μικρότερο βαθμό, στη θέρμανση του χώρου. Και σ' 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 τα ανοίγματα διατάσσονται με τέτοιο τρόπο στην όψη ώστε η θερμική μάζα για την αποθήκευση να δέχεται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία.

Δε θα πρέπει να παραβλέπεται και η συμβολή του ανοίγματος στην ποσότητα και ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού. Στοιχεία για τη χωροθέτηση και το μέγεθος του ανοίγματος με κριτήριο το φυσικό φωτισμό που παρέχεται στο χώρο, περιέχονται στο κεφάλαιο 6: φυσικός φωτισμός.

Ένταση της ημερήσιας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ($W/m^2$) σε επιφάνειες διαφορετικού προσανατολισμού ανά μήνα για περιοχή 40ο Γ.Π.

- *<u>στην ηλιοπροστασία:</u>* 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. Τα κριτήρια για την επιλογή της ηλιοπροστατευτικής διάταξης και η μεθοδολογία διαστασιολόγησης περιγράφονται στο κεφάλαιο 4: φυσικός δροσισμός της παρούσας τεχνικής οδηγίας και στην Τεχνική Οδηγία «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».

*Εικόνα 3.3 Σύστημα ηλιοπροστασίας*

- *<u>στην επιλογή του υαλοστασίου:</u>* 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. Ακόμη και η χρήση συμβατικών ρολών μειώνει τις θερμικές απώλειες από το άνοιγμα περίπου κατά 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 24ωρου, καθώς επιτρέπει, λόγω μεγέθους, αυξημένες θερμικές απώλειες τη νύχτα. Η χρησιμοποίηση συστημάτων αυτόματου ελέγχου βελτιώνει τη λειτουργία της κινητής μόνωσης των ανοιγμάτων, ιδιαίτερα σε κτήρια του τριτογενούς τομέα.

- *<u>στην απαίτηση για φυσικό φωτισμό του κτιρίου με σύγχρονη αποφυγή θάμβωσης</u>*, 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 παίρνεται υπόψη διαπερατότητά του στη φωτεινή ακτινοβολία και να συνεκτιμώνται το επίπεδο του φυσικού φωτισμού που παρέχεται και οι συνθήκες οπτικής άνεσης.

### 3.2.1.2. 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 ήδη έχει θερμανθεί. Γενικά, απαιτείται τετραπλάσια θερμική μάζα για να αποθηκεύσει την ίδια ποσότητα θερμότητας, αν αυτή θερμαίνεται έμμεσα από τον αέρα του δωματίου απ' ό,τι 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 και χαλιά από τους χρήστες, 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 τη βέλτιστη έχει το νερό.

- *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 αποθήκευση της θερμότητας και 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.

Δηλαδή: το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους» αποτελείται αφενός από νότια ανοίγματα ή μέχρι $30^{o}$ απόκλιση από το Νότο προς την Ανατολή ή τη Δύση, κατασκευασμένα έτσι ώστε να περιορίζουν τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον (σύμφωνα με τις προδιαγραφές για τη θερμική διαπερατότητα των διαφανών στοιχείων που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.) 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.

### 3.2.2. Συστήματα Έμμεσου κέρδους

### 3.2.2.1. Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι
• απλοί τοίχοι μάζας ( μη θερμοσιφωνικής ροής και χωρίς θυρίδες) συμπαγούς κατασκευής, είτε αποτελούμενοι από δοχεία νερού (τοίχος νερού), ή από υλικά αλλαγής φάσης
• τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe - Michel)
• θερμοσιφωνικό πανέλο /Τοίχος Barra Constantini

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκεθσης είναι νότιου προσανατολισμού και συνδυάζονται συνήθως με μια εξωτερική διάφανη επιφάνεια (συνήθως γυαλί) στην εξωτερική πλευρά του τοίχου σε απόσταση συνήθως 10cm. Η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου πρέπει να είναι σκουρόχρωμη ώστε να

μεγιστοποιεί την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο τοίχος κατασκευάζεται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για να διασφαλίζει χρονική υστέρηση τουλάχιστον 6h ώστε η εσωτερική του επιφάνεια να έχει τη μέγιστη θερμοκρασία στην αρχή της νύχτας.

**Τοίχος Trombe Michel**

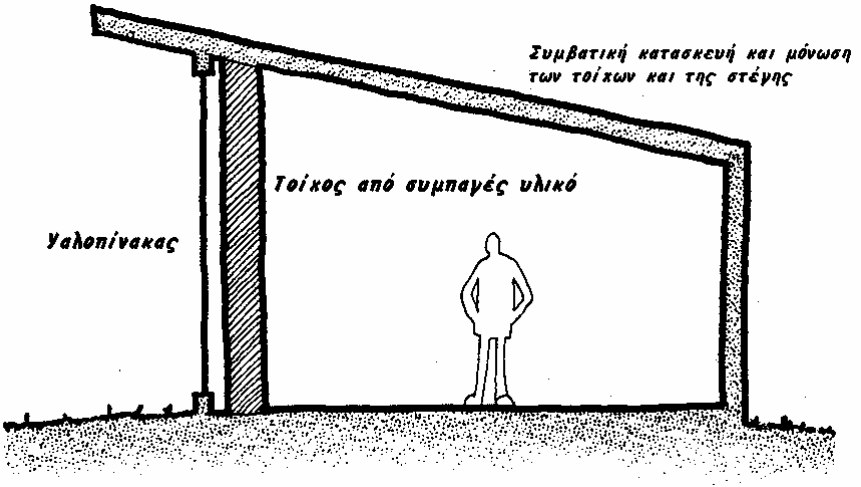
Οι τοιχοποιίες Trombe είναι παθητικά ενεργειακά συστήματα που χρησιμεύουν στην έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση των κτιρίων. Στη συνέχεια εξηγείται η λειτουργία των τοίχων Trombe, τόσο των απλών όσο και αυτών με ανοίγματα αερισμού. Επίσης, εκτίθενται τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους και δίνονται οδηγίες για την κατασκευή και εγκατάστασή τους.

Πρόκειται για συστήματα αποτελούμενα από ένα μονό ή διπλό υαλοπίνακα και ένα στοιχείο σε μορφή τοίχου παράλληλα και σε μικρή απόσταση από αυτόν. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από τον υαλοπίνακα και προσπίπτουν στο στοιχείο ακριβώς από πίσω του όπου απορροφώνται, ανεβάζοντας έτσι σταδιακά τη θερμοκρασία του. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, το ίδιο αυτό στοιχείο εμποδίζει την αντίστροφη ροή θερμότητας, δηλαδή, από τις εσωτερικές επιφάνειες των δομικών στοιχείων, δια μέσου των ανοιγμάτων, προς το περιβάλλον. Καθ' όλη δε τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, η αποθηκευμένη στη μάζα του στοιχείου θερμότητα απελευθερώνεται σιγάσιγά συμβάλλοντας έτσι καθοριστικά στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου. Δεδομένου ότι η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητά του, αυτή θα πρέπει να είναι μεγάλη. Για το σκοπό αυτό, ως στοιχεία αποθήκευσης θερμότητας χρησιμοποιούνται είτε κοινοί συμπαγείς τοίχοι από συμβατικά υλικά είτε δοχεία επίπεδης μορφής γεμάτα με νερό (water wall).
Ο βέλτιστος προσανατολισμός των τοίχων αποθήκευσης θερμότητας είναι προς Νότο. Πάντως, μικρές αποκλίσεις από την προς Νότο διεύθυνση δε συνεπάγονται δραματικές μεταβολές στην απόδοσή τους. Έτσι, απόκλιση μέχρι 15° συνεπάγεται απώλειες μέχρι 4 % ετησίως, ενώ απόκλιση μέχρι 30° συνεπάγεται απώλειες μέχρι 10 %. Πέραν όμως των 30° οι απώλειες αυξάνουν ταχύτερα, μέχρι περίπου το 50 % για απόκλιση 90°.

<u>Οι απλοί τοίχοι Trombe</u>

Από τους αρχαίους χρόνους οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τοίχους από πλίνθους ή πέτρες για να δεσμεύ-ουν την ενέργεια από ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την ελευθερώνουν σιγά σιγά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Στη σύγχρονη εποχή η παθητική ηλιακή αρχιτεκτονική έχει βελτιώσει αυτές τις αρχαίες τεχνικές με σύγχρονα συστήματα αποθήκευσης και εκμετάλλευσης της ενέργειας του ήλιου. Ο Edward Morse, στα τέλη του 19$^{ου}$ αιώνα (1885), υπήρξε ο πρώτος που μελέτησε τη χρήση συ-μπαγών τοίχων μεγάλης μάζας για την αποθήκευση θερμικής ενέργειας από τον ήλιο. Όμως, ανάλογα συστήματα έγιναν ευρύτερα γνωστά και δημοφιλή αργότερα, στα μέσα της δεκαετίας του '70, μετά από τις σχετικές μελέτες των Felix Trombe και Jacques Michel σε ένα κτίριο στο Odeillo της Γαλλίας. Ως τοιχοποιίες Trombe, από το όνομα του πρώτου Γάλλου ερευνητή, επικράτησε να ονομάζονται τα παθητικά συστήματα έμμεσης εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας όπου το στοιχείο αποθήκευσης της θερμότητας είναι τοίχος από συμβατικά υλικά (πέτρες, τούβλα, μπετόν). Αυτός είναι συνήθως σκούρος από την πλευρά του υαλοπίνακα ώστε να απορροφά καλύτερα τις ακτίνες του ήλιου που, ως θερμική ενέργεια, διαχέεται στη συνέχεια, με αγωγή, στο σύνολο της μάζας του (Σχήμα 1). Όσο παχύτερος είναι ο τοίχος τόσο μικρότερη είναι η διακύμανση της θερμοκρασίας στο χώρο του κτιρίου στον οποίο είναι εγκαταστημένος και τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος που απαιτείται για την αγωγή της θερμότητας από τη μία πλευρά του στην άλλη. Μάλιστα, είναι δυνατόν να υπολογιστεί το πάχος του ώστε η θερμότητα να φτάσει στην εσωτερική πλευρά του τοίχου όταν θα υπάρχει η μέγιστη ανάγκη (π.χ. τις απογευματινές και βραδινές ώρες). Οι τοίχοι Trombe αποτελούν ιδανικά συμπληρώματα των συστημάτων άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής

ενέργειας εφόσον η καθυστέρηση στη μεταβίβαση της θερμότητας δια μέσου της μάζας τους συνεπάγεται υ-στέρηση φάσης με τη θερμότητα που εισάγεται από τα ανοίγματα στο χώρο και προκαλεί συνεχόμενη ομαλή θέρμανσή του.



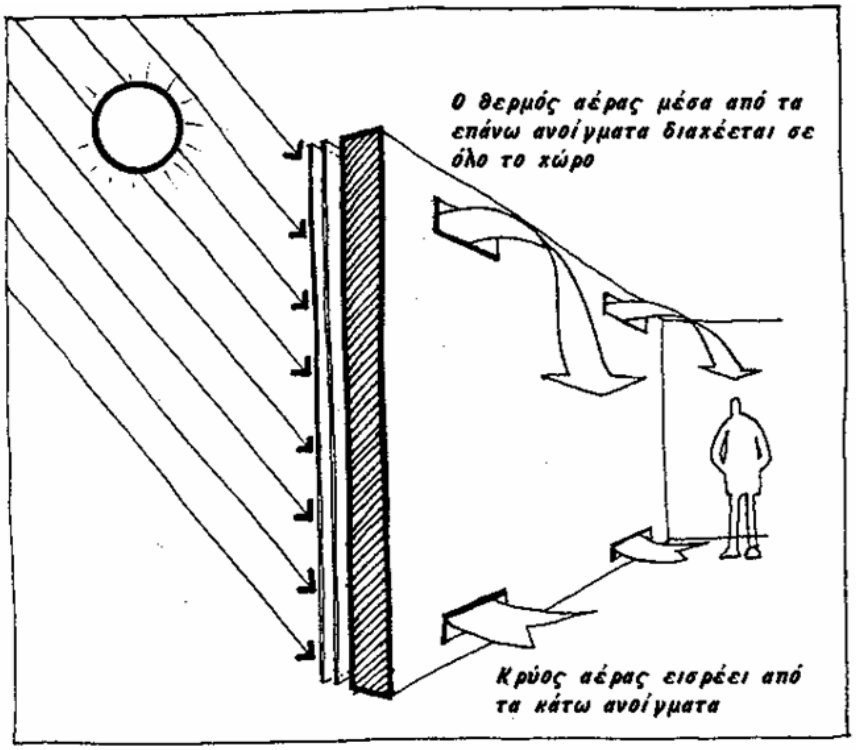

*Εικόνα 3.4 Σκαρίφημα όπου σημειώνονται τα κύρια στοιχεία ενός τοίχου Trombe. Η ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται μέσα από τον υαλοπίνακα και απορροφάται στην "εξωτερική" πλευρά του τοίχου. Στη συνέχεια, διαχέεται, με αγωγή, σε όλη τη μάζα του και ελευθερώνεται σιγά-σιγά στο χώρο διαμονής. Ο τοίχος Trombe πρέπει να είναι συμπαγής ενώ η θερμική συμπεριφορά του είναι ανεξάρτητη από τις θερμοχωρητικές ιδιότητες των άλλων δομικών στοιχείων.*

Τοίχοι Trombe με ανοίγματα αερισμού

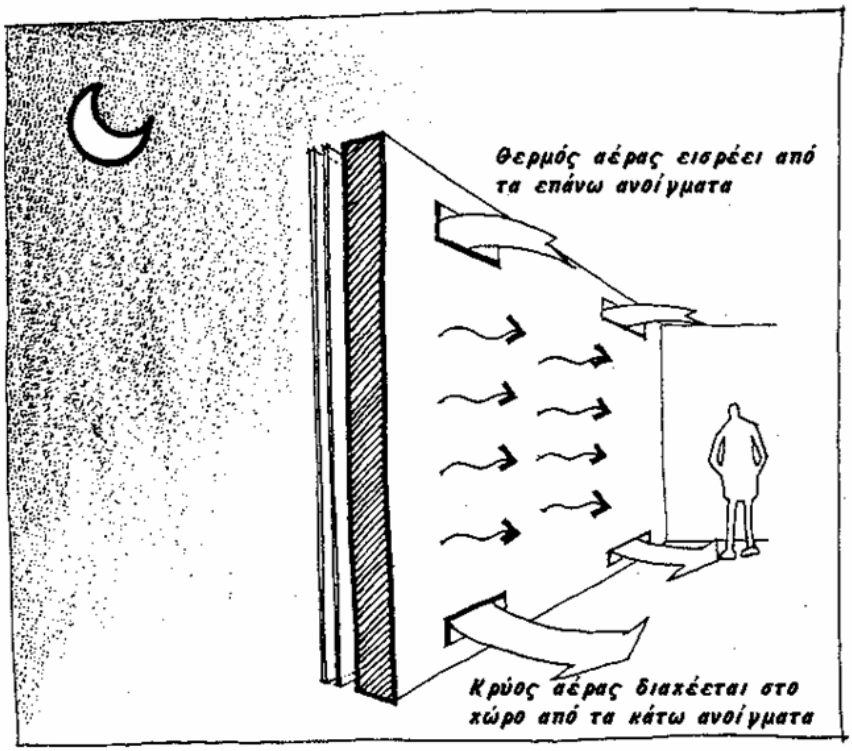
Αν το βασικό πλεονέκτημα του "συμβατικού" τοίχου Trombe είναι η θερμική του ευστάθεια, ένα από τα σχετικά μειονεκτήματά του είναι η βραδύτητα με την οποία αποθηκεύει τη θερμότητα. Συνήθως θα πρέπει να απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία όλη την ημέρα για να αποδίδει ικανοποιητική θερμότητα το βράδυ. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος, τόσο ως προς την ταχύτητα θέρμανσης του χώρου στον οποίο βρίσκεται εγκαταστημένο όσο και ως προς την ετήσια ενεργειακή απόδοσή του, αυξάνει με την τοποθέτηση ανοιγμάτων στην κορυφή και τη βάση του τοίχου. Τα ανοίγματα στην κορυφή επιτρέπουν στο θερμό αέρα μεταξύ του υαλοπίνακα και του τοίχου, που ανεβαίνει εξ αιτίας του θερμοσιφωνισμού, να διαχέεται σε όλο το χώρο ενώ παράλληλα, από τα ανοίγματα στη βάση, αντικαθίσταται διαρκώς από τον ψυχρότερο αέρα στα κατώτερα στρώματα του χώρου (Σχήμα 2α). Το αποτέλεσμα είναι η ταχύτερη θέρμανση του χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας και μέχρι να αρχίσει να αποδίδει η διαδικασία ελευθέρωσης της αποθηκευόμενης θερμότητας. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η θερμοκρασία της προς τον υαλοπίνακα πλευράς του τοίχου καθώς και του σε επαφή λεπτού στρώματος αέρα μέχρι τον υαλοπίνακα, πέφτει κάτω από τη θερ-μοκρασία στο εσωτερικό του χώρου. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αντίστροφη κυκλοφορία του αέρα, με τον ψυχρό και πυκνότερο αέρα στο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα στρώμα να διαχέεται στο χώρο από τα ανοίγματα στη βάση του τοίχου και, παράλληλα, να αντικαθίσταται συνεχώς με θερμότερο, από τα ανοίγματα στην κορυφή (Σχήμα 2β). Η διαδικασία αυτή, που συνεπάγεται συνεχή ψύξη του χώρου, δυστυχώς αναιρεί την ωφέλεια από τη διάχυση του θερμού αέρα. Σε αρκετές περιπτώσεις έχει υπολογιστεί ότι ο τοίχος Trombe με συνεχώς ανοικτά τα ανοίγματα αερισμού είναι δυσμενέστερος από τον απλό τοίχο (χωρίς ανοίγματα) για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων και, πάντως, το κέρδος που προκύπτει από την κατασκευή ανοιγμάτων σε τοίχους Trombe είναι συνολικά μικρό σε ετήσια βάση. Εξ αιτίας αυτού του λόγου, αλλά και μία σειρά από μειονεκτήματα στα οποία γίνεται αναφορά αργότερα, τα ανοίγματα αερισμού στους τοίχους Trombe δεν προτιμώνται σε κτίρια κατοικίας.

Η παρεμπόδιση της αντίστροφης κυκλοφορίας του αέρα, στο μέτρο που αυτή είναι ανεπιθύμητη, επιτυγχάνεται με μεθόδους φραγής είτε των επάνω είτε των κάτω ανοιγμάτων του τοίχου. Σχετικά, η χρήση καλυμμάτων που ανοιγοκλείνουν με τη μεσολάβηση των ενοίκων δεν ενδείκνυται, ως δύσχρηστη και αναξιόπιστη λύση. Δεν είναι τόσο η απαίτηση παρουσίας των ενοίκων τις κατάλληλες

ώρες για να χειριστούν τα καλύμματα όσο κυρίως το γεγονός ότι χωρίς κατάλληλους αισθητήρες (π.χ. καπνός) είναι πρακτικά αδύνατο αυτοί να εντοπίσουν τη φορά κυκλοφορίας του αέρα και να πράξουν ανάλογα. Η πιο πρακτική και ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η εφαρμογή καλυμμάτων από λεπτά και ελαφρά φύλλα που, κρεμασμένα στην επάνω εσωτερική πλευρά των ανοιγμάτων στην κορυφή, λειτουργούν ως βαλβίδες, επιτρέποντας μόνο την επιθυμητή κυκλοφορία του αέρα (Σχήμα 3). Πάντως, για την παρεμπόδιση της υπερθέρμανσης του χώρου, π.χ. κατά τη θερινή περίοδο, τα ανοίγματα αερισμού θα πρέπει να κλείνουν και επιπλέον να λαμβάνονται μέτρα ηλιοπροστασίας του τοίχου (π.χ. σκίαστρα).

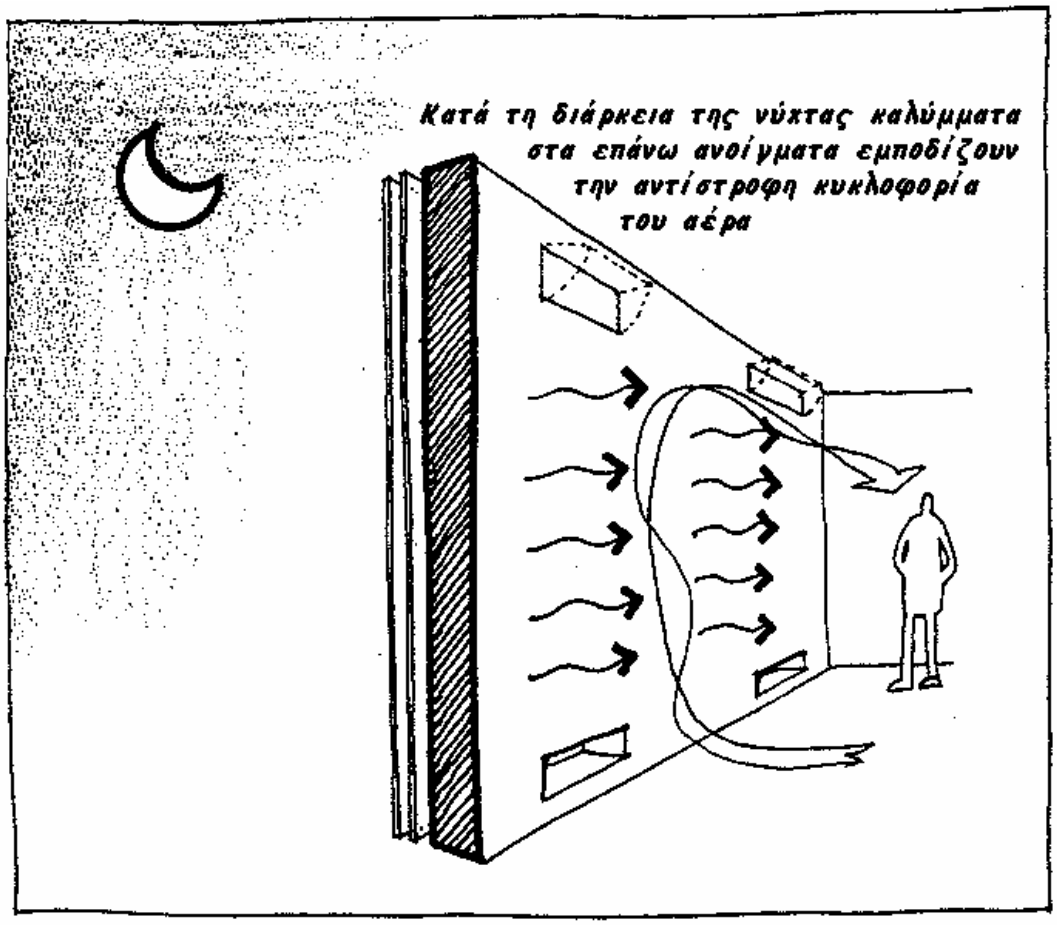



a




b

*Εικόνα 3.5: Τοίχοι Trombe με ανοίγματα. (a) κατά τη διάρκεια της ημέρας ο αέρας που θερμαίνεται μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα διαχέεται, από τα επάνω ανοίγματα στο χώρο και το θερμαίνει συντομότερα. (b) κατά τη διάρκεια της νύχτας ο αέρας ακολουθεί αντίστροφη πορεία που συνεπάγεται ψύξη του χώρου.*




*Εικόνα 3.6 : Τοίχος Trombe με καλύμματα στα επάνω ανοίγματα. Η καλύτερη λύση είναι η εγκατάσταση ελα-φρών καλυμμάτων που κλείνουν αυτόματα σαν βαλβίδες και δεν θα επιτρέπουν την ανεπιθύμητη κυκλοφορία του αέρα.*

Οι διαστάσεις των ανοιγμάτων αερισμού των τοίχων Trombe υπολογίζονται σε συνάρτηση με τον προσδοκώμενο Συντελεστή Εκμετάλλευσης της Ηλιακής Ενέργειας (SSF). Ειδικότερα, για SSF μέχρι 25 % η επιφάνεια των ανοιγμάτων στην κορυφή θα πρέπει να είναι περίπου το 3 % της συνολικής επιφάνειας του τοίχου. Για SSF μεταξύ 25 και 50 % το αντίστοιχο ποσοστό είναι 2 %. Για SSF μεταξύ 50 και 75 % το ποσοστό πέφτει στο 1% ενώ, τέλος, για SSF μεγαλύτερο του 75 % δεν ενδείκνυται η κατασκευή ανοιγμά-των. Τα ανοίγματα στη βάση θα πρέπει να έχουν ίση επιφάνεια με τα ανοίγματα στην κορυφή.

Αν με τα ανοίγματα αερισμού στους τοίχους Trombe και με έλεγχο της κυκλοφορίας του αέρα δια μέσου αυτών επιτυγχάνεται ελαφρά αύξηση της ετήσιας θερμαντικής απόδοσής τους, το κόστος κατασκευής αφενός και ο κίνδυνος υπερθέρμανσης κατά τη διάρκειας της θερμής περιόδου αφετέρου αποτελούν αρνητικά χαρακτηριστικά του συστήματος. Για το λόγο αυτό εναλλακτικά της χρήσης ανοιγμάτων αερισμού πολλοί σχεδιαστές συνδυάζουν τμήματα απλής τοιχοποιίας Trombe με απλά ανοίγματα άμεσης εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η συγκεκριμένη λύση αυξάνουν αν με σωστή επιλογή της θέσης εγκατάστασης των συστημάτων ευνοούνται οι χώροι του κτιρίου ανάλογα με το χρόνο χρήσης τους (π.χ. άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας στα δωμάτια διημέρευσης και τοίχοι Trombe στα υπνοδωμάτια).

Το κύριο πλεονέκτημα των τοίχων Trombe με ανοίγματα αερισμού, δηλαδή η ταχύτητα στη θέρμανση του χώρου, μπορεί να επιτευχθεί και με τη μικτή εφαρμογή συστημάτων άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας και κοινών τοίχων Trombe. Όπως εξηγήθηκε, ο τοίχος Trombe χωρίς ανοίγματα αερισμού συνεπάγεται διαφορά φάσης στη θέρμανση του εσωτερικού χώρου του κτιρίου έναντι της

θέρμανσης που επιτυγχάνεται με την άμεση είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από ανοίγματα στο κέλυφός του. Ο συνδυασμός κοινών τοίχων Trombe και κοινών ανοιγμάτων με υαλοπίνακες στον ίδιο χώρο περιορίζει πολλά από τα προβλήματα που συνδέονται με τους τοίχους Trombe με ανοίγματα αερισμού. Έτσι, για παράδειγμα, εξαφανίζονται τα αντιαισθητικά ανοίγματα και τα καλύμματά τους στους τοίχους και δεν συσσωρεύεται σκόνη στην μεταξύ του τοίχου και υαλοπίνακα περιοχή στην οποία συνεχώς κυκλοφορεί αέρας. Εξάλλου, τα κοινά ανοίγματα στο κέλυφος είναι απαραίτητα για το φυσικό φωτισμό στο εσωτερικό του κτιρίου και τη θέα ενώ, επιπλέον, συμβάλλουν εποικοδομητικότερα έναντι των συμπαγών τοίχων στην αισθητική του κτιρίου.

Αντίθετα με τους κοινούς τοίχους Trombe, η χρήση τοίχων Trombe με ανοίγματα αερισμού σε συνδυασμό με ανοίγματα για άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας στον ίδιο χώρο συνεπάγεται έντονες μεταβολές θερμοκρασίας στο εσωτερικό του που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι ιδιαίτερα ενοχλητικές.

Επίστρωση της εξωτερικής επιφάνειας των τοίχων Trombe

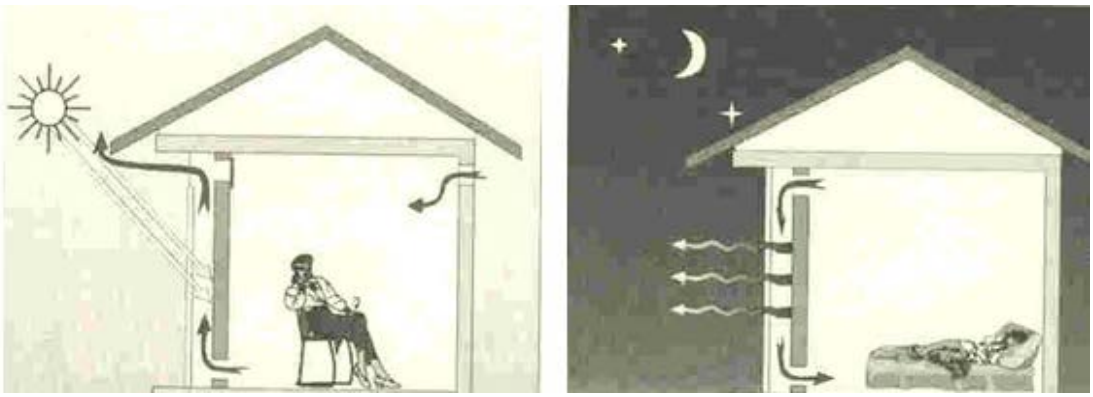
Η απόδοση των τοίχων αποθήκευσης θερμότητας εξαρτάται καθοριστικά από την απορροφητική ικανότητα της επιφάνειας της προσανατολισμένης προς τις ηλιακές ακτίνες. Όσο η απορροφητική ικανότητα της επιφάνειας αυτής μικραίνει τόσο περιορίζεται η ενεργειακή απόδοση του συστήματος. Σαν συνέπεια επιβάλλεται η επιλογή σκούρων χρωμάτων με υψηλό συντελεστή απορρόφησης για το χρωματισμό αυτής της επιφάνειας. Αντίθετα, η εσωτερική πλευρά του τοίχου, από την οποία αποδίδεται θερμική ενέργεια, θα πρέπει να είναι χρωματισμένη με ανοιχτά χρώματα ώστε να έχει υψηλό συντελεστή ακτινοβολίας.

Σε όλους τους τοίχους Trombe, αλλά κυρίως στους κοινούς (χωρίς ανοίγματα αερισμού), η ακτινοβολία του τοίχου προς την πλευρά του υαλοπίνακα συνεπάγεται σημαντικές απώλειες θερμικής ενέργειας. Περιορισμός αυτών των απωλειών επιτυγχάνεται με την επίστρωση της αντίστοιχης επιφάνειας με υλικό που δε ακτινοβολεί έντονα. Καταλληλότερο για την περίπτωση έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα μαύρο μεταλλικό φύλλο που λόγω χρώματος (μαύρο) απορροφά το σύνολο του ορατού φάσματος και λόγω υλικού (μέταλλο) απορροφά επίσης σε μεγάλο τμήμα του υπεριώδους φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Παρόμοια μεταλλικά φύλλα, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται και στους ηλιακούς θερμοσίφωνες, αποδεικνύεται ότι αυξάνουν εξαιρετικά τη θερμική απόδοση των τοίχων Trombe, κυρίως των κοινών. Επίσης, η εφαρμογή τους απαλλάσσει από την ανάγκη λήψης μέτρων περιορισμού της νυκτερινής ακτινοβολίας προς το περιβάλλον, μέτρων που επιπλέον έχουν το μειονέκτημα ότι απαιτούν την παρουσία των ενοίκων ή την εγκα-τάσταση μηχανισμών για το χειρισμό τους. Στους τοίχους Trombe με ανοίγματα αερισμού η εφαρμογή παρόμοιων υλικών έχει επίσης ευεργετικά αποτελέσματα αλλά λιγότερο σημαντικά εξ αιτίας του γεγονότος ότι στην περίπτωση αυτή ένα μέρος των απωλειών οφείλεται σε μεταφορά, και όχι σε ακτινοβολία, καθώς και στο ότι συχνά συσσωρεύεται σκόνη που υποβαθμίζει τις απορροφητικές ιδιότητες της επίστρωσης και αυξάνει την ακτινοβολούμενη ενέργεια.

Στοιχεία της κατασκευής των τοίχων Trombe

Κατασκευαστικά, οι τοίχοι Trombe αποτελούν τμήμα του κελύφους του κτιρίου. Αυτοί μπορεί να είναι είτε μέρος του φέροντα οργανισμού του είτε απλά τοίχοι πλήρωσης. Συνηθέστερα υλικά για την κατασκευή τους είναι το μπετόν, τα συμπαγή τούβλα και οι πέτρες. Στους τοίχους από τούβλα και πέτρες απαιτείται προσοχή στην πλήρωση των αρμών με συνδετικό κονίαμα ώστε να αποφεύγονται τα κενά που λειτουργούν ως εμπόδια στην αγωγή της θερμότητας. Για τον ίδιο λόγο δεν είναι σωστό να χρησιμοποιούνται διάτρητα τούβλα. Το βέλτιστα πάχη των τοίχων Trombe κυμαίνονται μεταξύ 25 και 40 εκ., ανάλογα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι και από το αν έχουν ανοίγματα

αερισμού ή όχι. Όμως, η απόδοση μετα-βάλλεται σχετικά λίγο για αποκλίσεις μέχρι 20 % από τις βέλτιστες τιμές. Έτσι, για λόγους απλότητας αλλά και ευκολίας στην κατασκευή, το συνηθέστερα προτεινόμενο πάχος για όλα τα υλικά κατασκευής είναι αυτό του υπερμπατικού τοίχου των 30 εκ. Σε κτίρια που χρησιμοποιούνται μόνο την ημέρα και κατά συνέπεια δεν χρειάζονται θέρμανση κατά τη διάρκεια της νύχτας, μπορεί να χρησιμοποιηθούν και μικρότερα πάχη που παρέχουν ταχύτερη θέρμανση. Για τους τοίχους Trombe χωρίς ανοίγματα αερισμού η απόσταση μεταξύ του τοίχου και του υαλοπίνακα δεν έχει ιδιαίτερη σημασία ( περίπου 2 με 3 εκ. είναι αρκετά). Σε τοίχους όμως με ανοίγματα αερισμού η απόσταση αυτή θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 15 εκ. ώστε να κυκλοφορεί ανεμπόδιστα ο αέρας.
Σε κτίρια εξοπλισμένα με τοιχοποιίες Trombe, στο μέτρο που οι διαδικασίες αποθήκευσης και απόδοσης της θερμικής ενέργειας από τον ήλιο λαμβάνουν χώρα στα συγκεκριμένα στοιχεία, δεν έχει ιδιαίτερη ση-μασία και δεν αξίζει να απασχολεί το σχεδιασμό και την κατασκευή η θερμοχωρητική συμπεριφορά των υπόλοιπων δομικών στοιχείων.
Το καλοκαίρι βασική προϋπόθεση καλής λειτουργίας είναι ο τοίχος να σκιάζεται με σταθερό ή κινούμενο σκίαστρο και ο φεγγίτης στο πάνω μέρος του υαλοστασίου να ανοίγει για να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση του θερμού αέρα.



*Εικόνα 3.7 Λειτουργία τοίχου Trombe το καλοκαίρι*

Επειδή γενικά στους χώρους όπου βρίσκονται εγκαταστημένοι τοίχοι Trombe οι απώλειες ακτινοβολίας από τα ανοίγματα είναι περιορισμένες, η θερμική μόνωση ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι λιγότερο σημαντική στο ετήσιο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου και τις συνθήκες άνεσης των ενοίκων, σε σύγκριση με τα συστήματα άμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Εξάλλου, η εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση διατάξεων που εμποδίζουν την ακτινοβολία προς το περιβάλλον κατά τη διάρκεια της νύχτας (π.χ. κουρτίνες) στους τοίχους Trombe δεν είναι εύκολη. Εναλλακτικά, συνιστάται η εφαρμογή κατάλληλης επίστρωσης, όπως περιγράφηκε νωρίτερα, στην εξωτερική τους επιφάνεια που δεν ακτινοβολεί έντονα τη θερμική ενέργεια.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τοίχων Trombe

Οι τοίχοι 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 εγκαταστημένα 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 αυτός 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 την απόδοση του συστήματος. Το διάστημα μεταξύ του τοίχου και του υαλοπίνακα είναι πολύ στενό και μη επισκέψιμο. Για οποιαδήποτε επέμβαση στο συγκεκριμένο χώρο (καθάρισμα, βάψιμο κλπ) θα πρέπει να προβλεφθεί η δυνατότητα μετακίνησης του υαλοπίνακα. Σχετικά, οι συρόμενοι υαλοπίνακες αποτελούν μία 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.

#### 3.2.2.2. Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος

*Εικόνα 3.8 Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο*

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. 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.

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 ±30ο), 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 $10^{o}$C όταν η εξωτερική είναι $0^{o}$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 θερμοσιφωνισμό (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 <u>απευθείας εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτήριο</u>, 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.

- <u>Η μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον εσωτερικό χώρο</u> (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.

- <u>Η μετάδοση της θερμότητας με αγωγιμότητα μέσα από τους κοινούς τοίχους θερμοκηπίου του κτιρίου</u> 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 κι 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 νυχτερινή θερμομόνωση του διαχωριστικού τοίχου, τόσο του διαφανούς όσο και του αδιαφανούς τμήματος όταν δεν είναι θερμομονωμένο.

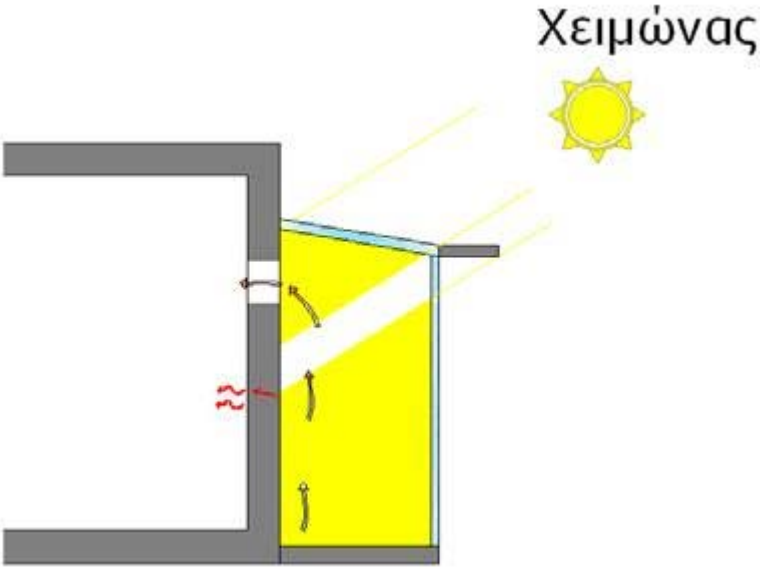
- Η μετάδοση της θερμότητας με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) μπορεί να συνδυαστεί και με σύστημα σωληνώσεων που οδηγεί τον θερμό αέρα σε χώρο με θραυστό υλικό (rock bed, lit de pierres), όπου και αποθηκεύεται η θερμότητα και αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο με ακτινοβολία ή μεταφορά.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

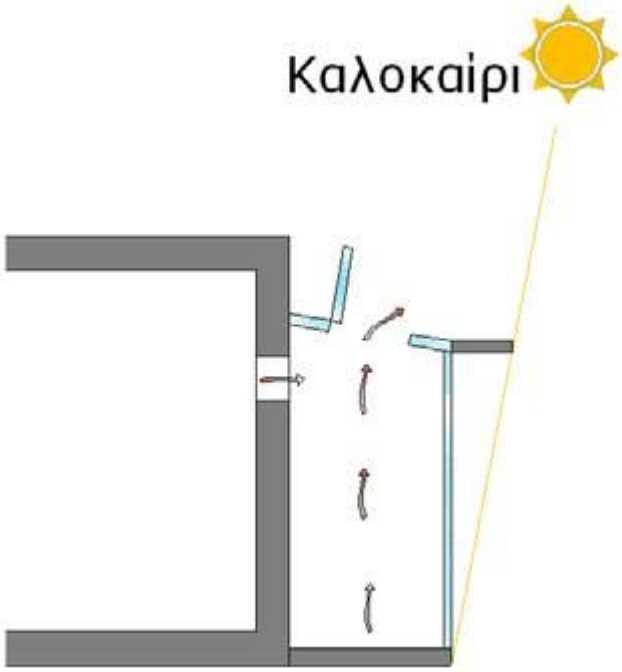
**Η ηλιοπροστασία του θερμοκηπίου** είναι απαραίτητη και μπορεί να συνδυαστεί και με τα συστήματα νυχτερινής μόνωσης. Η ηλιοπροστασία αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και στο σύστημα του άμεσου κέρδους και η μεθοδολογία υπολογισμού αναφέρεται στο Τεχνική Οδηγία «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές 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 $CO_2$ 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.

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτιρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου, θεωρείται ως εξωτερική επιφάνεια του κελύφους προς μη θερμαινόμενο χώρο.




*Εικόνα 3.9 Λειτουργία του θερμοκηπίου το χειμώνα*




*Εικόνα 3.10 Λειτουργία του θερμοκηπίου το καλοκαίρι*

### 3.2.2.3. Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Πρόκειται για τοίχο νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως ±30ο, με υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (συνήθως τούβλο), εξωτερικά του οποίου τοποθετείται διαφανής μόνωση χωρίς επίχρισμα (Σχήμα 3.8). Η εξωτερική παρειά του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα. Ουσιαστικά πρόκειται για τοίχο μάζας, ο οποίος όμως θερμομονώνεται. Με αυτό 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, αυξάνουν τα καθαρά κέρδη, σε σχέση με τον τοίχο μάζας.

Η διαφανής μόνωση είναι θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, τα χαρακτηριστικά της οποίας αναφέρθηκαν στην § 3.4.1. Λόγω της δομής της, επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να διαπεράσει τη

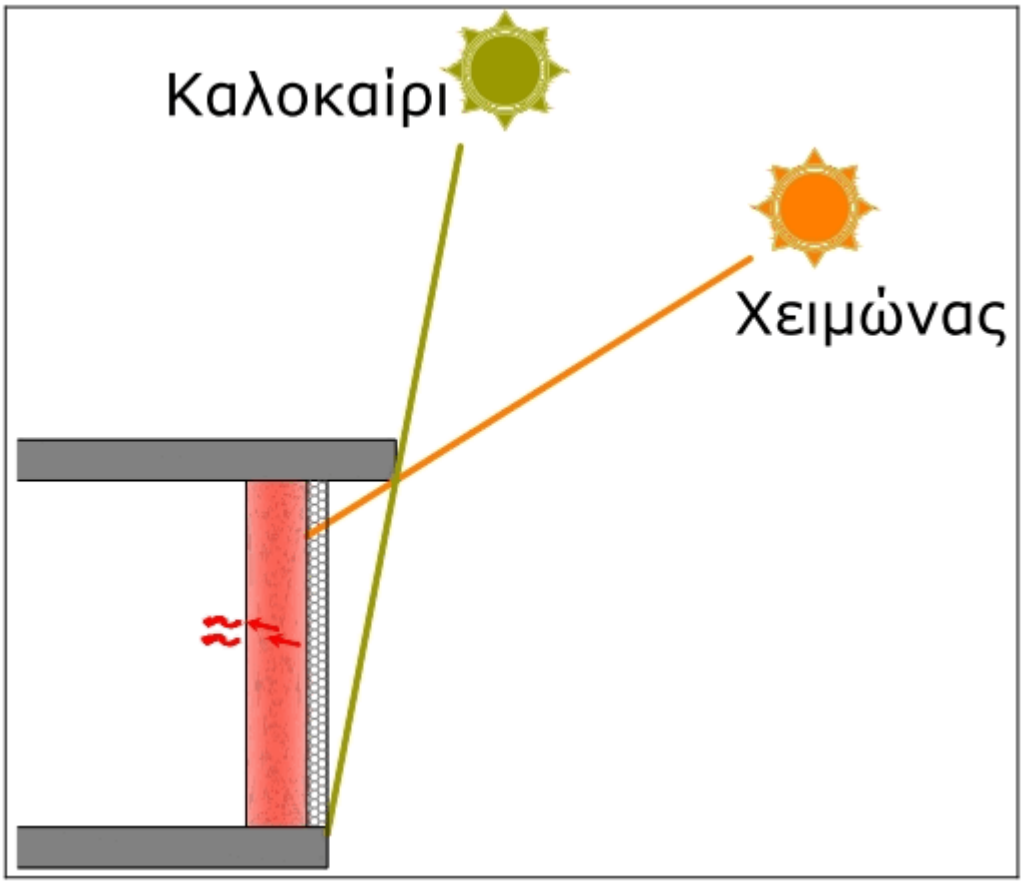
μάζα της, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται ηλιακά κέρδη, μικρότερα σε σχέση με τα ηλιακά κέρδη καθαρού τζαμιού, με πολύ μικρότερες όμως θερμικές απώλειες. Έχει μεγάλη απόδοση, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρότερους μήνες και δεν απαιτεί αυτοματισμούς ή τη συμμετοχή του χρήστη για την ορθή θερμική λειτουργία 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. Ως προς τη χειμερινή του λειτουργία, δε χρειάζεται νυχτερινή θερμική προστασία.

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

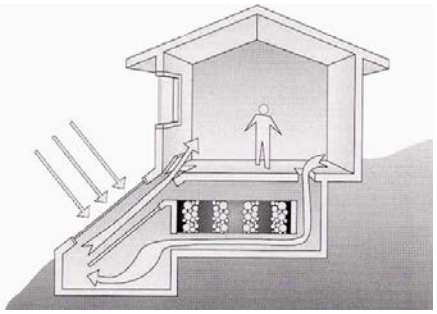
- Τον προσανατολισμό και τη σκίαση του τοίχου από τον περιβάλλοντα χώρο, προεξοχές του κτιρίου ή/και εξωτερικά σκίαστρα

- 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 την θερμοπερατότητα.




*Εικόνα 3.11 Λειτουργία αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση*

### 3.2.3. Συστήματα απομονωμένου κέρδους



*Εικόνα 3.12 Σύστημα απομονωμένου κέρδους*

Στα συστήματα απομονωμένου κέρδους η επιφάνεια ηλιοσυλλογής δεν βρίσκεται σε επαφή με τον χώρο που επιθυμούμε να θερμάνουμε. Μεταξύ αυτής της επιφάνειας και το χώρο διαβίωσης υπάρχει ένας μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας όπως για παράδειγμα ένας ανεμιστήρας.
Στα πραγματικά παθητικά ηλιακά συστήματα η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με μη μηχανικά μέσα και βασίζεται κυρίως στην άνωση , μεταγωγή και ακτινοβολία της θερμότητας. Παράδειγμα απομονωμένου κέρδους είναι το θερμοσιφωνικό πανέλο και το rock bed.

## Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης

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 κτήριο, ανήκει στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών 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). Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως ±30ο από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση τις 30-40ο για τον ελλαδικό χώρο. Χαρακτηριστικό είναι ότι επειδή απομονώνεται εύκολα από το κτήριο 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 (2-5cm) μπροστά από μεταλλική επιφάνεια, σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτήριο 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 20-30cm. 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 κατώτατη θυρίδα του όπου θερμαίνεται, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο από την ανώτατη θυρίδα του.

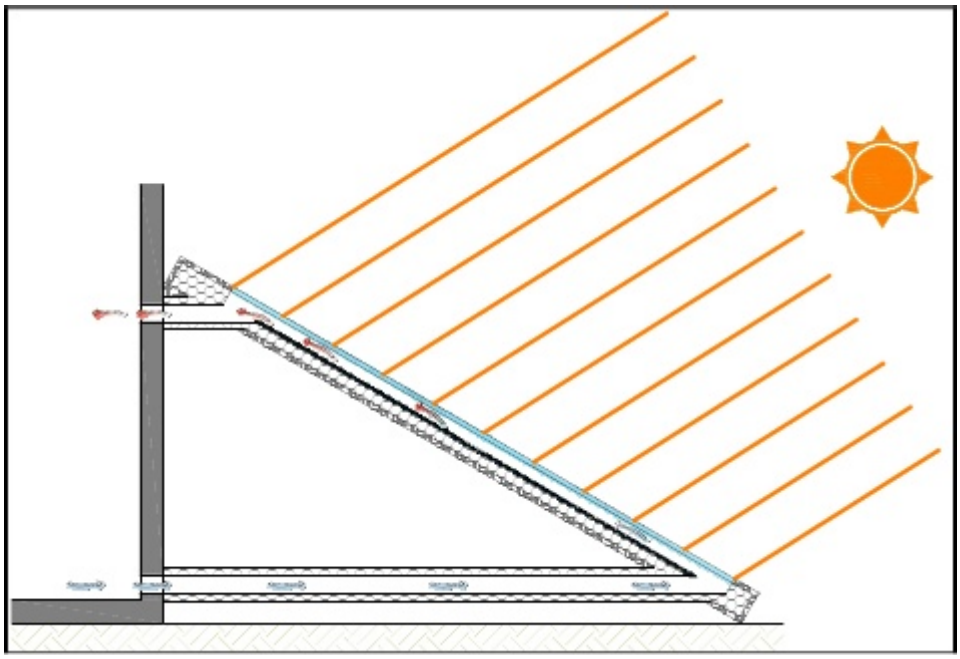
Η απόδοση του θερμοσιφωνικού πανέλου αυξάνεται με τη χρήση διπλών υαλοπινάκων στο συλλέκτη, σε σχέση με απλούς υαλοπίνακες, ιδιαίτερα για τα πιο ψυχρά κλίματα. Το βέλτιστο μήκος του συλλέκτη έχει εκτιμηθεί στα 3m (Norton & Probert, 1984).

Το θερμοσιφωνικό πανέλο ενδείκνυται για χώρους που χρειάζονται άμεση απόδοση θερμότητας από τα ηλιακά κέρδη, όπως χώρους γραφείων, σχολικές αίθουσες κοκ. Το πλεονέκτημά του, σε σχέση με το άμεσο κέρδος που, επίσης, αποδίδει άμεσα θερμότητα στο χώρο, είναι ότι αποφεύγεται η θάμβωση από μεγάλους υαλοπίνακες, η υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, καθώς κι οι αυξημένες απώλειες θερμότητας τη νύχτα. Εκτός αυτού, τη θερινή περίοδο, μπορεί να αποκόπτεται θερμικώς από το

κτήριο (κλείσιμο των θυρίδων, σκίαση του πανέλου, άνοιγμα του υαλοπίνακα στο ανώτατο και κατώτερο μέρος του), αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.

Το κλείσιμο των θυρίδων είναι επίσης πολύ σημαντικό τη νυχτερινή περίοδο, προς αποφυγή θερμικών απωλειών. Κάτι τέτοιο καθιστά την εφαρμογή συστήματος αυτοματισμών σχεδόν επιτακτική, προς αποφυγή δυσλειτουργίας του συστήματος από αμέλεια των χρηστών.

Σε περίπτωση που τοποθετείται κεκλιμένα, το θερμοσιφωνικό πανέλο έχει καλύτερη απόδοση αλλά χρειάζεται περισσότερο ελεύθερο χώρο. Προσαρτημένο κατακόρυφα στον τοίχο μπορεί να εναρμονισθεί αισθητικά με το κτήριο πιο εύκολα.



*Εικόνα 3.13 Λειτουργία του θερμοσιφωνικού πανέλου*

## 3.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων

**Σύστημα άμεσου κέρδους**

Πλεονεκτήματα

- Το χαμηλό κόστος: τα υαλοστάσια είναι ένας σχετικά οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη
- Η ευκολία κατασκευής: Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί η σωστή χωροθέτηση των ανοιγμάτων. Δεν απαιτείται πρόσθετη μάζα θερμικής αποθήκευσης, για συμμετοχή έως 25% της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση του χώρου. Ο έως σήμερα τρόπος κατασκευής των κτιρίων στην Ελλάδα παρέχει την απαραίτητη θερμική μάζα για τη λειτουργία του συστήματος.
- Τα συνδυασμένα οφέλη: Τα γυάλινα ανοίγματα συμβάλλουν σε πολλές ταυτόχρονα λειτουργίες, επιτρέποντας την είσοδο του φυσικού φωτός στο κτήριο και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Μειονεκτήματα

- Ο κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα.

- Η είσοδος υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μπορεί να αλλοιώσει υφάσματα και αντικείμενα.
- Οι σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας που εμφανίζονται εάν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.
- Η μείωση της 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 τη μείωση των θερμικών απωλειών.

**Συστήματα έμμεσου κέρδους**

**Τοίχος θερμικής αποθήκευσης**

Πλεονεκτήματα

- Θάμβωση και κίνδυνος αλλοίωσης υφασμάτων από υπεριώδη ακτινοβολία δεν υπάρχει.
- Οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι σχετικά μικρές (μικρότερες από ό,τι στο σύστημα άμεσου κέρδους).
- Η μεγάλη χρονική καθυστέρηση για τη μετάδοση της θερμότητας, που έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα να αποδίδεται κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν είναι 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.

**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 κτήρια.
- 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 προβλεφθεί.

- Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως για το καλοκαίρι, εάν δε ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ηλιοπροστασίας και αερισμού.

**Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση**

Πλεονεκτήματα

- Έχει μεγαλύτερη απόδοση, σε σχέση με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης.
- Δεν απαιτείται επιπλέον νυχτερινή μόνωση.
- Τα πλεονεκτήματα που αναφέρονται στον τοίχο θερμικής αποθήκευσης (§ 3.5.2)

Μειονεκτήματα

- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
- Πρόκειται για μια μη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στη χώρα μας.

**Συστήματα απομονωμένου κέρδους**

**Θερμοσιφωνικό πανέλο**

Πλεονεκτήματα

- Προσαρμόζεται εύκολα και σε υφιστάμενα κτήρια με νότιο προσανατολισμό.
- Αποδίδει άμεσα θερμότητα στους χώρους, αποφεύγοντας τη θάμβωση.
- Τη θερινή περίοδο μπορεί εύκολα να αποκοπεί θερμικά από το κτήριο, αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.

Μειονεκτήματα

- Όταν τοποθετείται με κλίση είναι σχετικά δύσκολη η αισθητική του εναρμόνιση με το κτήριο.
- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψη.
- Πρόκειται για μια μη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στη χώρα μας.

## 3.4. Επιλογή παθητικού συστήματος θέρμανσης

Η επιλογή του παθητικού ηλιακού συστήματος εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη λειτουργικότητα του κτιρίου και τα αναμενόμενα ενεργειακά αποτελέσματα, όπως θα προκύψουν μετά από τους σχετικούς υπολογισμούς, σε συνδυασμό με το κόστος και την απόσβεση της επί πλέον δαπάνης.
Συνήθης πρακτική είναι να συνυπάρχει το σύστημα του άμεσου κέρδους, το οποίο είναι απαραίτητο και για το φυσικό φωτισμό του χώρου, μαζί με κάποιο από τα άλλα παθητικά συστήματα (Εικόνες 3.14, 3.15 και 3.16).

*Εικόνα 3.14. Το ηλιακό χωριό στη Λυκόβρυση Αττικής. Εφαρμόστηκε πληθώρα ηλιακών συστημάτων με στόχο την αξιολόγησή τους.*

*Εικόνα 3.15 Κατοικία στη Λευκάδα. Μεγάλα ανοίγματα, έλεγχος ηλιασμού (βάση εποχής) μέσω προβόλων, θερμική μάζα, φυσικός αερισμός (αρχιτεκτονική μελέτη: Κ. Γράψας 2007)*

*Εικόνα 3.16 Συγκρότημα κατοικιών στο Λουγκάνο της Ελβετίας. Η νότια όψη διαμορφώνεται με κατακόρυφους αεροσυλλέκτες*

## 3.5. 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.

Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι **διαφανή υλικά** (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα παθητικό σύστημα είναι:

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

Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι:

- Οι υαλοπίνακες
- Τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά)
- Η διαφανής θερμομόνωση

**Οι υαλοπίνακες** είναι άκαμπτοι, εμφανίζουν αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις. Μειονέκτημα είναι το βάρος και η μικρή αντοχή τους σε μηχανική κρούση,

εκτός εάν έχουν υποστεί ανάλογη επεξεργασία (π.χ. υαλοπίνακες ασφαλείας -τύπου "securit"). Το κοινό γυαλί έχει διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία από 0,78 - 0,91, ανάλογα με την ποιότητα και το πάχος του. Εάν χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί υαλοπίνακες, μειώνεται η διαπερατότητα του συστήματος, αλλά βελτιώνεται σημαντικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Ανακλαστικοί και απορροφητικοί υαλοπίνακες με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας αντίστοιχα, πρέπει να χρησιμοποιούνται με σύνεση στα παθητικά ηλιακά συστήματα, γιατί μειώνουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο χώρο. Αντίθετα, ενδείκνυνται υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμψιμότητας (low emissivity ή low-e), κατάλληλα τοποθετημένοι, οι οποίοι περιορίζουν τη διαφυγή της θερμικής ενέργειας με ακτινοβολία προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και ειδικότερα τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κάθε κτιρίου, καθώς και από τις απαιτήσεις του κτιρίου σε φυσικό φως.

**Τα σκληρά πλαστικά** ανήκουν στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Ανάλογα με την επεξεργασία και τη χημική σύσταση διακρίνονται σε ακρυλικά, σε πολυεστερικά, σε πολυκαρβονικά και σε προϊόντα πολυαιθυλενίου. Εμφανίζουν μεγάλη αντοχή σε μηχανική κρούση και έχουν μικρότερο βάρος από το κοινό γυαλί. Μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν, συγκριτικά με το κοινό γυαλί, μικρότερο συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους και μικρότερη αντίσταση στη φωτιά.

Τα πολυκαρβονικά (polycarbonate-PC) είναι σκληρά και διαφανή, με αντίσταση στη φωτιά και χαρακτηρίζονται από ευκολία στη διεργασία τους για να σχηματίζουν καμπύλες μορφές. Ο συντελεστής της θερμικής τους αγωγιμότητας κυμαίνεται από 0,190 έως 0,220 W/mK και η διαπερατότητά τους στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,40 έως 0,80, αναλόγως με το χρωματισμό τους. Είναι σχετικά ελαφρά υλικά (με πυκνότητα τάξης μεγέθους των 1200 kg/m$^3$). Χαρακτηρίζονται από χαμηλή αντοχή σε ρηγμάτωση -η οποία μπορεί να συμβεί λόγω μηχανικών καταπονήσεων, έκθεση σε οργανικά υγρά και σε περιβαλλοντικούς παράγοντες-που μπορεί όμως να περιορισθεί με την κατάλληλη διεργασία. Όταν δέχονται αρκετά αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία αλλοιώνεται η χρωματική τους εμφάνιση και η ρητίνη τους μπορεί να διαβρωθεί, σε βάθος 25μm από την εκτιθέμενη επιφάνεια (Legrand & Bendler, 2000).

Τα πολυακριλικά PMMA (γνωστά ως πλεξιγκλάς) ανήκουν επίσης στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Πρόκειται για σκληρά, διαφανή και αρκετά ελαφριά υλικά (πυκνότητα της τάξης μεγέθους των 1150-1190 kg/m$^3$). Η διαπερατότητά τους στο ορατό φως είναι της τάξης του 0.92 και η θερμική τους αγωγιμότητα της τάξης των 0,200 W/mK. Έχουν μεγαλύτερη σταθερότητα στους περιβαλλοντικούς παράγοντες, σε σχέση με τα πολυκαρβονικά, και μικρή αντίσταση σε διαλύτες και σε αρκετές χημικές ενώσεις (Mc Keen, 2008).

Τα πολυεστερικά χαρακτηρίζονται από την ανθεκτικότητά τους στις κλιματικές μεταβολές και στη γήρανση. Εμφανίζουν καλή συμπεριφορά στην υπεριώδη ακτινοβολία και δεν επηρεάζονται σε θερμοκρασιακό εύρος από - 40°C έως +100°C. Όταν ενισχύονται με υαλοΐνες (fiber glass) αυξάνεται η αντοχή τους, αλλά μειώνεται η διαύγειά τους.

**Η διαφανής μόνωση** (TIM – Transparent Insulation Material) είναι ημιδιαφανές θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, κυρίως πολυκαρβονικής προέλευσης. Λόγω της δομής του επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό φως να εισέλθει στο εσωτερικό του χώρου, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Αναλόγως με τη δομή του θερμομονωτικού, την τοποθέτηση των κυψελών σε σχέση με τη διατομή του τοίχου, η διαπερατότητα του TIM στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,73 έως 0,82, με αντίστοιχες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας από 0,800 έως 1,100W/m$^2$K (Platzer & Goetzberger, 1996; Kerschberger & Binder, 2006).

**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 ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

- **το σκυρόδεμα**: εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.
- **η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια** είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- **το νερό** είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.
- **τα υλικά αλλαγής φάσης** (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.

Σημειώνεται ότι τα θερμομονωτικά υλικά διαθέτουν ελάχιστη θερμοχωρητικότητα και η τοποθέτησή τους στην εσωτερική παρειά των δομικών στοιχείων σχεδόν μηδενίζει τη συνεισφορά της θερμικής μάζας του δομικού στοιχείου. Γι' αυτό η εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης στα κτήρια που αξιοποιούν παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να γίνεται με περίσκεψη και στην περίπτωση που πραγματοποιείται να μην αφορά το σύνολο του κελύφους που περικλείει τον θερμαινόμενο χώρο, εκτός αν διατίθεται για την αποθήκευση της θερμότητας συγκεντρωμένη θερμική μάζα στον κατοικήσιμο χώρο, π.χ. ένας εσωτερικός τοίχος ή δάπεδο μεγάλου πάχους από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα.

Επισημαίνεται ότι σε κτήρια με εξωτερική τοιχοποιία από εμφανή λιθοδομή, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα, η θερμομόνωση, για αισθητικούς λόγους τοποθετείται εσωτερικά, ακυρώνοντας τη θερμοχωρητικότητα του υλικού. Στην περίπτωση αυτή πρέπει είτε να προστίθενται στοιχεία μεγάλης θερμοχωρητικότητας στο εσωτερικό του κτιρίου (εσωτερικές τοιχοποιίες, δάπεδα κοκ με υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας), είτε η λιθοδομή να μετατραπεί σε τοιχοποιία με πυρήνα. Το υλικό της εσωτερικής τοιχοποιίας πρέπει να έχει επίσης ικανή θερμοχωρητικότητα (π.χ. οπτόπλινθοι), ενώ στο διάκενο τοποθετείται η θερμομόνωση.

## 3.6. Συμπεράσματα

Η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων αξιοποιείται 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. Τσίπηρας πsystems
- Οικολογική Αρχιτεκτονική Κώστας κ Θέμης Τσίπηρας, Εκδόσεις Κέδρος 2005
- Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα ΚΑΠΕ
- Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές Στ. Περδίος
- 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
- Διαδίκτυο: http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm
- Διαδίκτυο: http://www.europeangreencities.com/pdf/TrainingTools/65.%20SOLAR%20ENERGY_GR.pdf
- Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006.
- Αξαρλή, Κ., Αραβαντινός, Δ., «Μετρήσεις και αξιολογήσεις εσωκλιματικών συνθηκών και έλεγχος σχηματισμού δρόσου σε πειραματικούς χώρους εξοπλισμένους με ηλιακά παθητικά συστήματα», πρακτικά 7ου Εθνικού Συνέδριου 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.

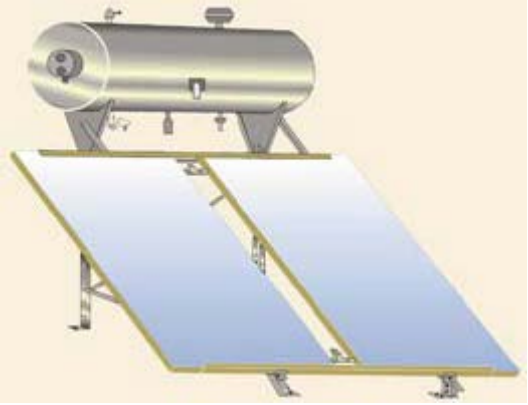
- Goulding J.R, Lewis J.O., Steemers T,C. (Επιμ), «Energy in Architecture, The European Passive Solar Handbook», Commission of the European Communities, 1994. Ελληνική έκδοση: «Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική. Το Ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα Παθητικά ηλιακά κτήρια», μεταφρ. Ε. Τσίγκας, Μαλλιάρης Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Ένωση, 1996.
- Kerschberger, A., & Binder, M., «Transparent Wärmedämmung im Vergleigh.» 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., & Αξαρλή, 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.


## *Πηγές εικόνων*


- Εικόνα 3.1 :
http://www.europeangreencities.com/pdf/TrainingTools/65.%20SOLAR%20ENERGY_GR.pdf
- Εικόνα 3.2 : http://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1303239864547/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-082.jpg
- Εικόνα 3.3 :
http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSc_J7p3tbVKqbgeVM3EUWGViGjylpNZOlx2pjZKHYEN-KMdr7krw
- Εικόνα 3.4 :
- http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika_Hliaka_Systimata.pdf
- Εικόνα 3.8 :
http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTAv9g7eK_0eHWUi0_o_n1B7uYR5m5kYXova7kAun5xYuzZcH3o
- Εικόνα 3.9 : http://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1303239864548/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-114.jpg
- Εικόνα 3.10 : http://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1303239864548/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-114.jpg
- Εικόνα 3.11 : http://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1303239864559/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/2.gif
- Εικόνα 3.12 : http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQlHl0nUWJxY9X6kPpcr8u-mNtLLrSFbMeBEjKw0rUlpVRbqVpc
- Εικόνα 3.13 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/45-0d58c05267.jpg

- Εικόνα 3.14 : http://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1303239864548/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-135.jpg?height=260&width=400
- Εικόνα 3.15 : http://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1303239864548/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-138.jpg?height=278&width=400
- Εικόνα 3.16 : http://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1303239864548/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-139.jpg?height=283&width=400

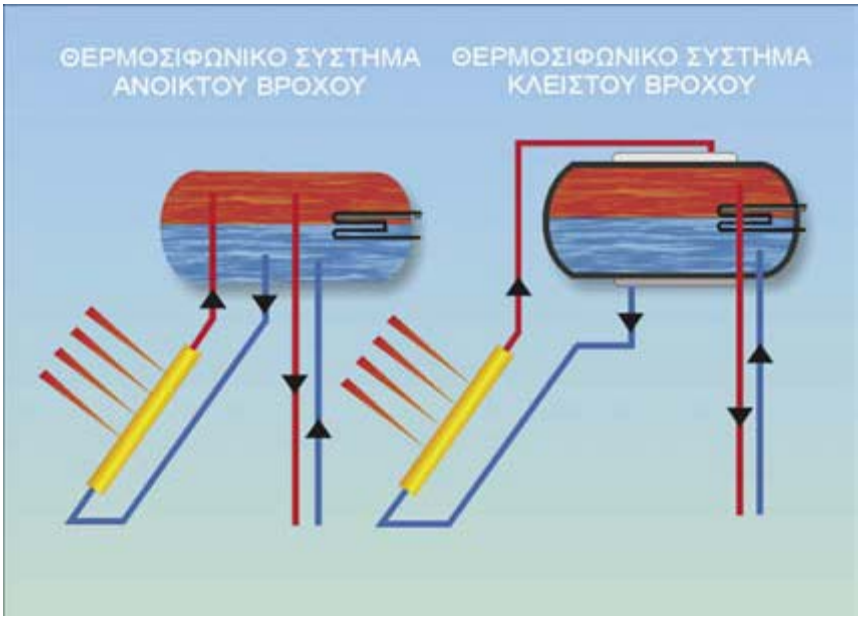
# 4. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

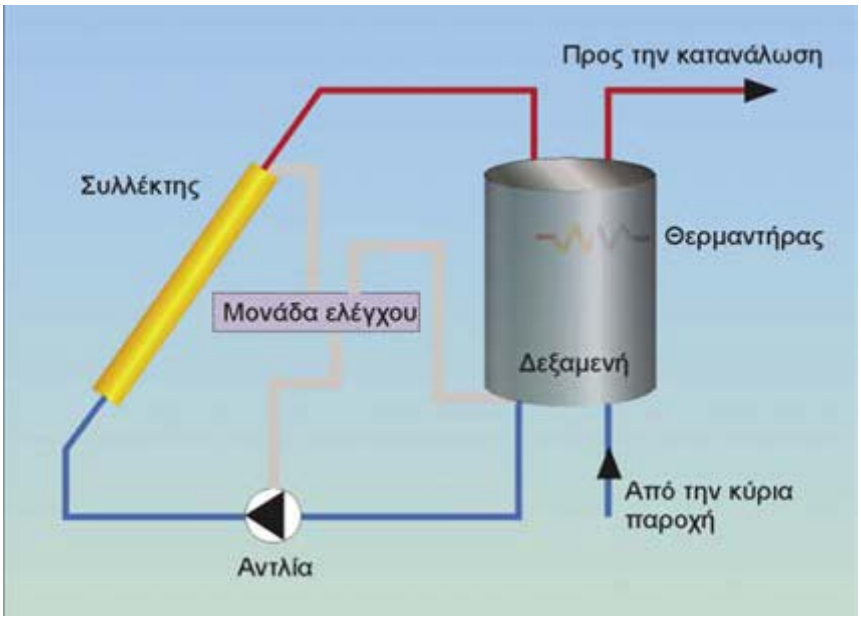


*Εικόνα 4.1 Ηλιακός θερμοσίφωνας*

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα. Τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα λειτουργούν χρησιμοποιώντας τους συλλέκτες και τη δεξαμενή αποθήκευσης ως χωριστές συνιστώσες και η μεταφορά ενέργειας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια κάποιας αντλίας που διαθέτει το εκάστοτε σύστημα που χρησιμοποιείται. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν, αποθηκεύουν και διανέμουν την ηλιακή ενέργεια μέσω κάποιου αέριου ή υγρού ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας των συλλεκτών ενώ τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση του νερού οικιακής χρήσης, την ψύξη και θέρμανση των χώρων του σπιτιού καθώς και σε άλλες διεργασίες της βιομηχανίας, του αγροτικού τομέα κλπ.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν, το μέγεθός τους, την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, το κλίμα της περιοχής κ.α. Τα συστήματα αυτά διαθέτουν μεγάλη ποικιλία στις διατάξεις τους λόγω των διαφορετικών τρόπων που αυτά τα συστήματα προστατεύονται από τον παγετό. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δύο τύπους: στα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας και στα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας.




*Εικόνες 4.2, 4.3 Ηλιακή εγκατάσταση θέρμανσης νερού με εξαναγκασμένη κυκλοφορία*

Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας

Λειτουργούν χρησιμοποιώντας βαλβίδες, ηλεκτρικές αντλίες και συστήματα ελέγχου ώστε να μπορούν να κυκλοφορούν το νερό και τα άλλα ρευστά μεταφοράς θερμότητας που χρησιμοποιούνται μέσα στους συλλέκτες.Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες: τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου και τα συστήματα κλειστού βρόγχου. Τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου, χρησιμοποιούν αντλίες για να κυκλοφορεί το νερό χρήσης στους συλλέκτες, ενώ τα συστήματα κλειστού βρόγχου, αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες, και η θερμότητα που μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό νερό αποθηκεύεται στις δεξαμενές.

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας

Κατηγοριοποιούνται ως εξής: στα θερμοσιφωνικά συστήματα και στους συμπαγείς θερμαντήρες. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα στηρίζονται στη φυσική κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και τη δεξαμενή, η οποία είναι τοποθετημένη πάνω από το συλλέκτη. Το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη, γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται φυσικά προς τη δεξαμενή αποθήκευσης. Το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής, ρέει με τη βοήθεια σωληνώσεων στο κατώτερο σημείο του συλλέκτη προκαλώντας σε όλο το σύστημα κυκλοφορία. Οι συμπαγείς θερμαντήρες οι οποίοι αποτελούν τα ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-αποθήκευσης, αποτελούνται από μία ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε ένα μονωμένο περίβλημα με τη διαφανή πλευρά να είναι προσανατολισμένη προς τον ήλιο. Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι καλύτερα και προτιμότερα από τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας διότι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, συντηρούνται εύκολα και οικονομικά και θεωρούνται πιο αξιόπιστα.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται όπως αναφέρθηκε παραπάνω για την παραγωγή θερμού νερού για οικιακή χρήση, για τη θέρμανση και την ψύξη των χώρων αλλά και για άλλες δραστηριότητες όπως η θέρμανση της πισίνας.

**Για την παραγωγή ζεστού νερού**, χρησιμοποιούνται ηλιακοί θερμαντήρες διαφόρων τύπων οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν τις ανάγκες των νοικοκυριών για ζεστό νερό σε μεγάλο βαθμό, συμβάλλοντας παράλληλα στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ο τύπος και το μέγεθος του συστήματος, το κλίμα και η ποιότητα της περιοχής όσον αφορά την ηλιοφάνεια καθορίζουν την ποσότητα ζεστού νερού που θα αποδοθεί από την ηλιακή ενέργεια.

Ιδιαίτερα αποδοτικά είναι τα ηλιακά συστήματα που εφαρμόζονται στα οικιστικά σύνολα, διότι διαθέτουν ένα κεντρικό σύστημα συλλεκτών και μια κεντρική δεξαμενή, που παρέχουν ζεστό νερό στα διαμερίσματα μέσω δικτύου αγωγών. Με αυτό τον τρόπο η διάθεση του νερού είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, μειώνοντας τις θερμικές απώλειες του αποθηκευμένου νερού για την κάλυψη των αναγκών του οικιστικού συνόλου.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από ηλιακούς συλλέκτες, δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού καθώς και τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η θερμότητα που συλλέγεται αντλείται φυσικά ή τεχνητά από τη δεξαμενή. Το ζεστό νερό που παράχθηκε, αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές μέχρι να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των οικιακών αναγκών.

Οι τιμές στα θερμικά ηλιακά συστήματα ποικίλλουν ανάλογα τον εξοπλισμό που διαθέτουν διότι υπάρχουν φθηνά απλά χωρίς να διαθέτουν επιπρόσθετο μηχανολογικά εξοπλισμό και υπάρχουν και αυτά που διαθέτουν αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας αισθητήρες και συστήματα ελέγχου τα οποία είναι πιο αποτελεσματικά και περίπλοκα και συνάμα πιο ακριβά.

**Η θέρμανση και ο δροσισμός των χώρων** με εφαρμογή θερμικών ηλιακών συστημάτων, αποτελεί μια αρκετά μεγάλη αγορά, όμως η εφαρμογή αυτών των συστημάτων σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και σε ήδη υφιστάμενα κτίρια είναι δύσκολη έως ανέφικτη. Αυτό συμβαίνει διότι τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης βασίζονται σε εξαρτήματα όπως οι συλλέκτες στέγης για τη συλλογή και τη διανομή θερμότητας, τα οποία λειτουργούν χρησιμοποιώντας αέρα ή κάποιο υγρό που θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και μέσω ανεμιστήρων ή αντλιών μεταφέρεται καταναλώνοντας μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλιακά συστήματα αέρος διαθέτουν συλλέκτες, ανεμιστήρες, αεραγωγούς, και συστήματα ελέγχου που θερμαίνουν τον αέρα της κατοικίας χωρίς να χρειάζονται εναλλάκτες θερμότητας και μέσα θερμικής αποθήκευσης. Η θερμική

αποθήκευση χρησιμοποιείται κυρίως σε μεγάλα συστήματα αέρος. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης υγρών, από την άλλη, περιλαμβάνουν ηλιακούς συλλέκτες, δεξαμενές αποθήκευσης, αντλίες, σωληνώσεις, εναλλάκτες θερμότητας και συστήματα ελέγχου.

Τις θερινές περιόδους παρατηρείται αυξημένη ζήτηση για δροσισμό όταν η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στα μέγιστα επίπεδά της, γι' αυτό και ο ηλιακός δροσισμός θα αποτελέσει ελπιδοφόρα κατασκευή και αρκετά κερδοφόρα, γι' αυτό και η τεχνολογία βαδίζει προς την ανάπτυξη αυτών των τεχνικών και μεθόδων. Είναι γεγονός ότι η ψύξη κύκλου απορρόφησης αποτελεί την παλαιότερη μέθοδο κλιματισμού. Τα κλιματιστικά κύκλου απορρόφησης, χρησιμοποιούν μια πηγή θερμότητας όπως ένας ηλιακός συλλέκτης για να εξατμιστεί το υπό πίεση ψυκτικό ρευστό από ένα μίγμα ψυκτικού μέσου, αντί να χρησιμοποιεί ηλεκτρικό συμπιεστή για να διατηρήσει μηχανικά, το υπό πίεση ψυκτικό μέσο.

Οι **απαιτήσεις** των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων για την εφαρμογή τους, είναι η ύπαρξη ωφέλιμου χώρου για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, τις αντλίες, τους εναλλάκτες θερμότητας και τις δεξαμενές αποθήκευσης. Ο χώρος αυτός πρέπει να είναι προστατευμένος από τις καιρικές συνθήκες και θα πρέπει να τοποθετείται σε λεβητοστάσιο ή άλλους κλειστούς χώρους. Η ύπαρξη υδραυλικών συνδέσεων, που συνδέουν τους συλλέκτες, την παροχή κρύου νερού, το δίκτυο ζεστού νερού και τις δεξαμενές αποθήκευσης, θα πρέπει να είναι προσβάσιμες σε περίπτωση επιδιόρθωσης κάποιας βλάβης. Επίσης θα πρέπει το κτίριο να διαθέτει ωφέλιμο χώρο για την εγκατάσταση συλλεκτών ο οποίος θα πρέπει να είναι τοποθετημένος σε περιοχή που τη βλέπει ο ήλιος κατά τη διάρκεια της ημέρας, δηλαδή στην οροφή του κτιρίου που θα πρέπει να μην σκιάζεται από γειτονικά κτίρια ή άλλους ανοιχτούς χώρους που διαθέτει η κατοικία. Τέλος, η ύπαρξη ηλεκτρικών συνδέσεων είναι απαραίτητη για να μπορεί ο πίνακας να αντέχει πρόσθετα φορτία που στην περίπτωση των ηλιακών συστημάτων αυτά είναι μικρά.

Τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα είναι καλό να ελέγχονται μια φορά το τρίμηνο, ώστε να βεβαιωθεί η ύπαρξη διαρροών από τα ρεκόρ των σωληνώσεων στους ηλιακούς συλλέκτες, να ελεγχθεί η ύπαρξη ραγισμάτων στους υαλοπίνακες, βλάβες στις αυτόματες ανακουφιστικές βαλβίδες, γήρανση των πλαστικών υλικών, και συμπλήρωση του υγρού μεταφοράς θερμότητας αν απαιτείται. Επιπλέον πρέπει να ελέγχεται το υδραυλικό κύκλωμα ως προς τη λειτουργία της αντλίας του πρωτεύοντος κυκλώματος και ως προς το διαφορικό θερμοστάτη. Θα πρέπει να επιθεωρούνται τα ανόδια, της δεξαμενής αποθήκευσης, και όταν φθείρονται να αντικαθίστανται. Τέλος αν υπάρχει αντίσταση θα πρέπει και αυτή να ελέγχεται τακτικά. Οι επιδιορθώσεις των βλαβών θα πρέπει να γίνονται από εξειδικευμένα άτομα.

Τα **περιβαλλοντικά οφέλη** από τη χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι η εξοικονόμηση καυσίμων που ισοδυναμεί με 50-70kg πετρελαίου ανά τετραγωνικό μέτρο ηλιακού συλλέκτη ανά έτος, η μείωση εκπομπών άνω των 750kg ανά τετραγωνικό μέτρο ηλιακού συλλέκτη ανά έτος όταν υποκαθίσταται το ηλεκτρικό ρεύμα και πάνω από 250kg ανά τετραγωνικό μέτρο ηλιακού συλλέκτη ανά έτος όταν υποκαθίσταται το πετρέλαιο.

*Εικόνα 4.4 Ολική εγκατάσταση ζεστού νερού*

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι αρκετά γνωστά στην αγορά από τη δεκαετία του 1970 και έχουν αναπτυχθεί από τότε σημαντικά, περιλαμβάνουν αξιόπιστα προϊόντα με ανταγωνιστικές τιμές. Το μεγαλύτερο μέρος των ενεργητικών συστημάτων που πωλούνται χρησιμοποιούνται για την παροχή ζεστού νερού. Στην Ελλάδα τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα έχουν μεγάλη ζήτηση και εφαρμόζονται στις περισσότερες κατοικίες, πάνω από 600.000 σπίτια διαθέτουν ηλιακούς θερμοσίφωνες για την παραγωγή ζεστού νερού και οι πωλήσεις τους ανέρχονται στους 50.000 το χρόνο, εκτός όμως από τις μεμονωμένες κατοικίες ηλιακά συστήματα εφαρμόζονται σε νοσοκομεία, ξενοδοχεία, οικιστικά σύνολα, στάδια και αλλού.

## Βιβλιογραφία


- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά Σύνολα, ΚΑΠΕ.
- Κωτσιάνας Φρ., Θερμική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας-Ηλιακά Σπίτια-Ηλιακή Θέρμανση.
- Richview, Clonskeagh, European Passive Solar Components Catalogue (DRAFT), ECD Partnership, London Energy Research Group, School of Architecture, University College Dublin 1990.
- Funaro G.,Fanchiotti A., and D Errico E., Edifici Solari Passivi in Italia, Viale Redina Margherita, Roma 1985.
- ΚΑΠΕ, Θερμικά Ηλιακά Συστήματα.
- Koblin Wolfram, Krüger Eckehard, Schuh Ulrich, Handbuch Passive Nutzung der Sonenenergie,Schrftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau BMBau 1984.


## *Πηγές Εικόνων*

- Εικόνα 4.2: TRASOL: Λογισμικό κατάρτισης στον τομέα των ηλιακών συστημάτων, ΚΑΠΕ 2000/Leonardo Da Vinci

- Εικόνα 4.3: TRASOL: Λογισμικό κατάρτισης στον τομέα των ηλιακών συστημάτων, ΚΑΠΕ 2000/Leonardo Da Vinci
- Εικόνα 4.4: TRASOL: Λογισμικό κατάρτισης στον τομέα των ηλιακών συστημάτων, ΚΑΠΕ 2000/Leonardo Da Vinci

# 5. Φυσικός δροσισμός

Ο φυσικός δροσισμός αποτελεί την εναλλακτική πρακτική για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίρια το καλοκαίρι, καθώς η εντατικοποίηση της εγκατάστασης και χρήσης κλιματιστικών συσκευών επιφέρει σημαντικά ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα,αφού καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας.

Η στρατηγική του φυσικού δροσισμού αποσκοπεί στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτιρίου. Πρώτο βήμα για την επίτευξή της 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 κυρίως λόγους:

- Για μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ή τουλάχιστον τη σταθεροποίησή της σε περιόδους αιχμής -καύσωνα,
- Για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ($CO_2$) στην ατμόσφαιρα,
- Για περιορισμό των εκπομπών χλωροφθορανθράκων από τη διαρκώς αυξανόμενη τάση χρήσης κλιματιστικών,
- Για τη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα στα κτήρια.

## 5.1. Τεχνικές φυσικού δροσισμού

Οι τεχνικές και σχεδιαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου, οι οποίες συμβάλλουν στον φυσικό του δροσισμό, είναι οι ακόλουθες: **Ηλιοπροστασία** του κτιρίου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως σκίαση των ανοιγμάτων του, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου. **Χρώμα και υφή** των εξωτερικών επιφανειών. **Επάρκεια θερμικής μάζας** του κτιρίου, η οποία περιορίζει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. **Θερμομόνωση** του κελύφους του κτιρίου, η οποία μειώνει το ψυκτικό του φορτίο. **Φυσικός αερισμός** του εσωτερικού χώρου του κτιρίου, είτε με φυσικό, είτε με εξαναγκασμένο-μηχανικό τρόπο για την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμότητας στα δομικά του στοιχεία. **Νυχτερινή ακτινοβολία** θερμότητας προς τον ουρανό. Δ**ιαμόρφωση 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).

### 5.1.1. Ηλιοπροστασία

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

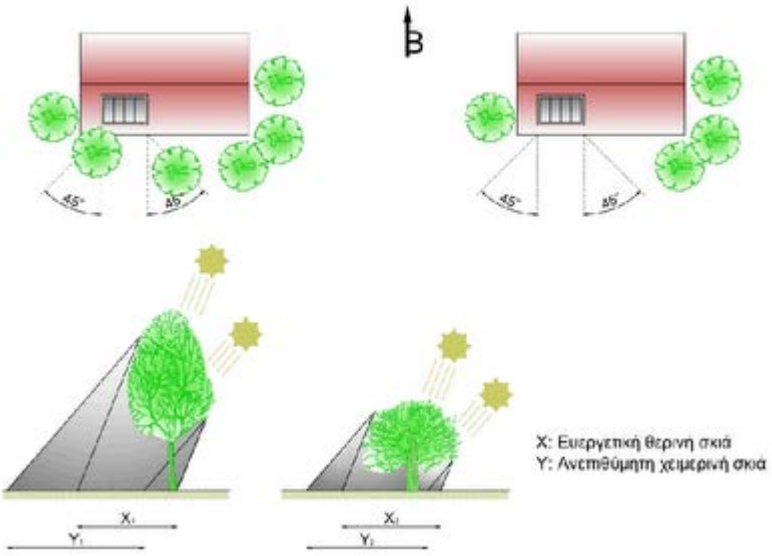
Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα, ο σκιασμός του κτιρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, είναι αναγκαίος για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, ενώ για τους μήνες Μάιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο είναι επιθυμητός κατά κανόνα τις μεσημβρινές ώρες.

Κατά συνέπεια, τα συστήματα σκίασης πρέπει να παρέχουν αποτελεσματική προστασία από τον ήλιο το καλοκαίρι, χωρίς όμως να παρεμποδίζουν τον ηλιασμό του κτιρίου το χειμώνα ή να περιορίζουν τον φυσικό του φωτισμό.

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

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 (Εικόνα 5.1), 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.




*Εικόνα 5.1. Σκίαση με δέντρα. Το ύψος του δέντρου και η ερριμένη σκιά του*

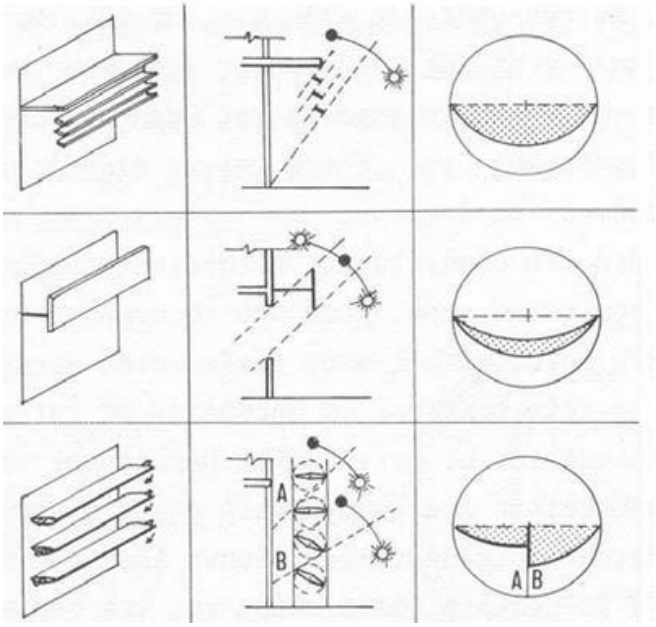
Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι:

- 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 (Εικόνα 5.2). 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.

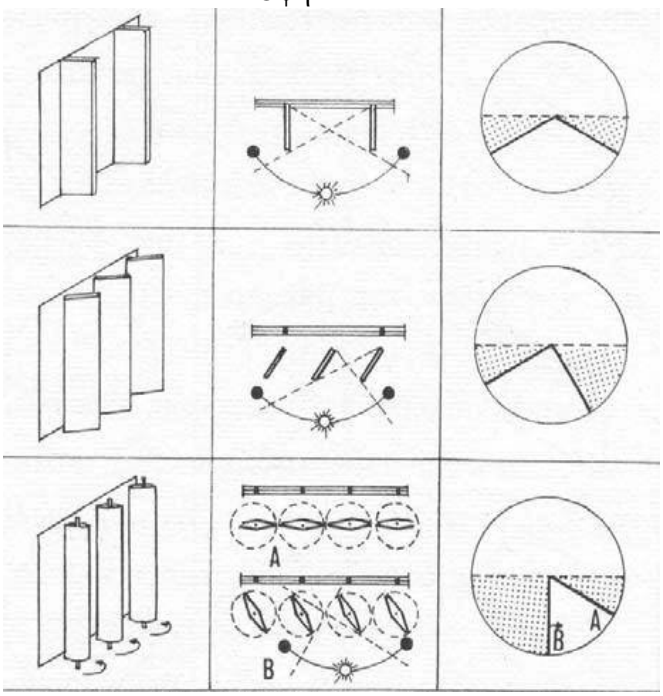
Όψη




*Εικόνα 5.2. Μορφές οριζόντιων σκιάστρων σταθερών ή κινητών για νότια όψη*

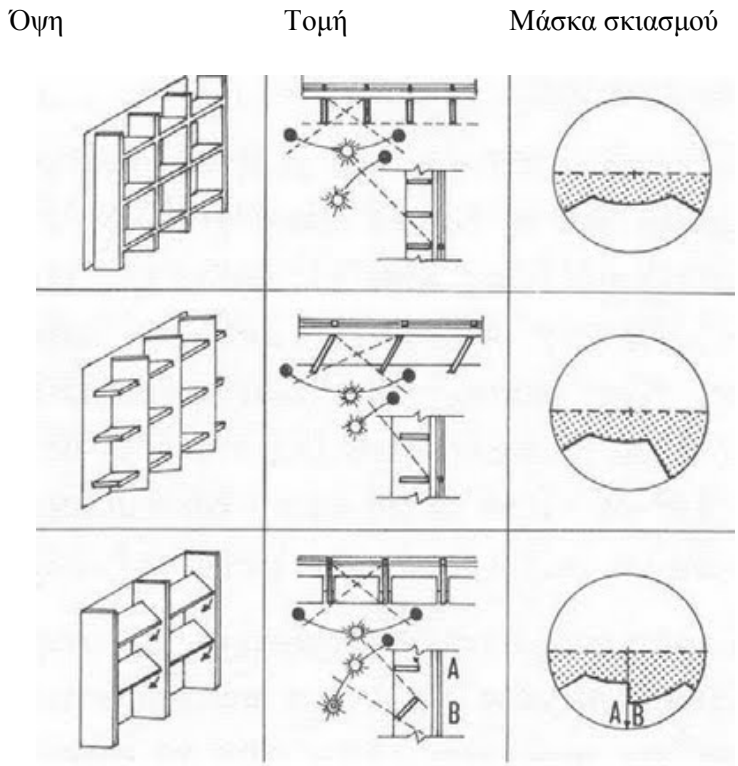
**β) για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό**, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη ή υπό κλίση, είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα (Εικόνα 5.3).

Όψη




*Εικόνα 5.3. Μορφές περσίδων για ανατολική και δυτική όψη*

**γ) για προσανατολισμό νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό**, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, για να είναι αποτελεσματικά, πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας (Εικόνα 5.4). Η διάταξη αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού.




*Εικόνα 5.4. Μορφές περσίδων για νοτιανατολική και νοτιοδυτική όψη*

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.

### 5.1.2. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτιρίου καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

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

Επισημαίνεται ότι οι επιφάνειες του κελύφους, οι προσανατολισμένες προς την δύση, καθώς και οι οριζόντιες –τα δώματα– υποφέρουν ιδιαίτερα από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι. Συνεπώς συνιστάται η βαφή τους με ανοιχτά χρώματα. Ειδικά για τα δώματα αποτελεσματική είναι η επικάλυψή τους με ανακλαστική επιφάνεια, όπως για παράδειγμα η επίστρωση με φύλλο αλουμινίου, ψυχρά χρώματα ή γενικότερα με ψυχρά υλικά, καθώς και με φυτά.

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

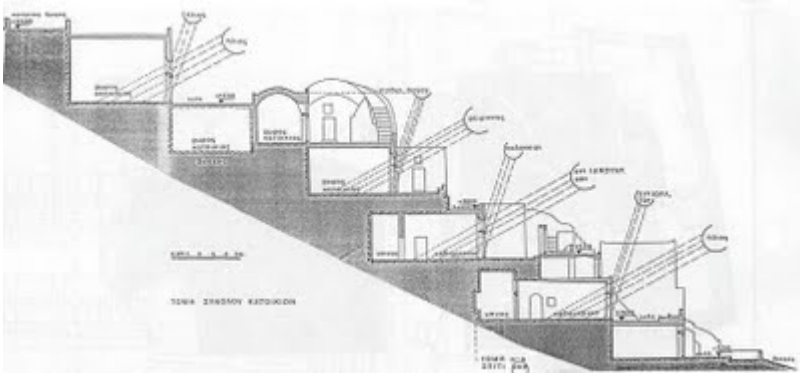
### 5.1.3. Επάρκεια θερμικής μάζας

Μια σημαντική παράμετρος για τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου το καλοκαίρι, είναι η διασφάλιση επαρκούς θερμικής μάζας στα δομικά του στοιχεία –τοίχους, 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 (άνεσης). Τη νύχτα η αποθηκευμένη θερμότητα διοχετεύεται προς το εξωτερικό περιβάλλον μέσω αερισμού ή/και εκπομπής θερμότητας.

#### 5.1.3.1. 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 ημιϋπόσκαφες κατασκευές (Εικόνα 5.5). Προϋπόθεση για την επιλογή ημιϋπόσκαφου κτίσματος αποτελεί το ανάγλυφο του εδάφους –με μεγάλη κλίση, η σύσταση του εδάφους, καθώς και η χρήση του κτιρίου.

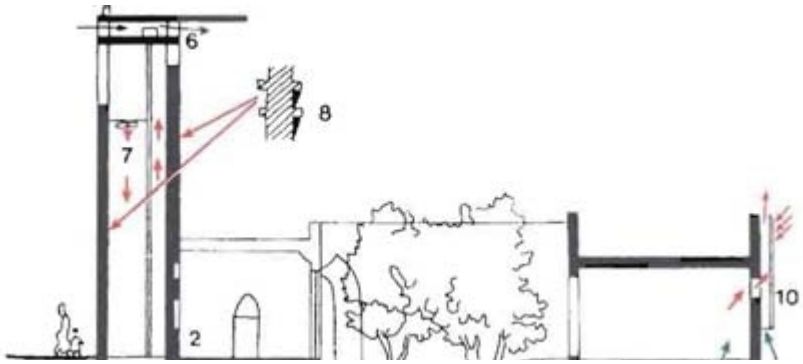
Για παράδειγμα, τα ημιϋπόσκαφα κτίσματα στη Σαντορίνη ουδόλως ανταποκρίνονται στις ημερήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας, παρά μόνον σε εποχιακή βάση. Δηλαδή, η αύξηση της εξωτερικής θερμοκρασίας το καλοκαίρι επηρεάζει ελάχιστα τον εσωτερικό χώρο κατά τον Αύγουστο περίπου. Θερμοκρασίες πάνω από 26$^{o}$C στο εσωτερικό των κτισμάτων δεν παρατηρούνται συνήθως.



*Εικόνα 5.5. Τομή τμήματος του Οικισμού της Οίας – Σαντορίνη*

### 5.1.3.2. 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 5.6.). Εξέλιξη του παθητικού αυτού συστήματος αποτελούν οι εφαρμογές της αβαθούς γεωθερμίας.




*Εικόνα 5.6. Φυσική ψύξη κελύφους ανακαινισμένης παραδοσιακής κατοικίας με υπεδάφιο σύστημα αγωγού και φυσικό αερισμό*

### 5.1.4. Θερμομόνωση

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

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, η θερμομόνωση πρέπει να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του κελύφους του κτιρίου, η οποία λειτουργεί εξίσου ικανοποιητικά και το χειμώνα. Έτσι

επιτυγχάνεται διπλή προστασία του κελύφους, αλλά και προστασία από φθορές και βλάβες της κατασκευής από τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες.
Επισημαίνεται ότι η εξωτερική θερμομόνωση πρέπει να μην είναι εκτεθειμένη άμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον, γιατί υφίσταται φθορές, κυρίως από την υπεριώδη ακτινοβολία. Συνεπώς η θερμομονωτική στρώση πρέπει να επικαλύπτεται είτε με επίχρισμα είτε με άλλο προστατευτικό υλικό.

#### 5.1.4.1. Θερμική μάζα και θερμομόνωση

Η ποσότητα της θερμικής μάζας και ο βαθμός θερμομόνωσης ενός κτιρίου είναι συνάρτηση του κλίματος.Για την εύκρατη ζώνη, από $35^{o}$-$42^{o}$ Β.Γ.Π., κλιματική περιοχή στην οποία ανήκει και ο Ελλαδικός χώρος, η θερμομόνωση και η θερμική μάζα αποτελούν περίπου ισοδύναμους παράγοντες της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων . Τονίζεται, ειδικότερα, ότι η θερμική προστασία είναι απολύτως αναγκαία για τη βορεινή πλευρά, ενώ η απαίτηση για μεγάλη θερμική μάζα εντοπίζεται στη δυτική πλευρά και τα δώματα, γιατί επιβαρύνονται με μεγάλη ποσότητα θερμότητας το καλοκαίρι και λόγω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

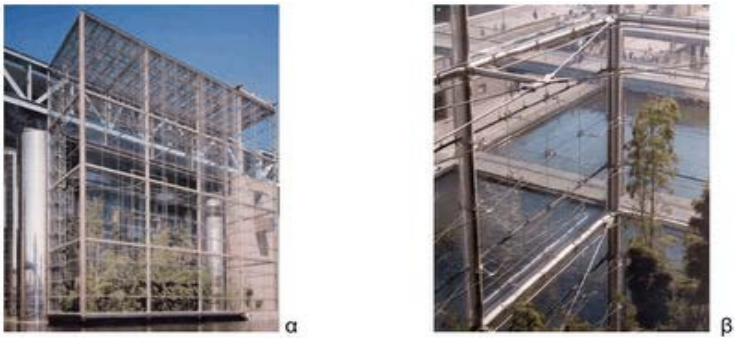
### 5.1.5. Φυσικός Αερισμός

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 :

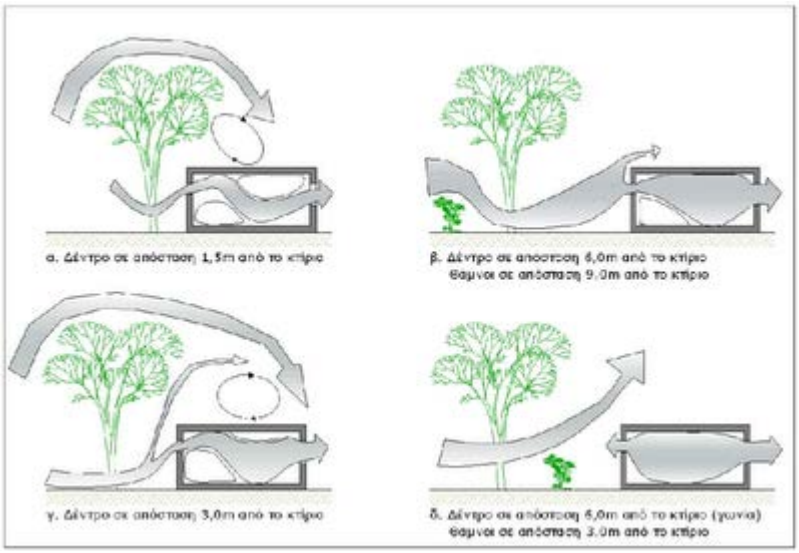
- Η κατεύθυνση των δροσερών ανέμων στην περιοχή,
- Οι κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου.
- Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.

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

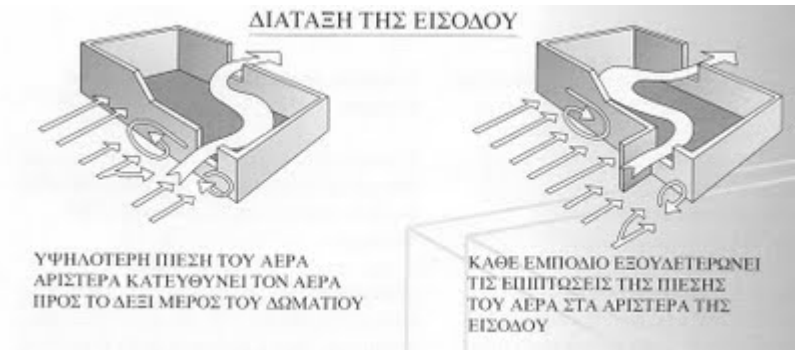
α) Οι πνέοντες δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι την ημέρα είναι οι θαλάσσιες αύρες-μελτέμια, τα οποία έχουν συνήθως νοτιανατολική ή βορεινή κατεύθυνση (εξαρτάται βεβαίως από το ανάγλυφο του περιβάλλοντος χώρου). Το βράδυ, η δροσερή απόγειος αύρα προέρχεται από τη στεριά, λόγω της ταχύτερης ψύξης του εδάφους. Για τη διείσδυση των δροσερών ανέμων μέσα στο κτήριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εφόσον είναι εφικτό, κατάλληλη διάταξη βλάστησης στον εξωτερικό χώρο (Εικόνα 5.7). Η τοποθέτηση δέντρων ή θάμνων σε κατάλληλη απόσταση από το κτήριο διευκολύνει ή όχι τη διέλευση του δροσερού ανέμου μέσα στο κτήριο (Εικόνα 5.8).
β) Η ένταξη προεξοχών σε κατάλληλη θέση στο ίδιο το κτήριο μπορεί να βοηθήσει στον φυσικό αερισμό του εσωτερικού χώρου (Εικόνα 5.9).




*Εικόνα 5.7. Η βλάστηση διευκολύνει τη διείσδυση ή εκτροπή του ανέμου από το κτήριο*




*Εικόνα 5.8. Η θέση των δέντρων ή/και θάμνων καθορίζει την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου*




*Εικόνα 5.9. Ο ρόλος των εξωτερικών στοιχείων στον αερισμό του εσωτερικού χώρου*

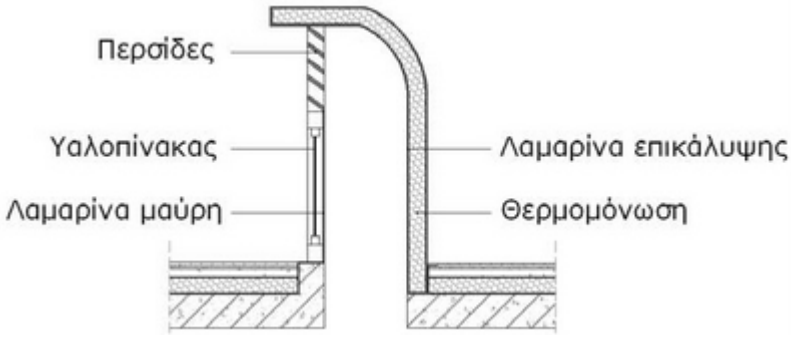
### 5.1.5.2. Κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου

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 5.10 και Εικόνα 4.1), 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 –

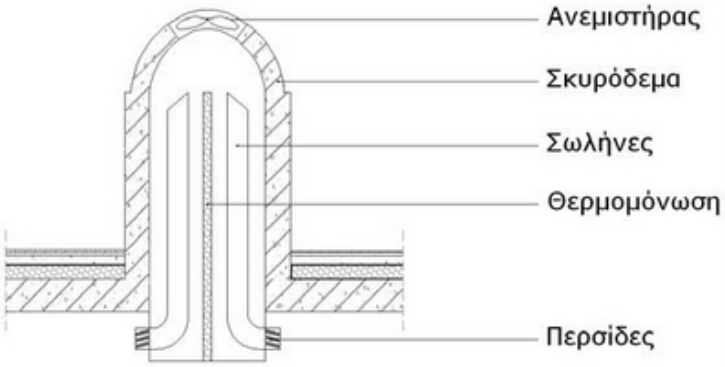
νυκτερινό αερισμό, η ηλιακή καμινάδα παραμένει κλειστή κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποθηκεύει θερμότητα στη θερμική της μάζα, η οποία αποδίδεται στον αέρα όταν αρχίζει ο αερισμός και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με αποτέλεσμα τη διαρκή 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 5.10. Ενδεικτική τομή ηλιακής καμινάδας*

*Εικόνα 5.11. Ηλιακές καμινάδες στο Building Research Establishment, Watford, United Kingdom (Feilden Clegg Architects, 1996)*

**β) Η καμινάδα αερισμού** αποτελεί τεχνική βασιζόμενη στην εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα, με την λειτουργία μικρού ανεμιστήρα στην κορυφή, στο άνοιγμα της καμινάδας (Εικόνα 5.12). Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αποτελεσματικά και με τον άνεμο, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό (Εικόνα 5.13).

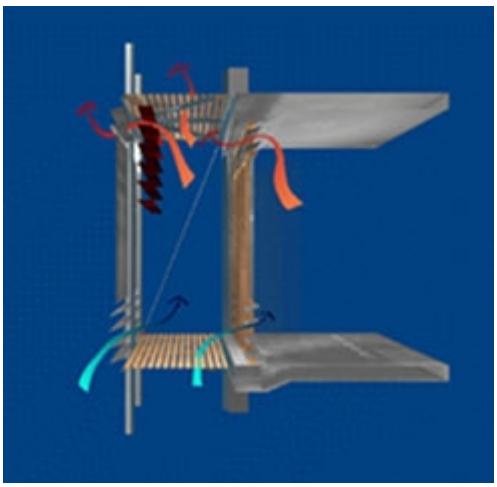


*Εικόνα 5.12. Ενδεικτική μορφή καμινάδας αερισμού*

*Εικόνα 5.13. IONICA, Κτήριο Γραφείων στο Cambridge - καμινάδες αερισμού (Αρχιτ: R. H.Partnership, 1994)*

**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 5.14). 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 5.14. Φυσική κυκλοφορία του αέρα –θερμού, δροσερού- στο ενδιάμεσο κενό της διπλής επιδερμίδας*

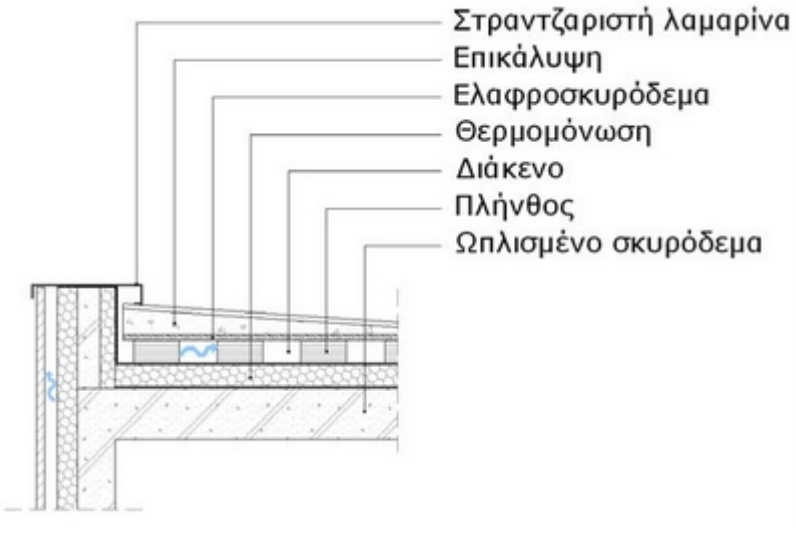
*Εικόνες 5.15, 5.16 Κτήριο γραφείων με διπλό κέλυφος στη Λυών και λεπτομέρειά του. Αρχιτέκτονας: Renzo Piano*

**δ) Αεριζόμενο κέλυφος**

Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους, είτε στο δώμα 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 5.16). Το κενό, στο οποίο κυκλοφορεί ο αέρας, δημιουργείται επάνω από τη θερμομόνωση και ακολουθούν οι στρώσεις στεγάνωσης.



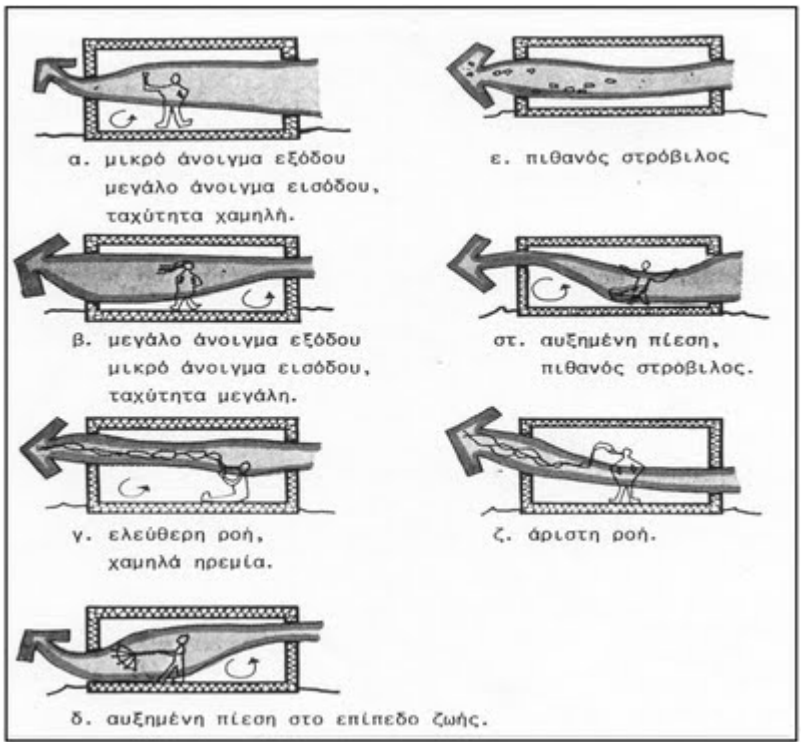

*Εικόνα 5.17. Τομή σε αεριζόμενο δώμα*

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

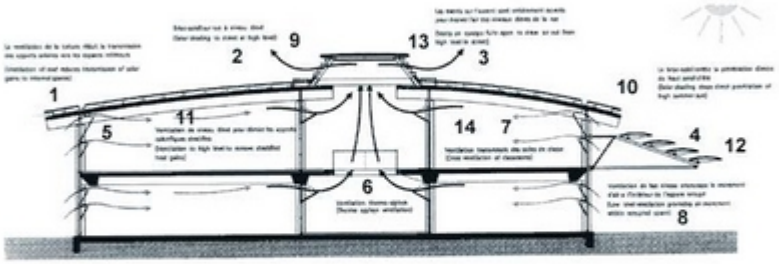
Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτιρίου, σε σχέση με την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για τη διασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο.

α) Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο τον 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 5.17).
β) Το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου πρέπει να είναι περίπου το ίδιο, αρκεί η θέση τους στην τομή του κτιρίου να μη βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά (Εικόνα 5.18) 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 (Εικόνα 5.19).

*Εικόνες 5.18, 5.19 Η διάταξη των ανοιγμάτων και η ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου*




*Εικόνα 5.20 Διαφορετικές καθ' ύψος θέσεις ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα*




*Εικόνα 5.21 Φυσικός αερισμός αιθουσών διδασκαλίας – ανοδική πορεία του ζεστού αέρα Λύκειο στη Lyon, Γαλλία, Αρχιτέκτονες: Sir Norman Foster and Associates*

Σε περιοχές με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται ο αερισμός του χώρου την ημέρα στο ελάχιστο δυνατό. Αντίθετα, τη νύχτα ο φυσικός αερισμός επιβάλλεται για την ψύξη των στοιχείων της κατασκευής.

### 5.1.5.4. Η χρήση του κτιρίου

Η χρήση του κτηρίο 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 $m^3/h/m^2$, 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.

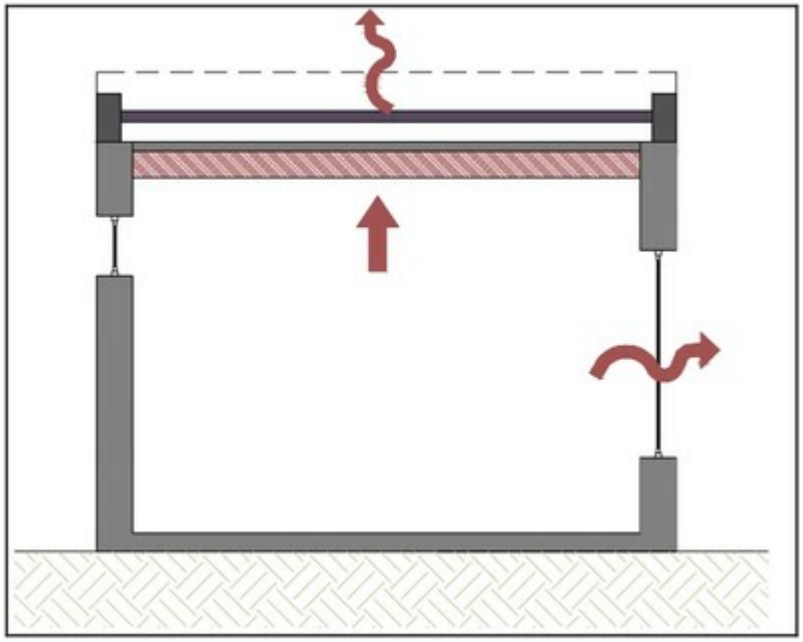
Συνεπώς, ο μελετητής πρέπει κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου γραφείων, ή άλλων δημόσιων κτιρίων , να προβλέπει φεγγίτες στα ανοίγματα –μικρού μεγέθους, οι οποίοι να παραμένουν ανοιχτοί τη νύχτα το καλοκαίρι, υπό τον όρο ότι το κτήριο είναι ασφαλές.

### 5.1.6. 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 των κτιρίων (Εικόνα 5.20). Όμως, πρέπει να επισημανθεί ότι η εξωτερική θερμομόνωση επιβραδύνει κατά πολύ την εκτόνωση της θερμότητας από τα δώματα των κτιρίων , ενώ είναι απαραίτητη για την προστασία τους από τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα.

Για τους λόγους αυτούς μπορεί να εφαρμοστούν ειδικά συστήματα - κατασκευές επάνω στα δώματα των κτιρίων. Τα συνηθέστερα είναι οι μεταλλικοί ακτινοβολητές.

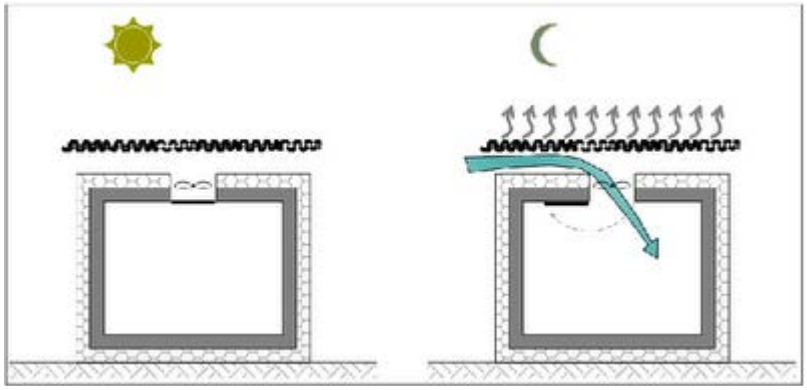


*Εικόνα 5.22 Ακτινοβολία της συσσωρευμένης θερμότητας προς τον ουρανό*

### 5.1.6.1. Μεταλλικός ακτινοβολητής

Το σύστημα αυτό αποτελείται από μεταλλική πλάκα τοποθετημένη στην εξωτερική επιφάνεια του θερμομονωμένου δώματος, σε μικρή απόσταση από αυτό. Η εξωτερική της επιφάνεια είναι αυλακωτή, ανακλαστική (Εικόνα 5.21). Μέσα στο σύστημα του ακτινοβολητή –κάτω από την μεταλλική πλάκα- διοχετεύεται με μηχανικό τρόπο (π.χ. ανεμιστήρα) θερμός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου , ο οποίος, ερχόμενος σε επαφή με την ψυχρή πλάκα, ψύχεται και στη συνέχεια επαναδιοχετεύεται ως δροσερός αέρας μέσα στο κτήριο.

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής θεωρείται υβριδικό σύστημα δροσισμού, διότι βασίζεται στην εξαναγκασμένη ροή του εναλλασσόμενου -θερμού και δροσερού- αέρα. Το σύστημα λειτουργεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία (ανέφελο ουρανό).



*Εικόνα 5.23 Σύστημα δροσισμού δώματος, με τη χρήση ακτινοβολητή*

### 5.1.7. Μικροκλίμα-Φύτευση Δωμάτων

Η περισσότερο επιβαρυμένη περιοχή του κτιρίου είναι η επικάλυψή του -το δώμα-, γιατί σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, πέραν των υψηλών θερμοκρασιών, δέχεται την έντονη ακτινοβολία του ήλιου.

#### 5.1.7.1. Φύτευση Δωμάτων

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

Ως προς την ενεργειακή επίδραση των φυτεμένων-πράσινων στεγών στο ίδιο το κτήριο παρατηρούνται τα εξής:

- Η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με φυτεμένη στέγη μπορεί το καλοκαίρι να είναι από 3 έως και 10ºC χαμηλότερη. Εξυπακούεται ότι αυτή η μείωση της θερμοκρασίας παρατηρείται στους τελευταίους ορόφους- κάτω από το δώμα-όταν πρόκειται για πολυώροφα κτήρια.
- 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 τη διακύμανση των θερμοκρασιών χειμώνα και καλοκαίρι, γεγονός που συντείνει στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του.

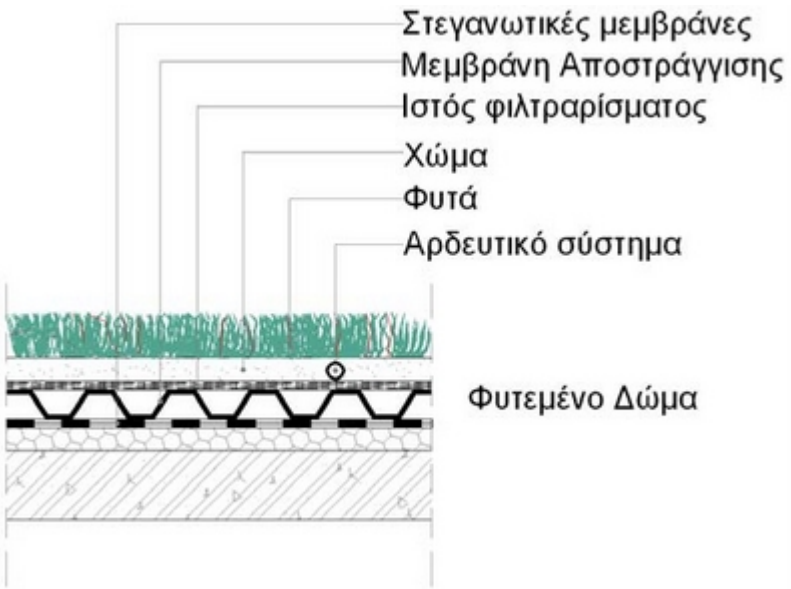
Επιπρόσθετα, τα φυτεμένα δώματα προσφέρουν σημαντική προστασία από θορύβους και συμβάλλουν στην ορθολογική διαχείριση του βρόχινου νερού.
Τέλος, στη θέση των αχρησιμοποίητων, απρόσωπων δωμάτων διαμορφώνονται χώροι αισθητικά ευχάριστοι, υγιεινοί, χρήσιμοι για επικοινωνία ή/και ψυχαγωγία των ενοίκων του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

*Εικόνα 5.24 Φυτεμένο δώμα*

Ως προς την κατασκευή των φυτεμένων δωμάτων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην διάστρωση των αναγκαίων διαδοχικών στρώσεων. Συγκεκριμένα:

- Επάνω από την θερμομόνωση στρώνεται ειδική μεμβράνη για επιπλέον προστασία από το νερό και την υγρασία

- Επάνω από την μεμβράνη, απλώνεται ένα δίχτυ για την προστασία του ριζικού πλέγματος των φυτών, αλλά και για να εμποδίζονται οι ρίζες να διεισδύσουν στην 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 (γεωύφασμα) 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 δημιουργούν ένα στρώμα πάχους από 10 έως 20 εκατοστών. Τέλος γίνεται η επιλογή των φυτών.




*Σχήμα 5.25 Οι διαδοχικές στρώσεις των υλικών για την φύτευση*

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

### 5.1.7.2. Εξάτμιση άμεση ή έμμεση

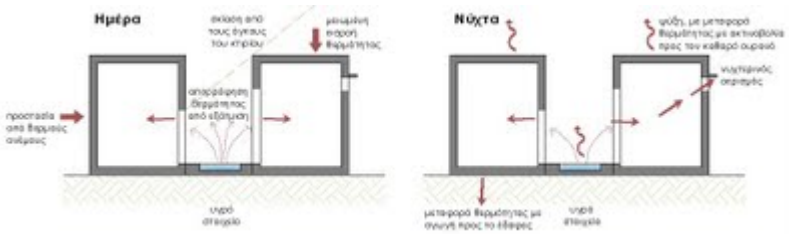
Δροσισμός επιτυγχάνεται και μέσω της εξάτμισης νερού, με τη χρήση επιφανειών νερού, πύργων δροσισμού ή και βλάστησης λόγω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών.

**α) Η χρήση του νερού**

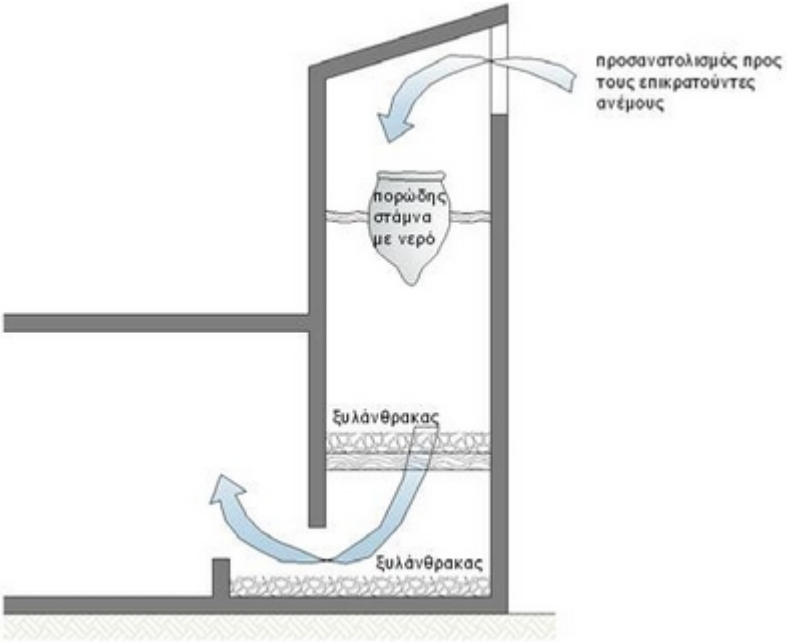
Σε περιοχές με κλίμα ζεστό και ξηρό, όπου η σχετική υγρασία είναι χαμηλή, η εξάτμιση του νερού προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας του αέρα και αύξηση της σχετικής υγρασίας. Σε κτήρια παραδοσιακά ο τρόπος φυσικού δροσισμού συνδύαζε την ροή του ζεστού αέρα επάνω από νησίδες νερού, πριν την είσοδό του να στο κτήριο (Εικόνες 5.24 και 5.25).

Σήμερα, επανέρχεται στην αρχιτεκτονική η χρήση μικρών δεξαμενών νερού σε κατάλληλες θέσεις, έτσι ώστε ο ζεστός εξωτερικός αέρας που διέρχεται επάνω από το νερό να προκαλεί εξάτμιση, λόγω της απορροφούμενης θερμότητας από την επιφάνεια του νερού και, συνεπώς, να εισέρχεται πιο

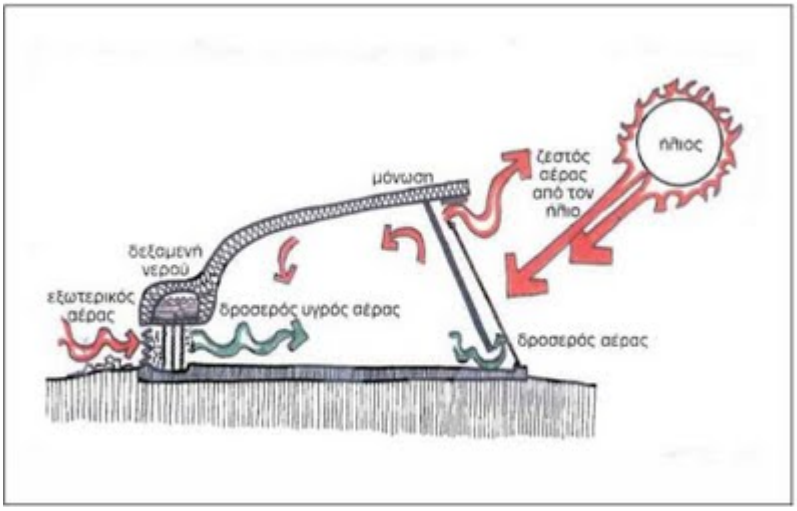
δροσερός μέσα στο κτήριο, δημιουργώντας συνθήκες ευχάριστης δροσιάς. Εάν μάλιστα συνδυαστεί με την κατασκευή ηλιακής καμινάδας, τότε η ροή του ζεστού αέρα επιταχύνεται και απομακρύνεται πιο γρήγορα (Εικόνα 5.26).




*Εικόνα 5.26 Φυσική ψύξη κτιρίου μέσω εξάτμησης νερού την ημέρα και ακτινοβολία θερμότητας τη νύχτα*




Εικόνα 5.27 Δροσισμός με εξάτμιση από πύργο ψύξης, που ενδείκνυται για φυσικό δροσισμό σε ξηρά κλίματα




*Εικόνα 5.28 Φυσικός αερισμός μέσω εξάτμισης νερού και χρήση ηλιακής καμινάδας για την επιτάχυνση του αερισμού*

**β) Η βλάστηση**

Η βλάστηση –δέντρα, θάμνοι, ακόμη και καλλωπιστικά φυτά- συμβάλλει στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής μειώνει την θερμοκρασία του αέρα το καλοκαίρι.Η χρήση της βλάστησης στον εξωτερικό χώρο ρυθμίζει το

μικροκλίμα του άμεσου περιβάλλοντος, μειώνοντας σημαντικά τις υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες.Η σύγχρονη αρχιτεκτονική, ανταποκρινόμενη στις ανάγκες των ανθρώπων, επιχειρεί να εισαγάγει την φύση και μέσα στα κτίρια.

## 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., «Βιοκλιματική Προσέγγιση της Υπόσκαφης Κατοικίας. Η εμπειρία της Σαντορίνης», Διδακτορική Διατριβή, Επιστημονική Επετηρίδα Πολυτεχνικής Σχολής, Α.Π.Θ., Αρ. 13, Τόμος Ι, Θεσσαλονίκη 1985.
- 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».
- Αξαρλή, Κ., «Φυσικός δροσισμός: ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων το καλοκαίρι», περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ, Νο 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/
- Διαδίκτυο: www.battlemccarthy.com/.../doubleskinanalysis.htm
- Διαδίκτυο: www.coolroofs-eu.eu
- Διαδίκτυο: www.richard rogers.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., & Celaire, 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 5.1 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/54-f5c90838d4.png
- Εικόνα 5.2 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/55-1c68995774.jpg
- Εικόνα 5.3 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/55-1c68995774.jpg
- Εικόνα 5.4 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/56-33be97f5ca.jpg
- Εικόνα 5.5 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/62-54d25eeb9b.jpg
- Εικόνα 5.6 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/63-221e819475.jpg
- Εικόνα 5.7 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/104-a35fc8072e.jpg
- Εικόνα 5.8 : http://htmlimg3.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/65-85a1901125.jpg
- Εικόνα 5.9 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/66-58f62bf51b.jpg
- Εικόνα 5.10 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/66-58f62bf51b.jpg
- Εικόνα 5.11 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/67-052de77dfd.jpg
- Εικόνα 5.12 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/67-052de77dfd.jpg
- Εικόνα 5.13 : http://htmlimg3.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/68-841c21fc42.jpg
- Εικόνα 5.14 : http://htmlimg3.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/68-841c21fc42.jpg
- Εικόνα 5.15 : http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/69-99c2a762bf.jpg
- Εικόνα 5.16 : http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/69-99c2a762bf.jpg
- Εικόνα 5.17 : http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/69-99c2a762bf.jpg
- Εικόνα 5.18 : http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/70-e92b9f86f6.jpg
- Εικόνα 5.19 : http://htmlimg1.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/70-e92b9f86f6.jpg
- Εικόνα 5.20 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/71-d1c3fef8be.jpg
- Εικόνα 5.21 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/71-d1c3fef8be.jpg
- Εικόνα 5.22 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/72-7922024600.jpg
- Εικόνα 5.23 : http://htmlimg3.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/73-a1cc14982f.jpg
- Εικόνα 5.24 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/74-4ccdf9001f.jpg

- Εικόνα 5.25 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/74-4ccdf9001f.jpg
- Εικόνα 5.26 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/75-348031c52f.jpg
- Εικόνα 5.27 : http://htmlimg2.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/75-348031c52f.jpg
- Εικόνα 5.28 : http://htmlimg4.scribdassets.com/1xfdwshakgv949h/images/76-2738285b70.jpg

# 6. Φωτισμός

Η σωστή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, μπορεί να αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τον τεχνητό φωτισμό και να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στην εξοικονόμηση ενέργειας, γενικότερα, ενός κτιρίου, στην οπτική άνεση και στην βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των ενοίκων. Ένα καλό σύστημα φυσικού φωτισμού λαμβάνει υπόψη τον προσανατολισμό, την οργάνωση και τη γεωμετρία των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν, την εγκατάσταση, το σχήμα και τις διαστάσεις των ανοιγμάτων, τη θέση και τις ιδιότητες των επιφανειών των εσωτερικών χωρισμάτων, που ανακλούν το φυσικό φως και επηρεάζουν τη διανομή του, καθώς και τη θέση και το σχήμα των διατάξεων που παρέχουν προστασία από το υπερβολικό φως και τη θάμβωση. Πρόκειται δηλαδή για μια ενιαία μελέτη του χώρου, των υαλοστασίων, των πλαισίων και των διατάξεων σκιασμού.

## 6.1. Φυσικός φωτισμός και ευεξία ενοίκων

*Εικόνα 6.1 Φυσικός φωτισμός*

Ο φυσικός φωτισμός στα κτήρια συνίσταται ιδιαίτερα, δεδομένης της μεταβλητότητας και της ευαισθησίας του, που δημιουργούν περιβάλλον πιο ευχάριστο από το αντίστοιχο μονότονο που δημιουργεί ο τεχνητός φωτισμός. Υποστηρίζεται ότι συνδέεται με την καλή **ψυχική υγεία του ατόμου** και το σύνδρομο εποχικής συναισθηματικής διαταραχής.
Πειραματικές ομάδες με σημάδια μελαγχολίας είχαν μετρήσιμες αλλαγές στη διάθεση τους, όταν υπέστησαν σε θεραπεία με χρήση φωτός παρόμοιο με το ηλιακό κατά την θερινή περίοδο.

## 6.2. Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση περιγράφει την ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να αναγνωρίζει και να αναλύει λεπτομερώς εύκολα ό,τι βρίσκεται στο πεδίο ορατότητας του, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα, την ποιότητα και τη ακρίβεια της αντιληπτικότητας του. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από της **συνθήκες**

**φωτισμού** του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο. Όταν υπάρχει **ανεπαρκής φωτισμός**, ή το φαινόμενο της **θάμβωσης** (κακή κατανομή του φωτός που μπορεί να περισπά ελαφρά ή να τυφλώνει οπτικά τους ενοίκους, δημιουργώντας αίσθημα κόπωσης και δυσφορίας), η ικανότητα του ατόμου να δει αντικείμενα ή λεπτομέρειες σε ένα χώρο μειώνεται. Όσον αφορά στην οπτική άνεση, η ικανότητα του οφθαλμού να προσαρμόζεται στις αλλαγές στάθμης και στο χαρακτήρα του φωτισμού είναι πολύ σημαντική για τον μελετητή του φωτισμού. Εφαρμόζεται εμπειρικά ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στην αλλαγή από το ζωηρό φυσικό φως της υπαίθρου, σε ένα χώρο με τεχνητό φωτισμό, αρκεί η στάθμη του τεχνητού φωτισμού (η ποσότητα του δηλαδή) να είναι το ένα εκατοστό (ή περισσότερο) από την στάθμη του εξωτερικού φωτισμού. Το μέγεθος προσδιορίζεται από την ανάγκη του οφθαλμού να προσαρμοστεί όχι μόνο στην αλλαγή της στάθμης λαμπρότητας, αλλά επίσης στην αλλαγή στον χαρακτήρα του φωτός. Για την εξασφάλιση καλής οπτικής άνεσης **απαιτείται στους εσωτερικούς χώρους να υπάρχει επαρκής ποσότητας φωτισμού** (στάθμη φωτισμού) αφενός και αφετέρου **ομαλή κατανομή**, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της θάμβωσης. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/ υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα). Ένας συμβατικός, μονός υαλοπίνακας μεταδίδει το 85% της ακτινοβολίας που προσπίπτει, ενώ ένας διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας εκπέμπουν μειωμένο ποσοστό ακτινοβολίας, περίπου 70% και 60% αντίστοιχα.

## 6.3. Φυσικός φωτισμός και εξοικονόμηση ενέργειας

Ο φωτισμός συνδέεται επίσης με την κατανάλωση ενέργειας. Από το σύνολο της παραγόμενης πρωτογενούς ενέργειας, περίπου το 1/3 χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το δε ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιείται για φωτισμό υπολογίζεται σε περίπου 4%. Συνεπώς, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό φαίνεται να συνεισφέρει πολύ λίγο στην συνολική εξοικονόμηση ενέργειας.
Ωστόσο, αν εξετάσουμε τον κτιριακό τομέα οδηγούμαστε στα εξής αποτελέσματα:

| **Είδος κτιρίου** | **Γενική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας(%)** | **Ηλεκτρική κατανάλωση σε φωτισμό** |
|---|---|---|
| Βιομηχανικά κτίρια | 35,5% | 2,5% |
| Κατοικίες | 39,5% | 2,5% |
| Εμπορικά κτίρια-Κτίρια γραφείων | 12% | 8,0% |

Πίνακας 6.1

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι στα εμπορικά κτήρια και στα κτήρια γραφείων, ο φωτισμός καταναλώνει μεγάλο ποσό από τις συνολικές ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα στοχεύουν στην μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας, που απαιτείται για φωτισμό και στην μείωση των ωρών χρήσης του τεχνητού φωτισμού.

## 6.4. Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

<u>Κατηγορίες συστημάτων:</u>

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία (παράθυρα)
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί/ Φωτοσωλήνες

Ενώ οι τεχνικές που σκοπεύουν στην βελτίωση αυτών των συστημάτων περιλαμβάνουν:

- Ηλιοστάσια
- Ειδικούς υαλοπίνακες
- Σκίαστρα
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Ράφια φωτισμού
- Ανακλαστικές περσίδες
- Διαφανή μονωτικά υλικά

### 6.4.1. Ανοίγματα Οροφής

Τα ανοίγματα οροφής, τα οποία μπορεί να φέρουν διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες, παρουσιάζουν τα εξής **πλεονεκτήματα** σε σχέση με τα ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία:

- Συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φωτός σε όλο το χώρο
- Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός (που προτιμάται έναντι του άμεσου φωτός) από τον ουράνιο θόλο.

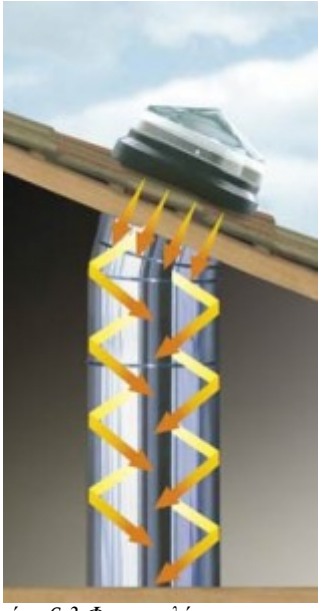
Έχουν το **μειονέκτημα,** ωστόσο, ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα λόγο της οριζόντιας θέσης τους, δεδομένου ότι ο ήλιος κατά το θέρος είναι ψηλότερα. Για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού, όπως είναι οι ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα.

### 6.4.2 Αίθρια

Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτιρίου, συμβάλλουν στην **βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού**, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους. Επίσης βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο θόλο, με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεπιθύμητης εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης. Εξασφαλίζουν, δηλαδή καλή οπτική άνεση για ένα κτήριο Η στάθμη φωτισμού των διάφορων χώρων καθορίζεται από τα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά** του αίθριου, την **ανακλαστικότητα των επιφανειών** (τοίχων-δαπέδων) και τα **οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων** που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο.

*Εικόνα 6.2 Αίθριο*

### 6.4.3. Φωτοσωλήνες



*Εικόνα 6.3 Φωτοσωλήνας*

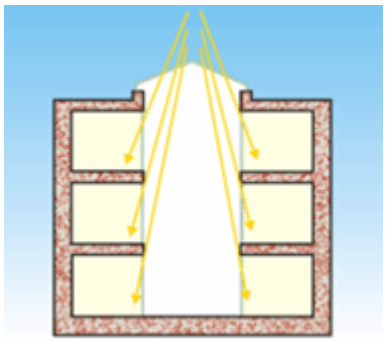
*Εικόνα 6.4 Φωτοσωλήνες*

Πρόκειται για σωλήνες (light pipes) διαμέτρου 0,5 m περίπου, που εξέχουν από την στέγη, διαπερνούν τη **σοφίτα ή το δώμα** και καταλήγουν στο εσωτερικό του κτιρίου. Η εσωτερική επιφάνεια τους είναι κατασκευασμένη από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο βαθμό. Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το φως μεταφέρεται στο κτήριο χωρίς μεγάλες απώλειες. Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο το μήκος του. Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Διαφορετικά θα πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής. Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, πλήρως ακριλικοί φωτωσωλήνες, ενώ στο εσωτερικό τους μπορούν να έχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες τον καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν η εισερχόμενη φωτεινή δέσμη χρειάζεται να διανεμηθεί σε επιμέρους δέσμες. Χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ιδίως σε κτήρια που χρησιμοποιούνται κυρίως **κατά τη διάρκεια της ημέρας**, όπως είναι αποθήκες και στο οικιακό τομέα, στους διαδρόμους και στους προθαλάμους-εισόδους. Δεν είναι σχετικά ακριβοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτήρια.

### 6.4.4. Φωταγωγοί

Παραλλαγή των φωτοσωλήνων είναι οι φωταγωγοί (light ducts) οι οποίοι είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτήριο κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνηθέστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μας σειράς από διαχυτικά τζάμια, κατάλληλης γεωμετρίας. Είναι δύσκολο, ωστόσο, να

προσαρμοστούν σε υφιστάμενο κτήριο, λόγω των αλλαγών που χρειάζονται να γίνουν για τα ανοίγματα. Γι'αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε καινούρια κτίρια.

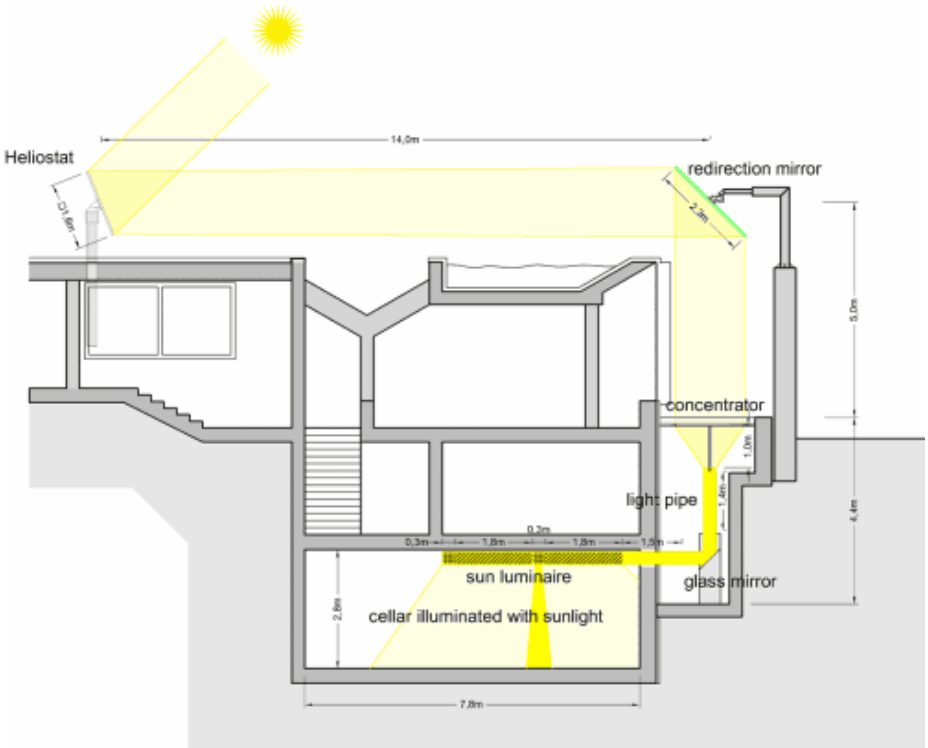


*Εικόνα. 6.5 Φωταγωγός*

### 6.4.5. Ηλιοστάσια

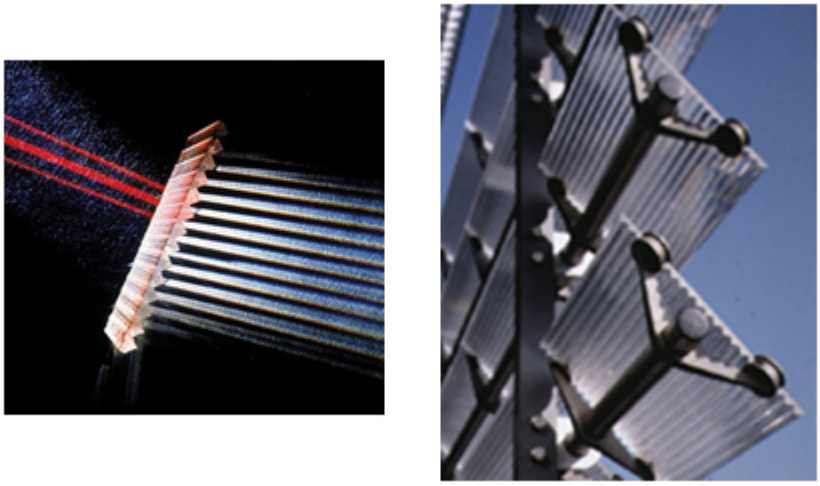
*Εικόνα 6.6 Ηλιοστάσιο*

Τα ηλιοστάσια είναι ένα σύστημα κατόπτρων και φακών που τοποθετούνται στα δώματα των κτιρίων και συλλέγουν το φυσικό φως. Η θέση τους ρυθμίζεται έτσι ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα φυσικού φωτός, ανάλογα με την εποχή του έτος και την ώρα της ημέρας. Το φυσικό φως που συγκεντρώνεται κατευθύνεται σε δέσμη προς την είσοδο ενός φωτοσωλήνα ή ενός φωταγωγού, δια μέσου του οποίου μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.




*Εικόνα 6.7 Χρήση ηλιοστασίων γα φυσικό φωτισμό*

### 6.4.6. Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά



*Εικόνα 6.8 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά*

Πρόκειται για **ημιδιαφανή στοιχεία**, που διαθλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αναλόγως της κατασκευής τους μπορούν είτε να της αλλάξουν κατεύθυνση, είτε να αποκλείσουν τελείως την είσοδο της. Τοποθετούνται στο **κέλυφος του κτιρίου** , ή **μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων**.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πρισματικοί ακριλικοί υαλοπίνακες, που αποτρέπουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών με κατάλληλο προσανατολισμό. Για καλύτερη ηλιοπροστασία, είναι απαραίτητη η ρύθμιση της κλίσης τους ανάλογα με το ύψος του ήλιου. Μια ειδική κατηγορία αποτελούν οι ασύμμετροι υαλοπίνακες (τα στοιχειώδη πρίσματα τους δεν έχουν όμοιες πλευρές), οι οποίοι έχουν

την ιδιότητα να αλλάζουν την διεύθυνση των ηλιακών ακτινών, με σκοπό τη βελτίωση της οπτικής άνεσης. Άλλες κατηγορίες υαλοπινάκων έχουν αναπτυχθεί στο κεφάλαιο της ηλιοπροστασίας.

### 6.4.7. Ράφια φωτισμού

Πρόκειται για επίπεδα, ή καμπύλα σταθερά στοιχεία (light shelves), που τοποθετούνται οριζόντια στα πλαίσια των ανοιγμάτων, πάνω από το επίπεδο του ματιού και προεξέχουν εξωτερικά ή εσωτερικά. Από πάνω τους, στη συνέχεια του παραθύρου, υπάρχει άνοιγμα- θυρίδα. **Σκοπό έχουν** να μειώσουν το επίπεδο φωτισμού κοντά στο παράθυρο και να το αυξήσουν στο πίσω μέρος του χώρου. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στις **νότιες όψεις**, βελτιώνουν τη διανομή του φυσικού φωτός, προκαλώντας μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο και αποφυγή της θάμβωσης.

*Εικόνα 6.9 Εξωτερικά ράφια φωτισμού*

Τα **εξωτερικά ράφια** φωτισμού είναι **πιο αποτελεσματικά** από τα εσωτερικά, ενώ ο συνδυασμός τους επιφέρει μεγαλύτερη ακόμη απόδοση στο σύστημα. Ένας πρακτικός κανόνας υπαγορεύει ότι το μήκος του ραφιού πρέπει να είναι περίπου ίσο με το ύψος του παραθύρου που βρίσκεται πάνω του, ενώ το υλικό του πρέπει να είναι αρκετά ανακλαστικό.

### 6.4.8. Ανακλαστικές περσίδες

*Εικόνα 6.10 Ανακλαστικές περσίδες*

1.Σταθερές περσίδες

Πρόκειται για ένα πλαίσιο με σταθερές περσίδες από ανακλαστικό υλικό που καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια ενός ανοίγματος ή τμήμα του. Η κλίση των περσίδων καθορίζεται έτσι ώστε να αποτρέπεται η διείσδυση των ηλιακών ακτινών **κατά την περίοδο του θέρους.**
Η ανακλαστική τους ικανότητα μπορεί να μειωθεί εξαιτίας της συγκέντρωσης ρύπων στην επιφάνεια τους, γι'αυτό απαιτείται συχνή συντήρηση.

2.Ρυθμιζόμενες περσίδες

**Μειονέκτημα των σταθερών περσίδων** είναι ότι λειτουργούν αποτελεσματικά μόνο για ορισμένη διεύθυνση των ηλιακών ακτινών. Έτσι προτιμούνται οι ρυθμιζόμενες, των οποίων η ρύθμιση γίνεται είτε χειροκίνητα, είτε μηχανοκίνητα. Πιο εξελιγμένα συστήματα περιλαμβάνουν καμπύλες περσίδες, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με ρυθμιζόμενο πλαστικό φιλμ. Εκτός από την κλίση των περσίδων, ρυθμίζεται επίσης, η κλίση του φιλμ αυτού, έτσι ώστε για κάθε γωνία πρόσπτωσης των ακτινών, η ανακλώμενη δέσμη να διατηρεί σταθερή κατεύθυνση. Εκτός από την εκτροπή των ηλιακών ακτινών κατά το θέρος και την αντιμετώπιση της θάμβωσης, λειτουργούν επίσης αποτελεσματικά όσον αφορά τον απαιτούμενο **χειμερινό ηλιασμό**.

Τόσο οι σταθερές, όσο και οι κινητές ανακλαστικές περσίδες μπορούν να τοποθετηθούν **εσωτερικά, αλλά και εξωτερικά** του ανοίγματος, αλλά και στο διάκενο διπλών τζαμιών.

### 6.4.9. Διαφανή μονωτικά υλικά

*Εικόνα 6.11 Διαφανής μόνωση*

Πρόκειται για υλικά που λειτουργούν όπως τα πρότυπα μονωτικά υλικά, ενώ ταυτόχρονα **επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός** δια μέσου αυτών. Περιορίζονται έτσι οι απώλειες από θερμική μετάδοση από το κτήριο, ενώ επιτρέπεται στο φως να συνεχίζει να μεταδίδεται. Επειδή, η διαφανής θερμομόνωση απορροφά τόσο την ακτινοβολία που προσπίπτει άμεσα στην επιφάνειά της όσο και τη διάχυτη ακτινοβολία, επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε οποιαδήποτε όψη κι αν εφαρμοστεί. Μπορεί να τοποθετηθεί **τόσο σε τοίχους, αλλά και σε οροφές**. Εάν για λόγους οικονομίας αποφασιστεί να μη μονωθούν όλες οι όψεις, η πρώτη επιλογή είναι η **νότια όψη και ακολουθούν η ανατολική και η δυτική**. Η διαφανής μόνωση έχει 2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες. Διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν, επίσης, μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% -80% , με μια μείωση γύρω στο 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα. Το κόστος αυτών των

υλικών παραμένει σχετικά υψηλό, ενώ απαιτούνται ορισμένες βελτιώσεις, για να διατηρούνται οι αποδόσεις και οι θερμοοπτικές ιδιότητες των υλικών, καθώς και η διάρκεια ζωής τους. Σε υφιστάμενα κτήρια μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από υπάρχουσα αμόνωτη τοιχοποιία, όπως γίνεται και η προσθήκη της συνήθους θερμομόνωσης.

*Εικόνα 6.12 Διαφανής θερμομόνωση*

## Βιβλιογραφία


- Διαδίκτυο: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm
- Anink David, BoonstraChiel, Mak John, 'Handbook for a Sustainable Building, An EnvironmentalPreference Method for Selection of Materials for Use in Construction & Refurbishment', James&James, April 1996
- Lewis Owen J., Goulding John, Brophy Vivienne, 'Solar Bioclimatic Architecture', Brussels, 1997
- Brown G. Z., 'Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies', John Wiley & Sons Limited, New York 1985
- Shaw Alexander, 'Energy Design for Architects', The Fairmont Press 1989
- The Energy Research Group-School of Architecture-University College Dublin, 'Energy inArchitecture- The European Passive Solar Handbook', Brussels 1996
- Colombo R., 'Passive Solar Architecture for Mediterranean Area, Design Handbook', February 1994
- http://ergo-tel.blogspot.com
- Izard Jean-Louis, 'Architecture d' Ete: Construire pour le Comfort d' Ete'
- 'European Directory of Sustainable and Energy Efficient Buildings', James & James, London 1995
- 'Day lighting in buildings', A thermie program action, The European Comission Direcrorate-General for energy http://erg.ucd.ie/mb_daylighting_in_building.pdf
- Τσίπηρας Κώστας, Τσίπηρας Θέμης, "Οικολογική Αρχιτρεκτονική, βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσώτερα αρχιτεκτονική", Εκδόσεις Κέδρος, 2005
- http://www.evonymos.org
- http://www.kagioulisinox.gr
- http://www.panariello.gr
- http://eu.art.com
- http://greenedmonton.ca/mcnzh-light-pipes


## *Πηγές Εικόνων*

- Εικόνα 6.1: http://www.mybike.gr /
- Εικόνα 6.2: http://www.all4me.gr

- Εικόνα 6.3: http://www.all4me.gr
- Εικόνα 6.4:http://greenedmonton.ca/mcnzh-light-pipes
- Εικόνα 6.5: http://www.all4me.gr
- Εικόνα 6.8: http://www.cres.gr
- Εικόνα 6.10: http://www.cres.gr
- Εικόνα 6.11: www.tsb.wetterau.de

# 7. Βιοκλιματικός σχεδιασμός με ενσωμάτωση ΑΠΕ

## 7.1. Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Κάθε φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού συνήθως πυριτίου. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην ένωση των δυο αυτών στρωμάτων, παράγεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων εξαρτάται από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους

Τα συνηθισμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι τα άμορφα πολυκρυσταλλικά στοιχεία και μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου. Αυτοί οι δύο τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων διαφέρουν ως προς τον τρόπο κατασκευής τους και τα χαρακτηριστικά τους, δηλαδή ως προς το χρώμα τους, την εμφάνισή τους, την ανακλαστικότητά τους κ.α.

Η χρήση φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι πολύ σημαντική διότι εξοικονομεί μεγάλα ποσά ενέργειας και προστατεύει το περιβάλλον, όμως ως τεχνολογία είναι ακριβή και η εφαρμογή της σε κάποιες περιπτώσεις ασύμφορη. Στη χώρα μας όπου υπάρχει ηλιοφάνεια τις περισσότερες μέρες του χρόνου, η χρησιμοποίηση φωτοβολταϊκών
συστημάτων είναι καλή επιλογή, διότι δίνεται η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε απομακρυσμένες και κατοικημένες περιοχές χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον. Στην Ελλάδα, ιδίως σε περιοχές που δεν υπάρχει ηλεκτρικό δίκτυο, η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ενδεδειγμένη και οικονομική για την κάλυψη των αναγκών τους σε ηλεκτρισμό.

*Εικόνα 7.1 φωτοβολταϊκά πάνελ σε στέγη κατοικίας*

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία εκμεταλλεύεται την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε 1 τετραγωνικό μέτρο μπορεί να φτάσει στο 1 KW σε μια ηλιόλουστη μέρα. Η ενέργεια που προσπίπτει σε ένα έτος συνολικά σε μια επιφάνεια εξαρτάται από τον προσανατολισμό και τη γεωγραφική θέση της επιφάνειας. Στην Αθήνα, η τιμή της ετήσιας ενέργειας που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου είναι περίπου 1500KWh, και λαμβάνοντας υπόψη ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που κυκλοφορούν στην αγορά

μετατρέπουν περίπου το 11% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, ένα πλαίσιο επιφάνειας ενός τετρ. μέτρου παράγει περίπου 110Wp (Watt / panel).

Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στοιχείων στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων είναι μια τεχνική που αναπτύσσεται συνεχώς λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας, της μείωσης του κόστους, του ελληνικού κλίματος αλλά και της ενεργειακής κρίσης. Έχουν αναπτυχθεί επίσης φωτοβολταϊκά στοιχεία που τοποθετούνται στις προσόψεις και τις στέγες.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν ομάδες φωτοβολταϊκών στοιχείων συνδεδεμένων σε σειρά ή παράλληλα διαμορφώνοντας ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Ένα από τα σημαντικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου, είναι η ισχύς αιχμής που εκφράζει την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ όταν το φωτοβολταϊκό πλαίσιο εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία 1kW/m2.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που κυκλοφορούν στην αγορά έχουν απόδοση 11%, δηλαδή μετατρέπουν το 11% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια, σε ένα πλαίσιο επιφάνειας ενός τετραγωνικού μέτρου το οποίο παράγει 110W ηλεκτρικής ισχύος.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, τους συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και το σύστημα μετατροπής ισχύος. Ο πιο δημοφιλής τύπος συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται είναι τύπου μολύβδου-οξέως, ανοικτού ή κλειστού τύπου, ειδικά σχεδιασμένοι για ηλιακά συστήματα ηλιακής ενέργειας. Για τη μετατροπή της ισχύος χρησιμοποιούνται μετατροπείς ισχύος ή αντιστροφείς συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα, μετατροπείς συνεχούς/ συνεχούς ρεύματος και ρυθμιστές φόρτισης.

Η συνολική απόδοση καθώς και η διάρκεια ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, βασίζεται στη σωστή φόρτιση και εκφόρτιση των συσσωρευτών, στη βελτιστοποίηση της ονομαστικής ισχύος του αναστροφέα και στην ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών από μερικό φορτίο λειτουργίας. Οι βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων διακρίνονται:

- Στο αυτόνομο σύστημα, το οποίο έχει τη δυνατότητα παροχής συνεχούς εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση μετατροπέα ισχύος.
- Στο σύστημα συνδεδεμένο με το δίκτυο, το οποίο αποτελείται από μια συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων, η οποία είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός αντιστροφέα.

Στα κεντρικά συστήματα μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος, η παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ενέργεια παρέχεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ σε εφαρμογές μικρής εγκατεστημένης ισχύος, τα φωτοβολταϊκά πρέπει να καλύπτουν συγκεκριμένο φορτίο, το δίκτυο χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας.

- Στο υβριδικό σύστημα, το οποίο είναι αυτόνομο και αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία που λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας όπως μια γεννήτρια πετρελαίου ή μια ανεμογεννήτρια.
- Στο σύστημα μικρής ισχύος, το οποίο εγκαθίσταται σε κτίρια που διαθέτουν ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα. Χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αντλιών και ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Διαθέτει ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος, ο οποίος διακόπτει τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος, όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί και δεν απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση ενέργειας. Σε κάποιες περιπτώσεις, αποτελείται από ένα μόνο φωτοβολταϊκό πλαίσιο που τροφοδοτεί ένα ανεμιστήρα και το χειμώνα χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο κτίριο και το καλοκαίρι για τον αερισμό των υπερθερμαινόμενων χώρων.

Η χρήση των φωτοβολταϊκών πλαισίων ως λειτουργικά δομικά στοιχεία του κτιρίου διαμορφώνει νέες και οικονομικά ελκυστικότερες λύσεις. Σε αυτό συμβάλλει και η ανάπτυξη νέων ημιδιαφανών φωτοβολταϊκών πλαισίων που χρησιμοποιούνται στη θέση των υαλοπινάκων παρέχοντας παράλληλα ηλιοπροστασία και ηλιακή ενέργεια κατά τους θερινούς μήνες. Η ενσωμάτωσή τους στην πρόσοψη ή την οροφή του κτιρίου γίνεται με διάφορους τρόπους. Οι τέσσερις βασικοί τρόποι τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κτίριο γίνεται με:

- Την τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, καθώς στην αγορά υπάρχει ποικιλία μεταλλικών και ξύλινων στηριγμάτων που χρησιμοποιούνται κατά τέτοιο τρόπο που να ταιριάζει στο κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Σε κάποια από αυτά η κλίση τους είναι ρυθμιζόμενη, αυτό διευκολύνει την πρόσβαση στο εμπρός και το πίσω μέρος των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε περίπτωση που γίνει συντήρηση και συμβάλλει στον καλό αερισμό και δροσισμό τους αυξάνοντας την απόδοσή τους. Όμως το κόστος είναι υψηλό και απαιτείται χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.
- Την απευθείας τοποθέτηση, στην οποία η εξωτερική επίστρωση του κτιρίου αντικαθίστανται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Ένας τρόπος να τοποθετούνται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι το ένα να επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, προστατεύοντας το κτίριο, όμως δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα στεγανοποίησής του. Το κόστος αυτής της μεθόδου είναι χαμηλό διότι δεν απαιτεί πολλά πρόσθετα υλικά, ενώ η υποκατάσταση κάποιων δομικών στοιχείων για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μειώνει το συνολικό κόστος.
- Την τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοσμένη στο εξωτερικό του κελύφους, η οποία εξέχει από την οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου. Η κατασκευή αυτή στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου, θα πρέπει όμως το κτίριο να έχει καλή μόνωση στα σημεία που στηρίζεται η βάση. Βέβαια, εκτός από τη μόνωση θα πρέπει να διευκολύνει τον αερισμό και την ψύξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Το κόστος αυτής της τεχνικής τοποθέτησης είναι μικρότερο από το κόστος τοποθέτησης σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά υψηλότερο από το κόστος της απευθείας τοποθέτησης ή της ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου. Η χρήση αυτής της τεχνικής είναι ιδανική όταν γίνεται ανακαίνιση σε κτίρια όπου δεν μπορούν να γίνουν εύκολα εξωτερικές παρεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφος.
- Την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου, κατά την οποία υποκαθίστανται ολόκληρα τμήματα του κτιριακού κελύφους από φωτοβολταϊκά πλαίσια. Για την σωστή εφαρμογή αυτής της μεθόδου, απαιτείται στεγανή σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μεταξύ τους. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που δεν διαθέτουν μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη συμβατικών διαφανών ορόφων ή προσόψεων. Τα νέα ημιδιαφανή στοιχεία μπορούν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων παρέχοντας τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών ηλιοπροστασίας και φωτισμού με την παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου συμβάλλει στη μείωση του κόστους, λόγω της εξοικονόμησης του κόστους από τα δομικά στοιχεία του κελύφους που αντικαθιστώνται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων εκφράζεται σε €/W αιχμής. Το συνολικό κόστος για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα προκύπτει από τα εξής: φωτοβολταϊκά πλαίσια 40%- 60%, συσσωρευτές 15%-25%, αντιστροφείς 10%-15%, υποδομή στήριξης 10%-15%, σχεδιασμός και εγκατάσταση 8%-12%. Η διάρκεια ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι περίπου 20 χρόνια χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση ενώ κατά τη διάρκεια αυτής της εικοσαετίας οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4 με 5 φορές.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι το είδος εφαρμογής και αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο ή όχι. Τα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο είναι πιο οικονομικά από τα αυτόνομα συστήματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυτά τα συστήματα δεν

απαιτούν συσσωρευτές, έτσι το κόστος ανά W μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Το κόστος των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα κυμαίνεται από 8.217- 9.391 €/ kW, αντίθετα το κόστος των συνδεδεμένων με το δίκτυο συστημάτων είναι περίπου 7.336€/kW. Το κόστος παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα εκτιμάται στα 0,65€/kWh για το αυτόνομο σύστημα λίγων kW εγκατεστημένης ισχύος και 0,44€/ kWh για το συνδεδεμένο με το δίκτυο σύστημα. Το κράτος επιδοτεί την αγορά και εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων μέσω της φοροαπαλλαγής έως και κατά 75% του κόστους τους. Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων αν και προβλέπεται επιδότηση αφορά μεγάλα συστήματα και αποκλείονται οι μικροί καταναλωτές.

Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης, το γεγονός ότι μετατρέπουν ένα 5%-15% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική (το πόσο είναι το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε). Άλλα πλεονεκτήματα είναι η μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας, καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα είναι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοσθεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση, το γεγονός ότι λειτουργούν αθόρυβα, το μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, η δυνατότητα ενσωμάτωσής τους σε οροφές, προσόψεις κτιρίων ως κύρια δομικά στοιχεία, επίσης, υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η αξιοπιστία και η μεγάλη διάρκεια ζωής, η απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές. Τέλος, η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων βοηθά το περιβάλλον και την κοινωνία καθώς συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι το κόστος τους, κυρίως για τον οικιακό τομέα, όπου δεν παρέχονται ιδιαίτερες επιδοτήσεις.

Από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια το κυριότερο όφελος που προκύπτει είναι η χρήση τους ως δομικά στοιχεία τα οποία αντικαθιστούν άλλα υλικά εξωτερικής επιφάνειας των κτιρίων τα οποία έχουν σημαντικό κόστος όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη προσόψεων των κτιρίων. Η εξοικονόμηση που προκύπτει από την αποφυγή αυτού του κόστους καθιστά οικονομικότερη τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται στα κτίρια για την κάλυψη ολόκληρης ή μέρους της οροφής του κτιρίου, για τη χρήση τους σε γυάλινες προσόψεις του κτιρίου αλλά και σε επιφάνειες προστασίας από καιρικές συνθήκες όπως στέγαστρα και σκίαστρα.

Κατά την ενσωμάτωσή τους στο κτίριο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το αρχιτεκτονικό σχέδιο ώστε να δένουν με το κτίριο αισθητικά. Στην εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κοινά πλαίσια με το πλαίσιο του αλουμινίου που διαθέτουν, κι απαιτείται μια πρόσθετη ενδιάμεση κατασκευή στην οποία θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Στα νέα κτίρια, κατά την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων προτιμάται η χρήση πλαισίων που δεν διαθέτουν αλουμίνιο και επιτρέπουν την ενσωμάτωση τους ως δομικές επιφάνειες του κτιρίου. Επίσης μπορεί να γίνει με ειδικά σχεδιασμένα υλικά ή με τυποποιημένα υλικά που τα χρησιμοποιούν για τη στήριξη των υαλοπινάκων.

Για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι απαραίτητη η μελέτη του κατάλληλου προσανατολισμού και της κλίσης ώστε να υπάρχει η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό μπορεί να γίνει στα φωτοβολταϊκά που είναι τοποθετημένα στο έδαφος, βέβαια αυτό είναι επιθυμητό και στις εφαρμογές των φωτοβολταϊκών στα

κτίρια, όμως οι απώλειες από το μη σωστό προσανατολισμό δεν είναι τόσο σημαντικές συγκρινόμενες με τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση πλαισίων σε αντικατάσταση άλλων δομικών στοιχείων του κτιρίου. Θα πρέπει ο μελετητής να φροντίζει κατά την εφαρμογή τους να μην προκαλείται σκιασμός στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων από παρακείμενα κτίρια ή αντικείμενα, τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, διότι αυτό μπορεί να μειώσει την παραγόμενη ισχύ. Αν η ηλιακή ακτινοβολία δεν προσπίπτει ομοιόμορφα σε όλα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, συνίσταται η σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε μικρές συστοιχίες με ομοιόμορφη πρόσπτωση της ακτινοβολίας. Αν σε αυτή τη συστοιχία δεν υπάρχει πρόσπτωση ακτινοβολίας ή σε περίπτωση μερικού σκιασμού αυτής, η απόδοση ολόκληρης της συστοιχίας καθορίζεται από την απόδοση του πλαισίου με τη μικρότερη απόδοση.

Ο τρόπος που συνδέονται ηλεκτρικά τα φωτοβολταϊκά γίνεται ως εξής : η έξοδος της φωτοβολταϊκής συστοιχίας, συνδέεται μέσω κατάλληλων μετατροπέων στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιείται για την μερική κάλυψη των αναγκών του κτιρίου, ενώ οι υπόλοιπες ανάγκες καλύπτονται από το ηλεκτρικό δίκτυο, κι ο ιδιοκτήτης ωφελείται από τη μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Ειδικά σε περιόδους όπου η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από τις ανάγκες του κτιρίου, τότε το πλεόνασμα της ενέργειας πωλείται στο δίκτυο με την προβλεπόμενη τιμή. Για να συνδεθεί η φωτοβολταϊκή συστοιχία με το ηλεκτρικό δίκτυο, χρησιμοποιούνται μετατροπείς για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Λόγω της υψηλής τεχνολογίας των μετατροπέων, επιτρέπεται η παροχή ηλεκτρικής ισχύος εξόδου υψηλής ποιότητας, και υπάρχει η δυνατότητα διακοπής της λειτουργίας σε περίπτωση που διακόπτεται η παροχή του δικτύου.

Οι ενεργειακές ανάγκες που καλύπτουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ο φωτισμός, η ψύξη, οι τηλεπικοινωνίες, η ηχητική κάλυψη και κάθε άλλη ενεργειακή ανάγκη που μπορεί να καλυφθεί εφόσον το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι κατάλληλα σχεδιασμένο. Τα φωτοβολταϊκά παράγουν συνεχές ρεύμα το οποίο είτε χρησιμοποιείται ως έχει είτε με τις κατάλληλες μετατροπές γίνεται εναλλασσόμενο. Για λόγους απόδοσης και οικονομίας, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων για την τροφοδότηση θερμικών ηλεκτρικών συσκευών. Γι' αυτές τις περιπτώσεις προτιμάται η χρήση ηλιακών θερμοσιφώνων, ηλιακού κλιματισμού, εφαρμογές με φυσικό αέριο αλλά και υγραέριο. Αντίθετα, οι ανάγκες που δημιουργούν ο φωτισμός με λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας και η χρήση ηλεκτρικών συσκευών καλύπτονται εύκολα και οικονομικά με τα φωτοβολταϊκά.

Όσον αφορά στις μέρες που δεν υπάρχει λιακάδα, υπάρχει άφθονο διάχυτο φως και τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν ηλεκτρισμό διότι η λειτουργία τους βασίζεται στο φως της ηλιακής ακτινοβολίας κι όχι στην θερμότητα του ήλιου, αν και η απόδοση του συστήματος θα είναι μειωμένη λόγω της συννεφιάς, αυτό μπορεί να μην καλύπτει τις ανάγκες της κατοικίας και να πρέπει να τις καλύψει συνδεόμενο με το δίκτυο εφόσον η κατοικία είναι συνδεδεμένη με τη ΔΕΗ.

## 7.2. Γεωθερμία

Η γεωθερμία, συνήθως χρησιμοποιείται στις κατοικίες για τη θέρμανση των θερμοκηπίων, επίσης χρησιμοποιείται για την τηλεθέρμανση των κτιρίων στη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων, αλλά και σε άλλους τομείς εκτός της αρχιτεκτονικής.

Όσον αφορά στη θέρμανση και την ψύξη των χώρων της κατοικίας, η οποία εφαρμόζεται εδώ και αρκετά χρόνια σε χώρες του δυτικού κόσμου, χρησιμοποιούνται κυρίως γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν εκμεταλλευόμενα τη σταθερή θερμοκρασία της γης με

σκοπό να αντλούν ενέργεια και είτε να θερμαίνουν τους χώρους είτε να αποβάλλουν τη θερμότητα και να ψύχουν το κτίριο.

*Εικόνα 7.2 Γεωθερμικές αντλίες*

Τα συστήματα που λειτουργούν χρησιμοποιώντας γεωθερμικές αντλίες θερμότητας περιλαμβάνουν τρία μέρη. Το πρώτο αποτελείται από ένα δίκτυο σωληνώσεων μέσα στο οποίο κυκλοφορεί νερό κι αποκαλείται εναλλάκτης κλειστού κυκλώματος, σε αυτό το δίκτυο οι σωλήνες απλώνονται σε χαντάκια όπου υπάρχει διαθέσιμη ελεύθερη έκταση οικοπέδου, επίσης μπορούν να τοποθετηθούν σε πολλές κάθετες γεωτρήσεις σε περίπτωση που ο διαθέσιμος χώρος είναι περιορισμένος ή η κατοικία βρίσκεται σε βραχώδη έκταση. Επιπλέον αντί για το δίκτυο σωληνώσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπόγεια ύδατα, μια μικρή λίμνη ή και η θάλασσα εφόσον υπάρχουν. Τότε ο γεωθερμικός εναλλάκτης καλείται εναλλάκτης ανοιχτού κυκλώματος.

Το δεύτερο μέρος, αποτελείται από την αντλία θερμότητας, στην αντλία θερμότητας, το νερό φτάνει από το δίκτυο του γεωθερμικού εναλλάκτη, σε σταθερή θερμοκρασία, και χρησιμοποιείται είτε για τη θέρμανση του χώρου είτε για την ψύξη του. Η λειτουργία αυτού του συστήματος είναι παρόμοια με αυτή των κλιματιστικών, η διαφορά είναι ότι τα κλιματιστικά χρησιμοποιούν τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα εξαερώνοντας ή υγροποιώντας το πτητικό αέριο που περιέχουν ενώ η γεωθερμική αντλία χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία του νερού.

Το τρίτο τμήμα του συστήματος αποτελείται κι αυτό από δίκτυο σωληνώσεων που τρέχει μέσα στο δίκτυο στο οποίο αποδίδει ή από το οποίο παραλαμβάνει θερμότητα, κι αυτό μπορεί να είναι είτε ενδοδαπέδιο, είτε επιτοίχιο είτε δίκτυο με θερμαντικά σώματα με ενσωματωμένο ανεμιστήρα τα λεγόμενα fan coils.

## Βιβλιογραφία


- Greenpeace, Ηλιακός Ηλεκτρισμός στο σπίτι σας.
- AFME, CATED, Projection Solaires, Domaine de Saint-Paul, Saint Remy-les-Chevreuses, 1989.
- COFEDES, Architecture, Climats, Energie: Outils et demarches pedagogiques, Paris 1986.
- Τσίπηρας Κ. &Θ. Στ., Οικολογική Αρχιτεκτονική, εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα 2005.
- Givoni Baruch, Climate Considerations in Building and Urban Design, Van Reinhold, N.Y.΄98.
- O.E.C.D., Guidelines for the Economic Analysis of Renewable Energy Technology Applications, Chateau Montebello, Quebec, 1991.
- Colombo R.,Passive Solar Architecture for Mediterranean Area,Design Handbook,February΄94.
- Anink David, Boonstra Chiel, Mak John, Handbook for a Sustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction & Refurbishment, James& James, April 1996.

- Fernandes Eduardo de Oliveira, Yannas Simos, Energy and Buildings for Temperate Climates A Mediterranean Regional Approach, Pergamon Press 1988.
- ΚΑΠΕ, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά συγκροτήματα, Αθήνα 2002.
- Harrison R., Mortimer N.D., Smarason O.B., Geothermal Heating, Brussels 1990.


### *Πηγές εικόνων*


- Εικόνα 7.1 :
http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRWTMcdHsOjH3wRD9kT4iccUW4TrqtaaghIxc3l25pXvZya5NrV3Q
- Εικόνα 7.2 :
http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTwcyGmXKLSqX0Vwsi6OKUieTFCnEvUqG778DTrvXrdaNIiaOl


# 8. Λογισμικά ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ και ECOTECT

## 8.1. ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ

Το ειδικό λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ).

Επίσης, με τη συμβολή μεγάλου αριθμού εξειδικευμένων επιστημόνων αλλά και απλών χρηστών έγινε προσπάθεια ενσωμάτωσης των περισσότερων παρατηρήσεων από την πιλοτική διάθεσή του, προκειμένου για την αναβάθμιση και βελτίωση του και πλέον αποτελεί ένα κοινό σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ελλάδα.

Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Στο λογισμικό εισάγονται δεδομένα σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκιάσεις κ.α.), καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των απαραίτητων Η/Μ εγκαταστάσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης / ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών, εκτυπώνονται σε αντίστοιχες αναφορές του λογισμικού.

Το λογισμικό δεν υποστηρίζει τις μελέτες σχεδιασμού του κτιρίου (π.χ. αρχιτεκτονική μελέτη, μελέτη θέρμανσης, κλιματισμού και λοιπών Η/Μ εγκαταστάσεων), που υποβάλλονται για τα νέα κτήρια και οι οποίες πρέπει να προηγηθούν και είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς της Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου. Μέσω των τελικών μελετών σχεδιασμού τεκμηριώνεται η εφαρμογή ή η αδυναμία εφαρμογής (στο βαθμό που αυτό επιτρέπεται) των ελάχιστων προδιαγραφών (σχεδιασμός κτιρίου, κτιριακού κελύφους και Η/Μ εγκαταστάσεων) για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ. Η τεκμηρίωση εφαρμογής ή αδυναμίας εφαρμογής των ελάχιστων προδιαγραφών θα πρέπει να αναφέρονται - περιγράφονται στο τεύχος της μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, όπως ορίζεται στο άρθρο 11 του ΚΕΝΑΚ.

Το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ χρησιμοποιείται για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης, προκειμένου για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων, με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης - ΠΕΑ. Επίσης χρησιμοποιείται στο στάδιο σύνταξης και υποβολής Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης και μόνο για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου, προκειμένου να υπάρχει κοινή μεθοδολογία και αντιστοιχία των αποτελεσμάτων της μελέτης με εκείνα της ενεργειακής επιθεώρησης μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του κτιρίου.

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του ΚΕΝΑΚ, για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ ΕΝ ISO 13790, και των υπολοίπων σχετικών προτύπων. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων που είναι τμήμα της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, χρησιμοποιούνται λογισμικά τα οποία θα πρέπει να αξιολογούνται από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ), του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ).

Για τα υπόλοιπα στάδια εκπόνησης και σύνταξης της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (τεκμηρίωση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας, τεκμηρίωση ηλεκτρομηχανολογικού σχεδιασμού), μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπολογιστικά ή σχεδιαστικά εργαλεία κατά την κρίση και επιθυμία του μελετητή.

Στη Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης αναγράφεται υποχρεωτικά η έκδοση και η έγκριση του λογισμικού που χρησιμοποιείται όπως επίσης και το S/N και η έκδοση του ειδικού λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ που χρησιμοποιήθηκε για την ενεργειακή κατάταξη και αποτελεί τον υπολογιστικό πυρήνα και των υπολοίπων αξιολογημένων λογισμικών της αγοράς σε ό,τι αφορά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου.

Απαιτήσεις Κ.Εν.Α.Κ. για τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., αναφέρεται :

- Στο άρθρο 8: Ελάχιστες προδιαγραφές κτιρίων: απαιτείται στο σχεδιασμό των νέων κτιρίων η «**ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων (ΠΗΣ),** όπως: άμεσου ηλιακού κέρδους (νότια ανοίγματα), τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο) κ.ά.»

- Στο Άρθρο 11: Περιεχόμενα μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου: Το τεύχος της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου όσον αφορά το σχεδιασμό του κτιρίου περιλαμβάνει (παράγραφος 2.6) «**Περιγραφή λειτουργίας των παθητικών συστημάτων** για τη χειμερινή και θερινή περίοδο: υπολογισμός επιφάνειας παθητικών ηλιακών συστημάτων άμεσου και έμμεσου κέρδους (κάθετης / κεκλιμένης / οριζόντιας επιφάνειας), για τα συστήματα με μέγιστη απόκλιση έως 30ο από το νότο, καθώς και του ποσοστού της επί της αντίστοιχης συνολικής επιφάνειας της όψης.

Όσον αφορά στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των παθητικών συστημάτων:

- Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., τα παθητικά ηλιακά συστήματα που πιθανώς ενσωματώνονται στο εξεταζόμενο κτήριο **δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης για το κτιριο αναφοράς, εκτός από το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους.**

Δηλαδή δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια:

- ο τοίχος Trombe, ο τοίχος θερμικής μάζας και γενικώς οποιοσδήποτε τοίχος ή άλλο στοιχείο θερμικής συσσώρευσης,

- το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτιρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου, που θεωρείται ως εξωτερική επιφάνεια του κελύφους προς μη θερμαινόμενο χώρο, καθώς το προσαρτημένο θερμοκήπιο λογίζεται ως χώρος που δεν θερμαίνεται.

Σ ’ αυτήν την περίπτωση, στο κτήριο αναφοράς τα ιδιαίτερα δομικά στοιχεία των παθητικών ηλιακών συστημάτων που δεν διαθέτουν ικανοποιητική θερμομόνωση (τοίχος Trombe, τοίχος θερμικής μάζας, διαχωριστικός τοίχος κτιρίου-ηλιακού χώρου κλπ) αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά που ανταποκρίνονται σε συντελεστή θερμοπερατότητας $U_V$-W (W/(m²K)) τον μέγιστο επιτρεπτό για την αντίστοιχη θερμική ζώνη.

Για τον υπολογισμό της συνεισφοράς των παθητικών ηλιακών συστημάτων στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, **είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός και καταγραφή διαφόρων παραμέτρων** που σχετίζονται με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των παθητικών ηλιακών συστημάτων και αναφέρονται αναλυτικά στη μελέτη σχεδιασμού που περιλαμβάνεται στην ενεργειακή μελέτη του κτιρίου.

Θα πρέπει ο μελετητής να λαμβάνει υπόψη στους υπολογισμούς τις εξής παραμέτρους:

- Τον τύπο του παθητικού ηλιακού συστήματος: άμεσου ηλιακού κέρδους και έμμεσου κέρδους, όπως το προσαρτημένο θερμοκήπιο (ηλιακός χώρος), ο τοίχος Trombe, ο τοίχος μάζας κ.ά.

- Τη διαφανή επιφάνεια του παθητικού ηλιακού συστήματος σε $m^2$. Ανάλογα με το παθητικό ηλιακό σύστημα, προσδιορίζεται η διαφανής επιφάνεια (υαλοστάσιο), τόσο ως προς τη γεωμετρία της [$m^2$], όσο και ως προς τις θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών όπως τη θερμοπερατότητα, την ηλιακή διαπερατότητα, την ανακλαστικότητα και τη διείσδυση του αέρα ($m^3$/sec). Επίσης καταγράφεται ο συντελεστής σκίασης, ο προσανατολισμός, η κλίση της επιφάνειας και η νυχτερινή προστασία.

- Για τα παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέδρους: τον προσδιορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών και της γεωμετρίας των εσωτερικών επιφανειών του χώρου, η οποία λαμβάνεται υπόψη ως επιφάνεια υψηλής θερμικής μάζας που αποθηκεύει τη θερμική ενέργεια από τον ήλιο. Γι’ αυτές τις επιφάνειες προσδιορίζεται το πάχος τους [m], η θερμοχωρητικότητα τους [kJ/kg·K], η θερμοπερατότητά τους [W/($m^2$K)] και η απορροφητικότητα τους στην ηλιακή ακτινοβολία.

- Για τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους: τον προσδιορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών του αδιαφανούς δομικού στοιχείου που χρησιμοποιείται ως στοιχείο αποθήκευσης (τοίχου Trombe, τοίχου μάζας κ.ά.). Γι' αυτές τις επιφάνειες προσδιορίζεται το πάχος τους (m), η θερμοχωρητικότητα τους [kJ/kg·K], η θερμοπερατότητά τους [W/($m^2$K)] και η απορροφητικότητα τους στην ηλιακή ακτινοβολία και η εκπεμπτικότητα τους στη θερμική ακτινοβολία.

- Για τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους με τοίχο Trombe ή τοίχο θερμικής μάζας: τον προσδιορισμό επίσης της απόστασης διακένου (cm) μεταξύ κουφώματος και αδιαφανούς αποθηκευτικής επιφάνειας (τοίχου Trombe ή τοίχου μάζας), την κυκλοφορία αέρα αν εφαρμόζεται μεταξύ του διακένου του παθητικού ηλιακού συστήματος και του εξωτερικού περιβάλλοντος, καθώς και την κυκλοφορία αέρα μεταξύ του διακένου του παθητικού ηλιακού συστήματος και του εσωτερικού χώρου του κτιρίου μέσω κατάλληλων θυρίδων κυκλοφορίας αέρα. Για τις θυρίδες αερισμού προσδιορίζεται και η επιφάνειας τους ($m^2$).

Για **τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων**, προς το παρόν **δεν λαμβάνονται, υπόψη τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους** με τοίχο Trombe ή/και τοίχο θερμικής μάζας, μέχρις επιλύσεως υπολογιστικών διαφορών που έχουν δημοσιευθεί στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά πρότυπα. Ο τελικός καθορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών των Π.Η.Σ. όπως θα λαμβάνονται στους υπολογισμούς θα γίνει με επικαιροποίηση των τεχνικών οδηγιών. Προς το παρόν στην περίπτωση που ένα κτήριο ή τμήμα κτιρίου διαθέτει τοίχο Trombe ή/και τοίχο θερμικής μάζας, τότε στους υπολογισμούς λαμβάνεται υπόψη ότι η επιφάνεια του Π.Η.Σ. είναι μια

συμβατική αδιαφανής επιφάνεια, με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_V$-W (W/(m²K)) το μισό του μέγιστου επιτρεπτού για την αντίστοιχη θερμική ζώνη. Τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά, συντελεστής σκίασης, απορροφητικότητα και συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία λαμβάνονται όπως οι αδιαφανείς επιφάνειες του κτιρίου αναφοράς.

## 8.2. ECOTECT

### 8.2.1. Γενικα

Το ecotect είναι ένα λογισμικό που συνδυάζει τον τρισδιάστατο σχεδιασμό κτιρίων με λειτουργίες προσομοίωσης και την ανάλυση απόδοσης του κτιρίου.

### 8.2.2. Περιγραφή

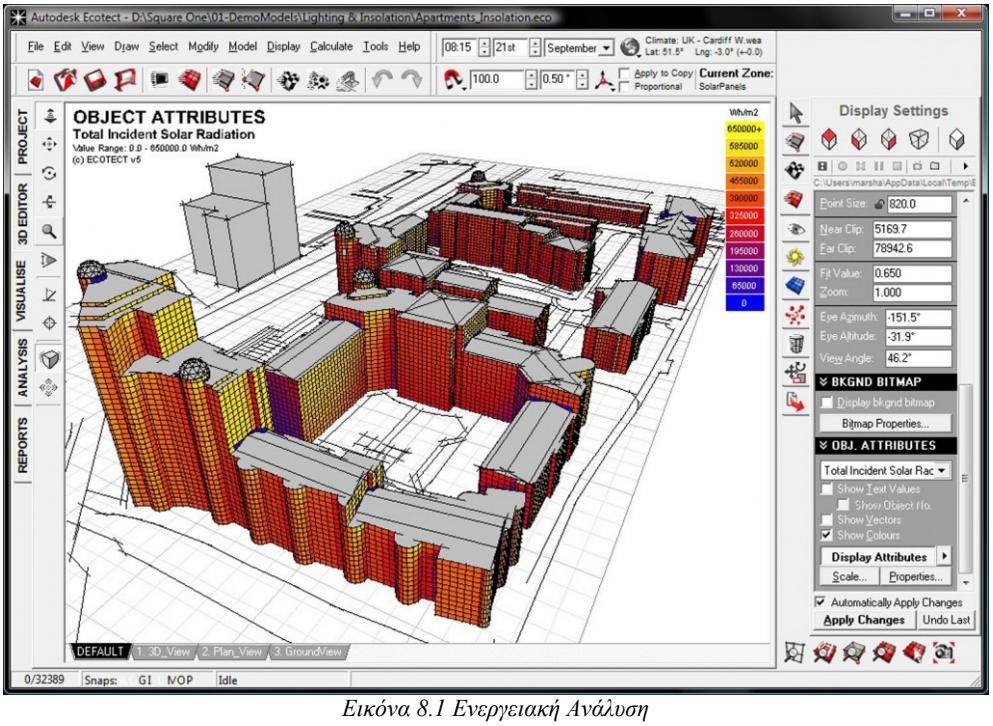
Το Ecotect Analysis παρέχει μια ευρεία ανάλυση και προσομοίωση στα κτιριακά μοντέλα. Προσφέρει ενεργειακή ανάλυση πόρων και εκπομπών ρύπων του κτιρίου, παράγοντας μια πλήρη περιβαλλοντική προσομοίωση με αναλυτικά αποτελέσματα.

Έτσι ο μελετητής έχει την δυνατότητα να διερευνήσει εναλλακτικές σχεδιαστικές προτάσεις ακόμη από το αρχικό στάδιο της μελέτης και να παραδώσει ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο.

Χρησιμοποιώντας αμφίδρομη επικοινωνία μέσω της τεχνολογίας BIM (building information modeling) το Ecotect Analysis παρέχει λύσεις για μεταφορά δεδομένων έτσι ώστε να μειώνεται η ανάγκη για επανασχεδιασμό του έργου.

### 8.2.3. Ενεργειακή Ανάλυση

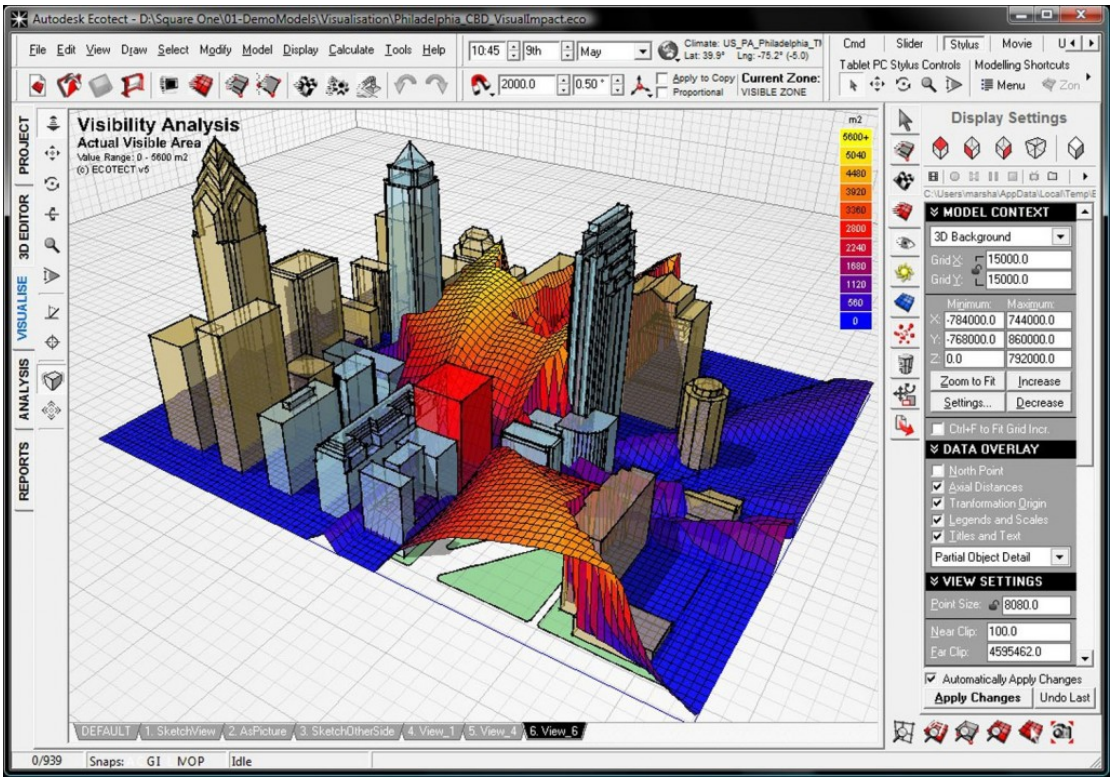
Με την καθολική ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου το Ecotect Analysis υπολογίζει τη συνολική ενέργεια που μπορεί να καταναλώνει μία κατασκευή για να λειτουργήσει, καθώς επίσης και τις εκπομπές άνθρακα προς το περιβάλλον σε ετήσια, μηνιαία αλλά και ωριαία βάση.




*Εικόνα 8.1 Ενεργειακή Ανάλυση*

Εξοικονόμηση Ενέργειας

Με τη βοήθεια οπτικής απεικόνισης το Ecotect μας βοηθά να αναλύσουμε πριν το έργο υλοποιηθεί κατά πόσο μπορούν να επηρεαστούν οι επιφάνειές του από το φωτισμό του ηλίου, τι σκιές θα δημιουργηθούν από τα περιβάλλοντα κτίρια, πώς θα επηρεαστούν τα γωνιακά σημεία του κτιρίου, ποιες πλευρές θα δέχονται παραπάνω φωτισμό (και ενέργεια) από τον ήλιο και ποια όχι (έτσι ώστε να υπολογιστούν μεγαλύτερα ανοίγματα και παράθυρα) με αποτέλεσμα χρήση λιγότερης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό.




*Εικόνα 8.2 Ανάλυση ορατότητας*

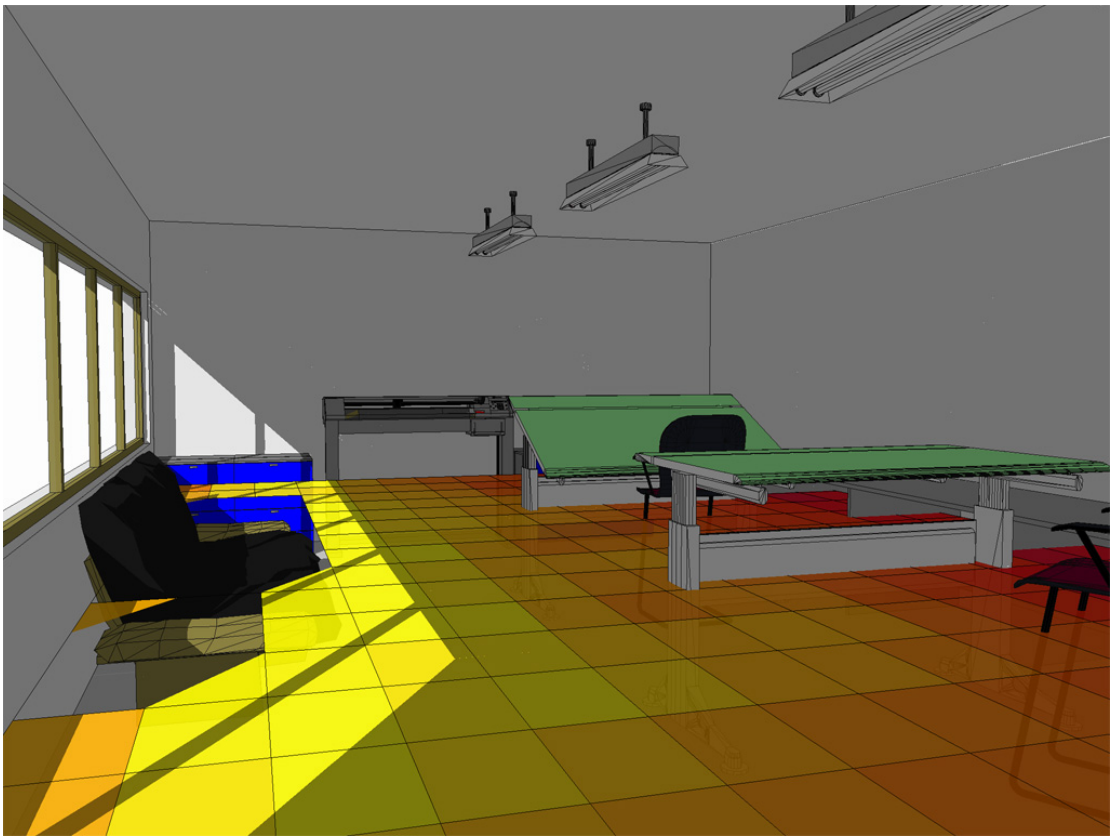
Χρήση Νερού

Υπολογισμός για την κατανάλωση του νερού και αξιολόγηση δαπανών.

Το Ecotect Analysis κατ' εκτίμηση υπολογίζει την κατανάλωση νερού μέσα και έξω από το κτίριο βασισμένο στον αριθμό ενοίκων καθώς και στο τύπο και σχήμα της δόμησης.

Ανάλυση Ηλιακής Ακτινοβολίας

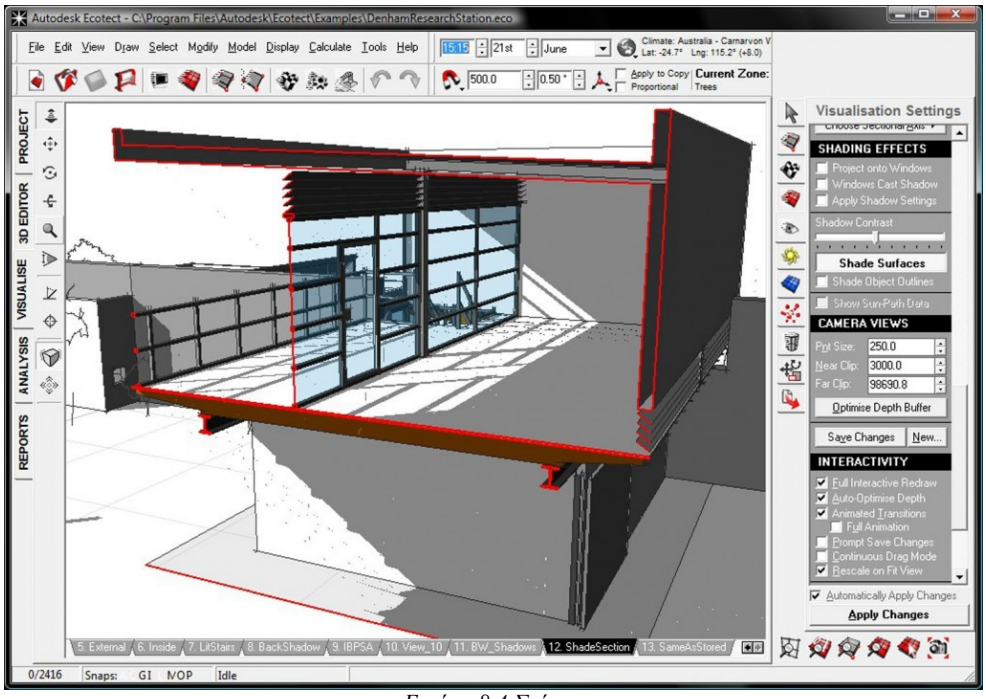
Η ανάλυση ηλιακής ακτινοβολίας δίνει τη δυνατότητα να δούμε σε απεικόνιση το τι ηλιακή ενέργεια δέχονται παράθυρα και επιφάνειες, οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές κατά περίπτωση, κατά τη διάρκεια διαφορετικών χρονικών περιόδων, εποχών, συντεταγμένων, ημερών και ωρών.



*Εικόνα 8.3 Ανάλυση Ηλιακής Ακτινοβολίας*

Σκίαση και Αντανακλαστικότητα

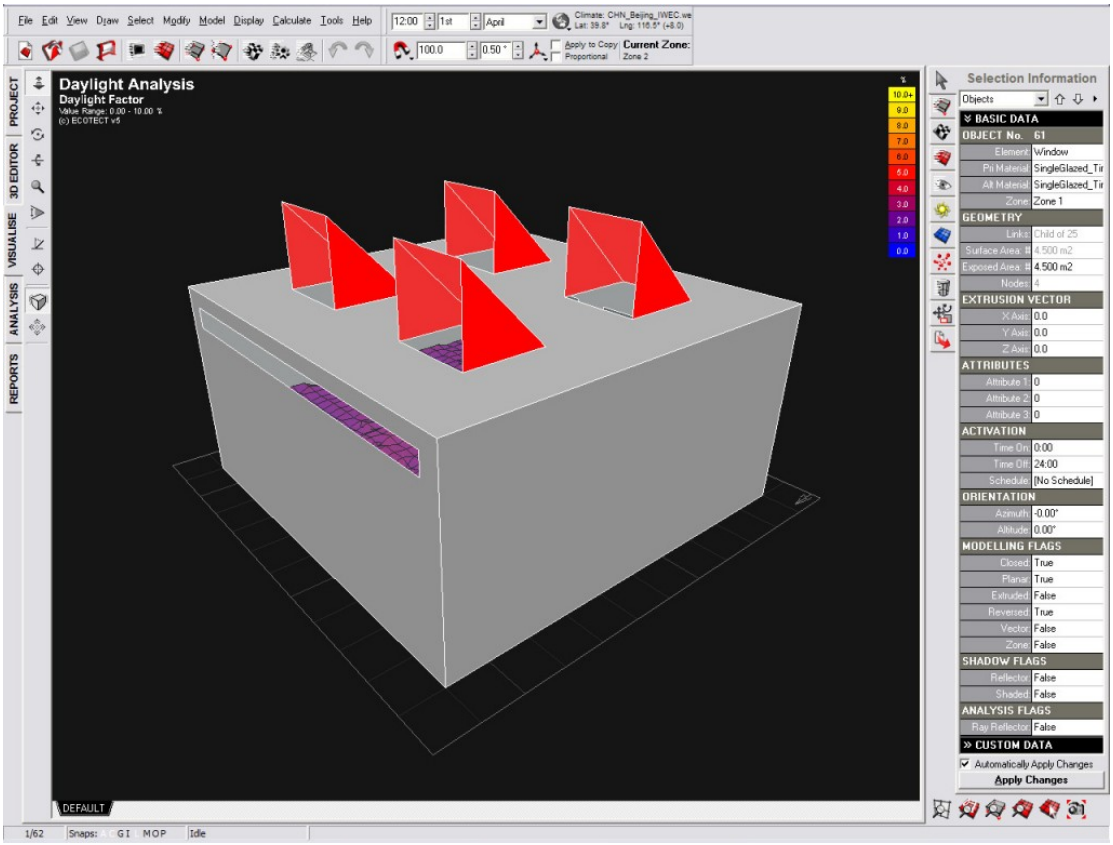
Η προσομοίωση σκιών και αντανακλάσεων παρουσιάζει τη θέση του ηλίου και τη διαδρομή του, ανάλογα με την κατασκευή του κτιρίου, οποιαδήποτε μέρα, ώρα και σε οποιεσδήποτε συντεταγμένες. Επίσης μας δίνει εικόνα του φωτός του ηλίου που μπαίνει μέσα από τα παράθυρα και κινείται μέσα στο χώρο.




*Εικόνα 8.4 Σκίαση*

Φωτοδεκτικότητα

Με την εφαρμογή "Φως της Μέρας" υπολογίζονται οι παράγοντες και τα επίπεδα φωτισμού σε οποιοδήποτε σημείο της κατασκευής. Βοηθά να υπολογιστεί πιθανή εξοικονόμησης ενέργειας η οποία εξαρτάται άμεσα από το σχεδιασμό της κατασκευής και κατά πόσο αυτός θα ανταποκρίνεται θετικά στο φως της μέρας.




*Εικόνα 8.5 Daylight Analysis*

Χρησιμοποιώντας 3d μοντέλα, οι χρήστες μπορούν να επικοινωνούν με το πρόγραμμα και να συλλέγουν πληροφορίες, όπως και πώς και πόσο φωτίζεται ένα κτίριο ή ένα δωμάτιο, τι σκιές θα δημιουργούνται, αντανακλάσεις και τη νύχτα αλλά και με φωτισμό ημέρας.

Απαιτήσεις Συστήματος

**Για 32-bit Ecotect Analysis Standalone εγκατάσταση**

**Λειτουργικό σύστημα:** Windows® 7, Windows Vista®, ή Windows® XP, Windows® NT 3.5x, ή Microsoft® 95 (ή νεώτερο)
• Intel® Pentium® II επεξεργαστής ή ισοδύναμος, 300 MHz ή γρηγορότερος
• 128 MB RAM ή περισσότερο
• 85 MB ελεύθερος σκληρός δίσκος ή μεγαλύτερος
• OpenGL® κάρτα γραφικών
• 1,024 x 768 high-color (16-bit) ανάλυση οθόνης ή μεγαλύτερη
**Note:** Windows XP 64 και Windows Vista 64 υποστηρίζονται σε 32-bit συμβατότητα μόνο.

### *Βιβλιογραφία*

- Διαδίκτυο: www.technodiastasi.eu
- Διαδίκτυο: www.4cad.gr
- Διαδίκτυο: www.tee.gr (Κ.Εν.Α.Κ. και ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010)


## 9. Πειραματικά αποτελέσματα και εφαρμογή λογισμικού ecotect analysis σε προκατασκευασμένα κτίσματα-σύγκριση αποτελεσμάτων.

### 9.1. Στόχος ανάλυσης

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό προκατασκευασμένων κτισμάτων και έγινε ανάλυση αποτελεσμάτων και σύγκριση με κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Ecotect Analysis όπου προέκυψε η ενεργειακή απόδοση των κτισμάτων και έγινε σύγκριση με τα πειραματικά αποτελέσματα.

### 9.2. Περιγραφή κτισμάτων

Οι μετρήσεις-πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε τρία προκατσκευασμένα κτίσματα ιδίων διαστάσεων (4,30x3,30μ.) και χαρακτηριστικών που τοποθετήθηκαν στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Οι είσοδοι και των τριών σπιτιών βρίσκονται στη βορινή πλευρά ενώ και τα τρία διαθέτουν από 2 παράθυρα, ένα στην ανατολική και ένα στην δυτική πλευρά τους διαστάσεων 1,20x1,00μ. Το κάθε κτίσμα αποτελείται από έναν ενιαίο χώρο και διαφοροποιούνται μεταξύ τους στη νότια πλευρά τους. Στο πρώτο είναι προσαρτημένος ηλιακός χώρος τύπου θερμοκηπίου διαστάσεων 2,95x1,45μ. με οριζόντια οροφή, το δεύτερο διαθέτει τοίχο θερμικής αποθήκευσης (Τοίχος Trombe) μαύρου χρώματος με διάκενα με επίσης οριζόντια οροφή, καθώς και τα δύο έχουν ύψος 3,00μ.Τέλος, το τρίτο κτίσμα διαθέτει στη νότια πλευρά ένα απλό παράθυρο διαστάσεων 2,10x1,05μ. ενώ έχει κεκλιμένη στέγη και είναι συνολικού ύψους 4,00μ.

### 9.3. Περιγραφή μετρήσεων

Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα 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 βάλαμε επιπλέον δύο αισθητήρες: έναν στην όροφή του θερμοκηπίου και έναν στο νότιο τοίχο στην εσωτερική πλευρά πάνω από την είσοδο του θερμοκηπίου (πρέκι). Στο κρίσμα με τον τοίχο Trombe χρησιμοποιήθηκαν επιλπέον ένας αισθητήρας στον τοίχο Trombe (νότος) και ένας στον βορινό τοίχο δίπλα στην είσοδο. Τέλος στο σπίτι με το απλό παράθυρο υπήρχαν δύο επιπλέον αισθητήρες, ένας στον νότιο τοίχο και ένας στον βόρειο.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα 21/3/2011-20/6/2011 ανά δεκάλεπτο.

### 9.4. Αποτελέσματα μετρήσεων-ανάλυση

Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που συμπεριλήφθηκαν στους υπολογισμούς είναι θερμοκρασία, υγρασία, ηλιοφάνεια και ταχύτητα ανέμου επίσης ανά δεκάλεπτο και λήφθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του ΕΜΠ στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Τα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζουν τις θερμοκρασίες εντός των τριών κτισμάτων συγριτικά με τις εξωτερικές για κάθε σπίτι χωριστά και για κάθε όψη ή σημείο τοποθέτησης αισθητήρα.

Η ανάλυση έγινε για ολόκληρη την περίοδο των μετρήσεων και για μία χαρακτηριστική εβδομάδα (17/05/2011-23/05/2011) η οποία επιλέχθηκε ως χαρακτηριστική αφού η μέση θερμοκρασία της προσεγγίζει τη μέση θερμοκρασία ολόκληρης της περιόδου των μετρήσεων. Κατά τη διάρκεια της χαρακτηριστικής εβδομάδας παρατηρήθηκε μία πτώση της μέσης θερμοκρασίας και στη συνέχεια μία άνοδος αυτής.

### 9.4.1. Ολόκληρη περίοδος των μετρήσεων

- **Μετρήσεις στο νότιο τοίχο (Διάγραμμα 1)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες του νότου στα τρία κτίσματα αλλά και τις εξωτερικές. Παρατηρούμε ότι το κτίριο με το θερμοκήπιο διατηρεί σταθερά ανώτερη θερμοκρασία από τα δύο άλλα κτίσματα ενώ το κτίσμα με το απλό παράθυρο έχει τις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασίες του τοίχου Trombe είναι ελαφρώς χαμηλότερες από αυτές του θερμοκηπίου (0,5-1 ºC) και περίπου 2 ºC ανώτερη από αυτές του σπιτιού με το απλό παράθυρο. Οι διαφορές αυτές μεγαλώνουν τις μέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια και μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία, αντίθετα όταν η ηλιοφάνεια είναι μικρή η θερμοκρασία του τοίχου Trombe και του θερμοκηπίου μειώνεται και σχεδόν ταυτίζεται προσεγγίζοντας τις θερμοκρασίες του απλού παραθύρου αφού αυτά τα δύο παθητικά ηλιακά συστήματα βασίζουν τη λειτουργία τους στην ηλιοφάνεια. Το θερμοκήπιο δηλαδή έχει μεγαλύτερα θερμικά κέρδη από τον τοίχο Trombe τις μέρες με ηλιοφάνεια. Παρατηρείται επίσης πως οι θερμοκρασίες του τοίχου Trombe και του θεροκηπίου προσεγγίζουν τις μέγιστες εξωτερικές τις μεσημεριανές ώρες και είναι πολύ ανώτερες από τις ελάχιστες εξωτερικές τις πρώτες πρωινές ώρες, όμως κάποιες μέρες ταυτίζονται ή και ξεπερνούν τις μέγιστες εξωτερικές.

- **Μετρήσεις στο βόρειο τοίχο (Διάγραμμα 2)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες του βορρά στα δύο κτίσματα αλλά και τις εξωτερικές. Και σε αυτή την περίπτωση οι θερμοκρασίες του τοίχου Trombe είναι ανώτερες από αυτές του σπιτού με το απλό παράθυρο όμως με μικρότερη μεταξύ τους διαφορά σε σχεση με το νότο. Όταν έχουμε καθοδική τάση στην εξωτερική θερμοκρασία για συνεχόμενες ημέρες τότε οι θερμοκρασίες των δύο σπιτιών ταυτίζονται και ακολουθούν την καθοδική αυτή τάση. Τέλος στην περίπτωση του βορινού τοίχου σε αντίθεση με πριν, οι θερμοκρασίες του τοίχου Trombe δεν πλησιάζουν τις μέγιστες εξωτερικές, δηλαδή τις μεσημεριανές ώρες εκτός από ελάχιστες ημέρες που είναι οι πλέον θερμές τις περιόδου.

- **Μετρήσεις στο πάτωμα (Διάγραμμα 3)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες στο δάπεδο και στα τρία κτίσματα αλλά και τις εξωτερικές. Και σε αυτή την περίπτωση οι θερμοκρασίες του θερμοκηπίου είναι ανώτερες από τα άλλα δύο κτίσματα και του σπιτιού με το απλό παράθυρο χαμηλότερες. Σε αυτήν την περίπτωση οι διαφορές των θερμοκρασιών είναι μικρότερες, με του τοίχου Trombe να είναι ελάχιστα χαμηλότερες από του θερμοκηπίου. Αντίστοιχα με τα άλλα δύο διαγράμματα και εδώ τις ημέρες όπου η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία (μεσημεριανές ώρες) είναι πολύ χαμηλότερη από το μέσο όρο των προηγούμενων ημερών και υπάρχει μικρή ηλιοφάνεια οι αισθητήρες και των τριών σπιτιών κατέγραψαν ίδιες θερμοκρασίες μεταξύ τους.

- **Μετρήσεις στο ταβάνι (Διάγραμμα 4)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες στην οροφή και στα τρία κτίσματα αλλά και τις εξωτερικές. Οι αισθητήρες αυτοί καταγράφουν την θερμοκρασία του

αέρα αφού δεν έρχονται σε επαφή με το κέλυφος. Και σε αυτήν την περίπτωση οι θερμοκρασίες του σπιτιού με το απλό παράθυρο είναι και πάλι μικρότερες από των άλλων δύο σπιτιών. Οι θερμοκρασίες του Trombe και του θερμοκηπίου είναι ίδιες μεταξύ τους κατά τη διάρκεια της μέρας εκτός από τις μεσημεριανές ώρες που το θερμοκήπιο είναι πιο θερμό κατά 0,5-1 ºC. Αυτές τις ώρες, όπου παρατηρούνται και οι αιχμές των θερμοκρασιών, το σπίτι με το απλό παράθυρο είναι σαφώς ψυχρότερο από τα άλλα δύο. Επιπλέον οι θερμοκρασίες στα τρία σπίτια πλησιάζουν περισσότερο μεταξύ τους τις πρώτες πρωινές ώρες όταν έχουμε τις ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της μέρας. Τέλος, προς το τέλος της περιόδου των μετρήσεων όπου η θερμοκρασία αυξάνεται παρατηρείται ότι οι θερμοκρασίες και στα τρία σπίτια προσεγγίζουν περισσότερο τις μέγιστες εξωτερικές.
Και στα τέσσερα αυτά διαγράμματα φαίνεται ότι το σπίτι με τον τοίχο Trombe παρουσιάζει μεγαλύτερη χρονική υστέρηση σε σχέση με τα άλλα δύο. Επίσης η θερμοκρασία στο σπιτι με το απλό παράθυρο έχει μικρότερη διακύμανση (1,5-2 ºC) κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ στα άλλα δύο παρατηρείται μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (3-4 ºC).

- **Μετρήσεις στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe (Διάγραμμα 5)**

Στο διάγραμμα αυτό φαίνονται οι θερμοκρασίες του σπιτιού με τον τοίχο Trombe σε διαφορετικά σημεία εντός του κτίσματος. Ο αισθητήρας του δαπέδου κατέγραψε τις χαμηλότερες θερμοκρασίες για όλη την περίοδο. Αυτός του βορρά κατέγραψε ελαφρώς υψηλότερες από του πατώματος με τη διαφορά να αυξάνεται την πιο θερμή περίοδο ενώ σχεδόν ταυτίζονται την ψυχρότερη περίοδο. Οι θερμοκρασίες του νότου και της οροφής (θερμοκρασία αέρα) ταυτίζονται κατά τη διάρκεια της ημέρας και είναι υψηλότερες από τα υπόλοιπα σημεία του σπιτιού κατά 1-2 ºC, ενώ τις μεσημεριανές ώρες ο νότος παρουσιάζει μεγαλύτερες αιχμές από την οροφή. Αυτές οι διαφορές στις αιχμές είναι μεγαλύτερες κατά τους ψυχρούς μήνες. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της μέρας για όλους τους αισθητήρες είναι σχεδόν ίδιες.

- **Μετρήσεις στο κτίσμα με το θερμοκήπιο (Διάγραμμα 6)**

Στο διάγραμμα αυτό φαίνονται οι θερμοκρασίες του σπιτιού με το θερμοκήπιο σε διαφορετικά σημεία εντός του κτίσματος. Και πάλι οι χαμηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται στο δάπεδο. Ο χώρος του θερμοκηπίου παρουσιάζει εντονότατες αιχμές αφού δέχεται το μεγαλύτερο θερμικό κέρδος στη διάρκεια της μέρας και επηρρεάζει με τον ίδιο τρόπο τον αισθητήρα στο νότο (πρέκι). Ο αισθητήρας της οροφής καταγράφει παρόμοιες και ελαφρώς χαμηλότερες θερμοκρασίες με αυτόν στο πρέκι. Τέλος, ο χώρος του θερμοκηπίου είναι έως και 13ºC θερμότερος από το εξωτερικό τις μεσημεριανές ώρες ενώ είναι ο ψυχρότερος χώρος του σπιτιού κατά τη διάρκεια της νύχτας με τις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες.

- **Μετρήσεις στο κτίσμα με το απλό παράθυρο (Διάγραμμα 7)**

Στο διάγραμμα αυτό φαίνονται οι θερμοκρασίες του σπιτιού με το απλό παράθυρο σε διαφορετικά σημεία εντός του κτίσματος. Οι θερμοκρασίες στα τέσσερα διαφορετικά σημεία του σπιτιού είναι σχεδόν ίδιες μεταξύ τους και ακολουθούν την ίδια τάση. Χαμηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται στο δάπεδο και υψηλότερες στην οροφή με μεταξύ τους απόκλιση εως και 1ºC στην θερμότερη περίοδο. Ακόμη, οι θερμοκρασίες των αισθητήρων διαφέρουν σταθερά μεταξύ τους εντός ενός 24ώρου.

### 9.4.2. Χαρακτηριστική εβδομάδα (17/05/2011 – 23/05/2011)

- **Μετρήσεις στο νότιο τοίχο (Διάγραμμα 8)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες του νότου στα τρία κτίσματα, μέσα στο θερμοκήπιο αλλά και τις εξωτερικές. Οι υψηλότερες και οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται εντός του θερμοκηπίου με εντονότατες αιχμές λόγω μεγάλου θερμικού κέρδους τις ώρες με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία και ηλιοφάνεια. Το σπίτι με το απλό παράθυρο είναι και πάλι σταθερά το ψυχρότερο από τα άλλα δύο. Στις πρωινές και απογευματινές ώρες η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου είναι έως και 13-14 ºC μεγαλύτερη από αυτήν του σπιτού με το απλό παράθυρο, ενώ για 4-5 ώρες κατά τη διάρκεια της νύχτας γίνεται χαμηλότερη από αυτό έως και 2 ºC. Αυτό οφείλεται στις μεγάλες θερμικές απώλειες του θερμοκηπίου τις νυχτερινές ώρες με την έλλειψη ηλιοφάνειας. Ο αισθητήρας, στο εσωτερικό του σπιτιού με το θερμοκήπιο, στο πρέκι του κουφώματος του θερμοκηπίου έχει καταγράψει τις υψηλότερες θερμοκρασίες από τα άλλα δύο σπίτια με διακύμανση έως και 5 ºC μέσα στη μέρα. Στον τοίχο Trombe οι θερμοκρασίες ήταν ελάχιστα χαμηλότερες από το πρέκι του θερμοκηπίου στη διάρκεια της μέρας ενώ οι νυχτερινές τους θερμοκρασίες πλησιάζουν μεταξύ τους καθώς το εσωτερικό του σπιτιού με το θερμοκήπιο έχει μεγαλύτερες απώλειες τη νύχτα. Παρατηρείται επίσης πως τα σπίτια με τον τοίχο Trombe και το απλό παράθυρο έχουν τη μεγαλύτερη χρονική υστέρηση από τη στιγμή της μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας μέχρι την μεγιστοποίηση της εσωτερικής λόγω μεγάλης θερμικής μάζας. Ακόμη αυτά τα δύο κτίσματα έχουν τη μικρότερη θερμοκρασιακή διακύμανση κατά τη διάρκεια της μέρας (3-4ºC) λόγω μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας από το σπίτι με το θερμοκήπιο. Στην περίπτωση της πτωτικής εξωτερικής θερμοκρασίας για δύο ή και περισσότερες ημέρες (19-20/05) το πρέκι του θερμοκηπίου χάνει το πλεονέκτημά του ως θερμότερο και ταυτίζεται θερμοκρασιακά με τον τοίχο Trombe ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η διαφορά τους με το απλό παράθυρο.

- **Μετρήσεις στο βόρειο τοίχο (Διάγραμμα 9)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες του βορρά στα δύο κτίσματα αλλά και τις εξωτερικές. Η εικόνα δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα σε σχέση με την περίπτωση του νότου με την διαφορά ότι όταν οι εξωτερικες θερμοκρασίες μειώνονται η θερμοκρασία στα δύο σπίτια ταυτίζεται (19-20/05).

- **Μετρήσεις στο πάτωμα (Διάγραμμα 10)**

Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες στο δάπεδο και στα τρία κτίσματα αλλά και τις εξωτερικές. Και σε αυτή την περίπτωση οι συνθήκες στο πρέκι του θερμοκηπίου είναι γενικά οι θερμότερες ενώ στο σπίτι με το απλό παράθυρο οι ψυχρότερες. Τις τρείς πρώτες ημέρες, όπου η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η θερμοκρασιακή συμπεριφορά και των τριών κτισμάτων είναι παρόμοια και τις νυχτερινές ώρες σχεδόν ταυτίζεται. Τις υπόλοιπες τέσσερις ημέρες της εβδομάδας, όπου η θερμοκρασία στο εξωτερικό αυξάνεται, στο εσωτερικό των σπιτιών με το θερμοκήπιο και τον τοίχο Trombe εξισώνεται τις νυχτερινές ώρες ενώ τις πρωινές το πρώτο είναι κατά 1 ºC θερμότερο. Τέλος το σπίτι με το απλό παράθυρο παραμένει καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας, αυτές τις τέσσερις ημέρες, το πιο κρύο κατά περίπου 1 ºC από αυτό με τον τοίχο Trombe.

- **Μετρήσεις στο ταβάνι (Διάγραμμα 11)**

Το διάγραμμα αυτό δείχνει τις θερμοκρασίες που έχουν καταγράψει οι αισθητήρες στην οροφή και στα τρία κτίσματα αλλά και τις εξωτερικές. Οι αισθητήρες αυτοί καταγράφουν την θερμοκρασία του αέρα αφού δεν έρχονται σε επαφή με το κέλυφος. Και εδώ παρουσιάζεται η ίδια εικόνα με το διάγραμμα του πατώματος, όμως εδώ η εξίσωση των νυχτερινών θερμοκρασιών στα τρία κτίσματα είναι πιο έντονη. Μάλιστα στις 19-20/05, που πέφτει η εξωτερική θερμοκρασία για δύο συνεχόμενες ημέρες, το σπίτι με το απλό παράθυρο παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά αφού είναι το πιο ζεστό κατά πρίπου 1ºC από τα άλλα δύο κατά τη διάρκεια της νύχτας.

- **Μετρήσεις στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe (Διάγραμμα 12)**

Στο συγκεκριμένο διάγραμμα παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες εντός του κτίσματος με τον τοίχο Trombe στο νότιο τοίχο, στο βόρειο, στην οροφή και στο δάπεδο. Το πιο κρύο μέρος του σπιτιού είναι το δάπεδο ενώ ο βόρρειος τοίχος είναι θερμότερος κατά μόλις 0,5 ºC σε όλη τη διάρκεια της χαρακτηριστικής εβδομάδας. Οι θερμοκρασίες στην εσωτερική πλευρά του τοίχου Trombe καθώς και στην οροφή στο μέσον του σπιτιού είναι ανώτερες από τις δύο προηγούμενες και όμοιες μεταξύ τους. Τα προηγούμενα ισχύουν για όλη την εβδομάδα εκτός από τις ημέρες που η εξωτερική θερμοκρασία μειώνεται περίπου κατά μέσο όρο 5ºC, ο τοίχος Trombe (νότιος) αποδεικνύεται αποτελεσματικότερος από τα υπόλοιπα σημεία του σπιτιού των οποίων οι θερμοκρασίες είναι ίδιες και περίπου 1ºC χαμηλότερες. Τέλος, όλα τα εξεταζόμενα σημεία παρουσιάζουν χρονική υστέρηση έως και 5 ώρες.

- **Μετρήσεις στο κτίσμα με το θερμοκήπιο (Διάγραμμα 13)**

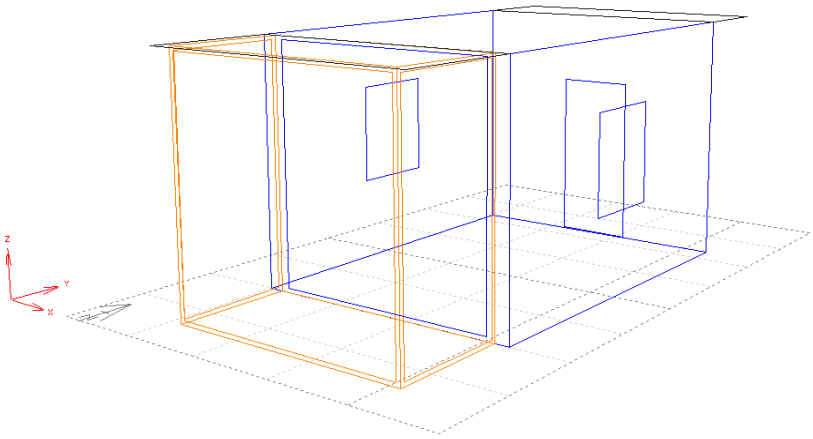
Στο συγκεκριμένο διάγραμμα παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες εντός του κτίσματος με το θερμοκήπιο στο νότιο τοίχο, εντός του θερμοκηπίου, στην οροφή και στο δάπεδο. Και εδώ φαίνεται ότι το δάπεδο εμφανίζει τις χαμηλότερες θερμοκρασίες καθ' όλη τη διάρκεια χαρακτηριστικής εβδομάδας. Οι θερμοκρασίες στον νότιο τοίχο και στην οροφή είναι οι υψηλότερες για το εσωτερικό του σπιτιού με 0,5 ºC ανώτερη αυτή του νότιου τοίχου. Στα δύο αυτά σημεία οι θερμοκρασίες είναι εμφανώς ανώτερες από του δαπέδου (2-3 ºC) τις πρωινές και απογευματινές ώρες, ενώ τις νυχτερινές η διαφορά τους μειώνεται πολύ. Στο χώρο του θερμοκηπίου παρουσιάζονται οι μέγιστες (+10ºC από το εσωτερικό του σπιτιού) και ελάχιστες (-2ºC από το εσωτερικό του σπιτιού) θερμοκρασίες από όλο το κτίσμα προκαλώντας αντίστοιχες μεταβολλές στο εσωτερικό του σπιτιού αφού αυτός ο χώρος επηρρεάζεται περισσότερο από την εξωτερική θερμοκρασία και ηλιοφάνεια. Ακόμη, φαίνεται ότι τις πιο ψυχρές ημέρες η θερμοκρασία εντός του σπιτιού ξεπερνά την εξωτερική.

- **Μετρήσεις στο κτίσμα με το απλό παράθυρο (Διάγραμμα 14)**

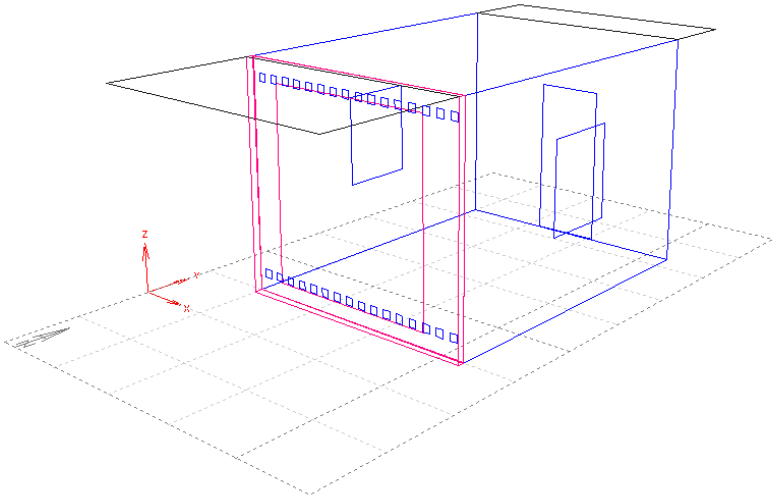
Στο διάγραμμα αυτό φαίνονται οι θερμοκρασίες του σπιτιού με το απλό παράθυρο σε διαφορετικά σημεία εντός του κτίσματος όπως και προηγουμένως, στο νότιο τοίχο, στο βόρειο, στην οροφή και στο δάπεδο. Στην περίπτωση αυτή οι θερμοκρασίες του νότιου τοίχου, του βόρειου και του δαπέδου είναι σχεδόν ίδιες τις πρώτες τέσσερις μέρες της εβδομαδας που είναι πιο κρύες, ενώ η θερμοκρασία της οροφής είναι ανώτερη κατά 1,5 ºC. Τις επόμενες ημέρες που οι εξωτερικές συνθήκες βελτιώνονται, οι θερμοκρασίες του βορρά και του νότου διαφοροποιούνται και πλησιάζουν αυτήν της οροφής. Τέλος, στο διάγραμμα φαίνεται ότι ο νότιος τοίχος έχει την μικρότερη χρονική υστέρηση καθώς έχει την μικρότερη θερμική μάζα λόγω της ύπαρξης του ανοίγματος.

## 9.5. Εφαρμογή στο Ecotect Analysis

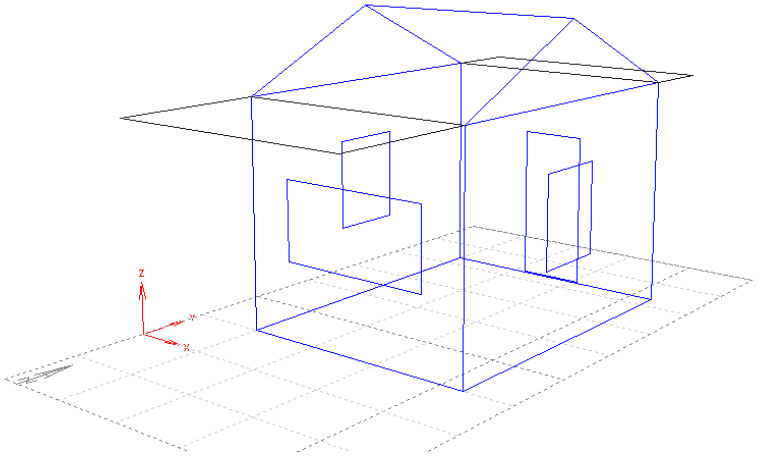
Εισήχθησαν στο λογισμικό πρόγραμμα τα αρχιτεκτονικά δεδομένα των προκατασκευασμένων κτισμάτων, ο προσανατολισμός τους καθώς και τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής με σκοπό την θερμική ανάλυση των κτισμτάτων και την αξιολόγηση των παθητικών ηλιακών συστημάτων και την εύρεση του αποδοτικότερου. Συγκεκριμένα το σπίτι με το απλό παράθυρο αποτελείται από μία θερμική ζώνη, ενώ το θερμοκήπιο αποτελεί επιπλέον θερμική ζώνη καθώς και ο τοίχος Trombe.



*Εικόνα 9.1 Κτίσμα με θερμοκήπιο στη νότια όψη*



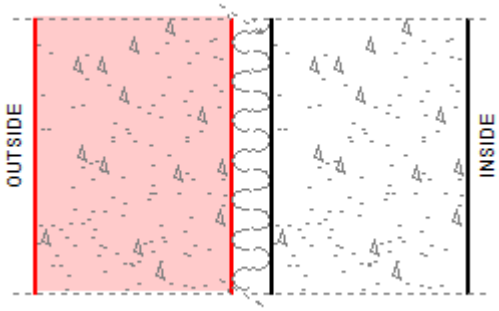
*Εικόνα 9.2 Κτίσμα με τοίχο Trombe στη νότια όψη*



*Εικόνα 9.3 Κτίσμα με απλό παράθυρο στη νότια όψη*

### 9.5.1. Δομικά υλικά

Εξωτερική τοιχοποιία: 15εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα, 3εκ. αφρώδης πολυουρεθάνη, 15εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 0,73W/m2K.

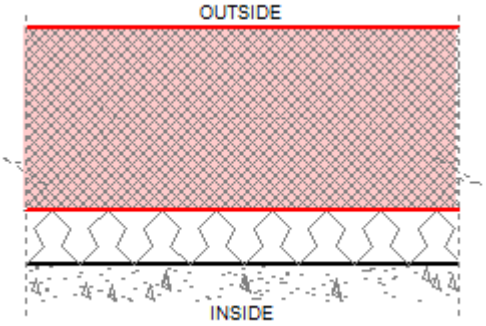



Τοίχος Trombe: 20εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 3,88W/m2K. (Παράρτημα Εικόνα 1 σελ. 161)

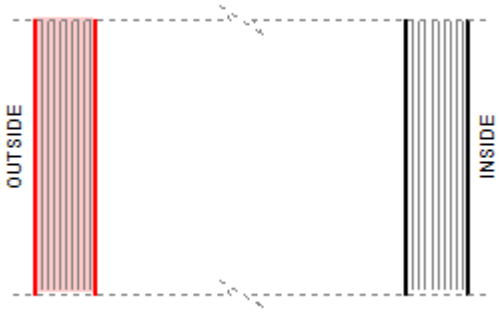
Δάπεδο: 15εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 4,2W/m2K. . (Παράρτημα Εικόνα 2 σελ.161)

Ταβάνι: 15εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 4,2W/m2K. (Παράρτημα Εικόνα 3 σελ. 161)

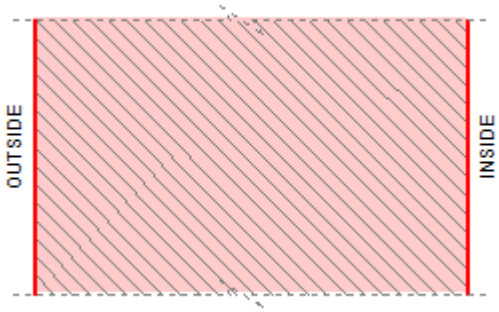
Σκεπή: 10εκ. κεραμίδια, 3εκ. αφρώδης πολυουρεθάνη, 2εκ. τσιμεντοκονίαμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 0,66W/m2K.




Παράθυρα: 0,6εκ. υαλοπίνακας, 3εκ. κενό, 0,6εκ. υαλοπίνακας με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 2,70W/m2K.




Εξώπορτα: 6εκ. αλουμίνιο με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 5,62W/m2K.




### 9.5.2. Παραδοχές σχεδιασμού

- Τα παράθυρα, οι εξώπορτες και οι μπαλκονόπορτες θεωρήθηκαν συνεχώς κλειστές.
- Ο προσανατολισμός των κτιρίων είναι νότιος, δηλαδη -180$^{o}$

### 9.5.3. Ανάλυση καιρικών συνθηκών περιοχής μελέτης-weather analysis

Η ανάλυση των καιρικών συνθηκών της περιοχής μελέτης βρίσκεται στο κεφάλαιο 10.3.3. αφού τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στο λογισμικό Ecotect είναι για την περιοχή της Αθήνας.

### 9.5.4. Θερμική ανάλυση-thermal analysis

Πραγματοποιήθηκε θερμική ανάλυση των τριών προκατασκευασμένων σπιτιών με σκοπό την εξεύρεση του παθητικού ηλιακού συστήματος που είχε τα βέλτιστα αποτελέσματα ως προς τη θερμική

άνεση. Έγινε ανάλυση του ωριαίου θερμοκρασιακού προφίλ των σπιτιών χωρίς τη χρήση συστήματος ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού.
Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για τις ακόλουθες ενδεικτικές ημέρες του έτους:

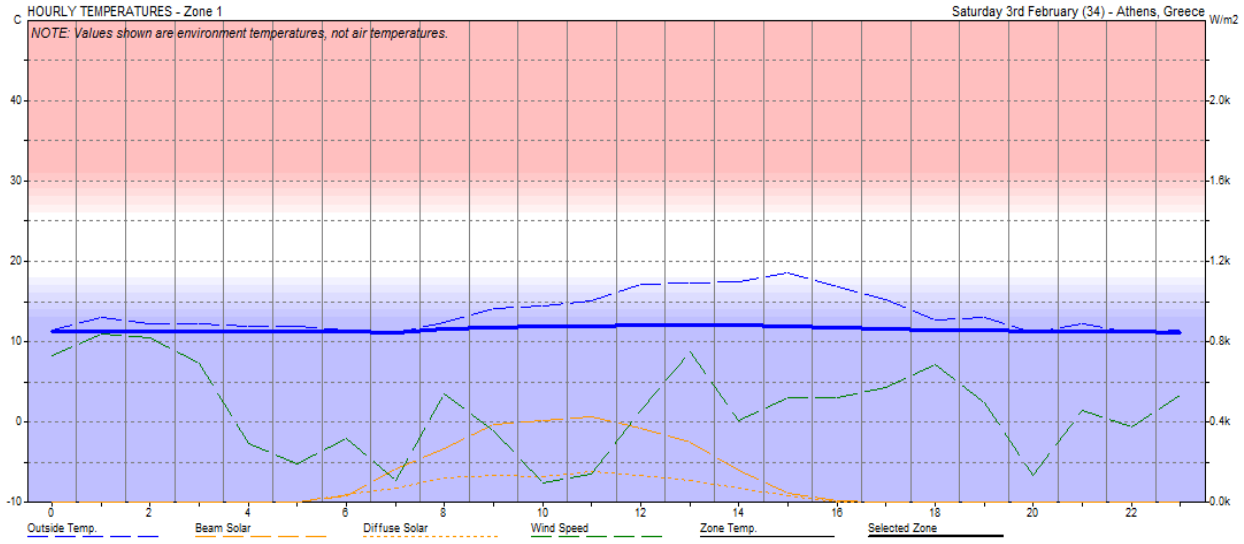
- Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα 3η Φεβρουαρίου,
- Πλέον ψυχρή ημέρα του χειμώνα 24η Φεβρουαρίου, (coldest day average)
- Τυπική καλοκαιρινή ημέρα 12η Ιουνίου και,
- Πλέον θερμή ημέρα του καλοκαιριού 1η Αυγούστου (hottest day average).

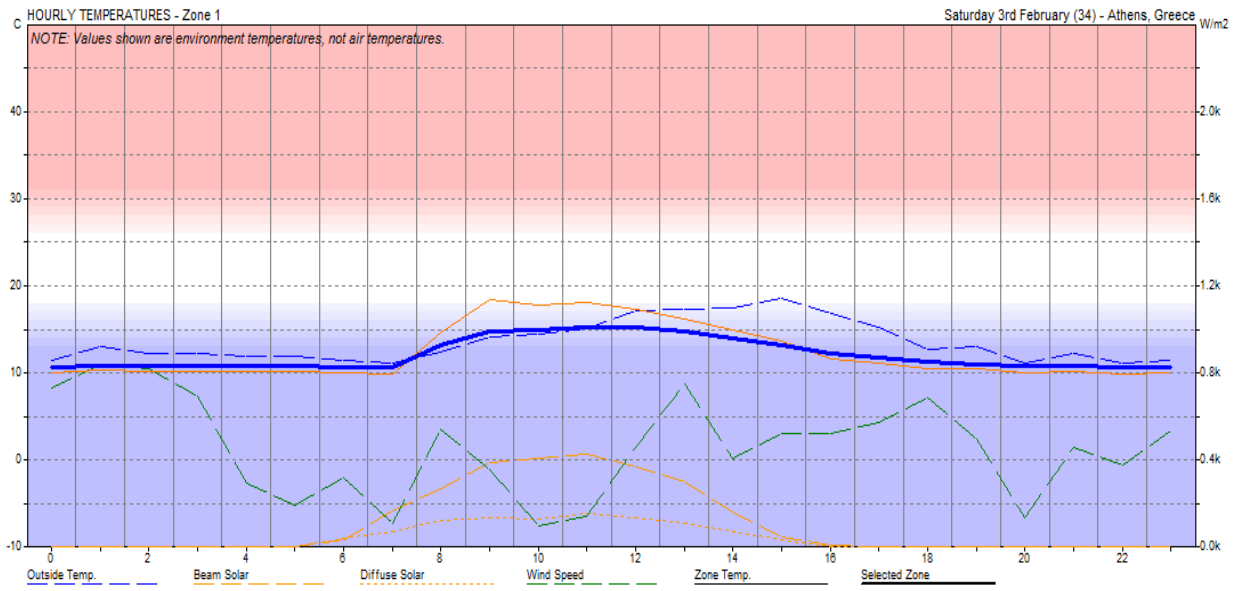
Παράμετροι θερμικής ανάλυσης

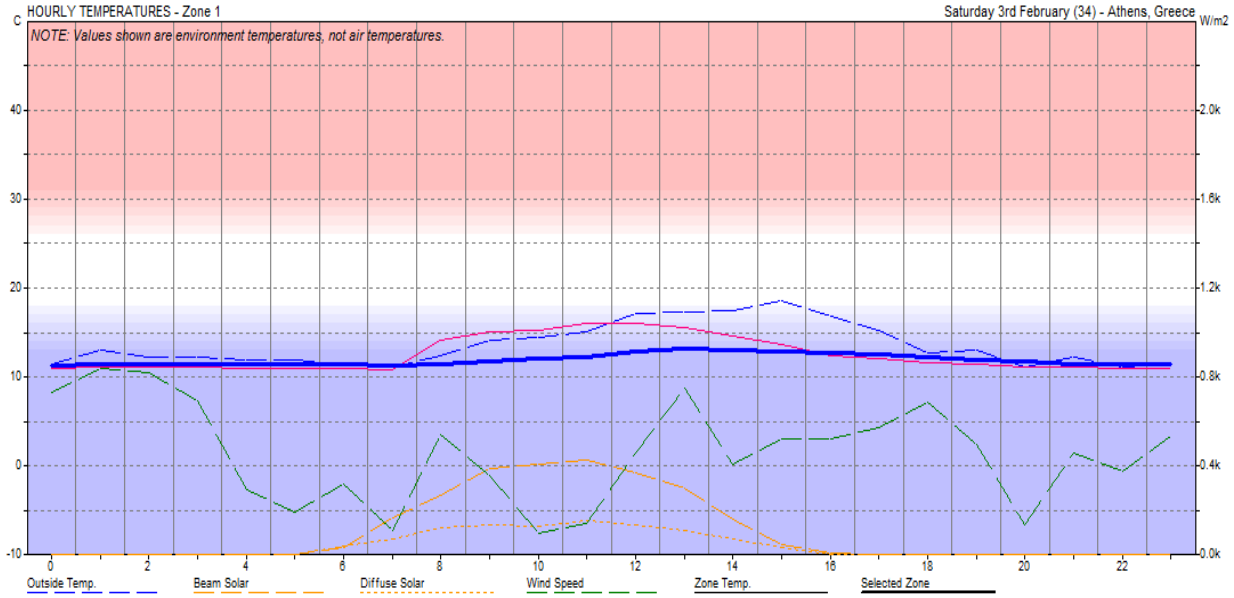
- Όλα τα παράθυρα και οι πόρτες παραμένουν κλειστά
- Τα όρια της θερμικής άνεσης είναι 18-26ºC
- Ο συντελεστής ρουχισμού θεωρήθηκε 0,00, η υγρασία 60% η ταχύτητα του αέρα 0,5m/s και το επίπεδο φωτισμού 50lux
- Ο μέγιστος αριθμός των ανθρώπων θεωρήθηκε 0 και η δραστηριότητα καθιστική (70W)
- Τα θερμικά κέρδη από τα φώτα και τις συσκευές της ζώνης (sensinble) είναι 0W/m2 και από την εξάτμιση είναι 2W/m2
- Το ποσοστό διήθησης που καθορίζει τη διήθηση του αέρα στη ζώνη είναι 0,50 και η ευαισθησία στον άνεμο είναι 0,25
- Η περιοχή θεωρήθηκε εκτεθειμένη (exposed)

Ωριαίο θερμοκρασιακό διάγραμμα: Αποδίδει τις εσωτερικές θερμοκρασίες της θερμικής ζώνης σε 24ωρη βάση. Επιπλέον παρέχει πληροφόρηση σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως εξωτερική θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία.

**Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα (3η Φεβρουαρίου):**






*Εικόνες 9.4 , 9.5 , 9.6 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για μια τυπική χειμωνιάτικη μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το απλό παράθυρο, με το θερμοκήπιο και με τον τοίχο Trombe (από πάνω προς τα κάτω)*

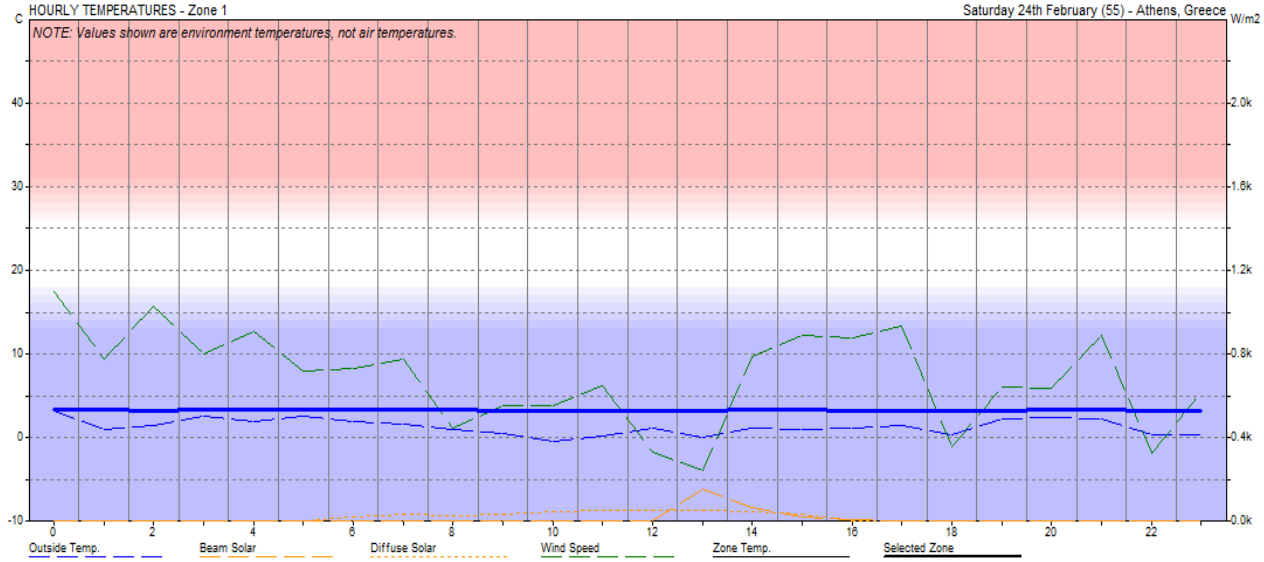
Για την τυπική χειμωνιάτικη ημέρα (3η Φεβρουαρίου) παρατηρούμε (Παράρτημα Πίνακες 1,2,3 σελ. 162, 163, 164 αντίστοιχα) ότι η μέγιστη θερμοκρασιακή διαφορά ($\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ ) κατά τη διάρκεια του 24ωρου παρουσιάζεται μεταξύ 14:00-15:00 και είναι:

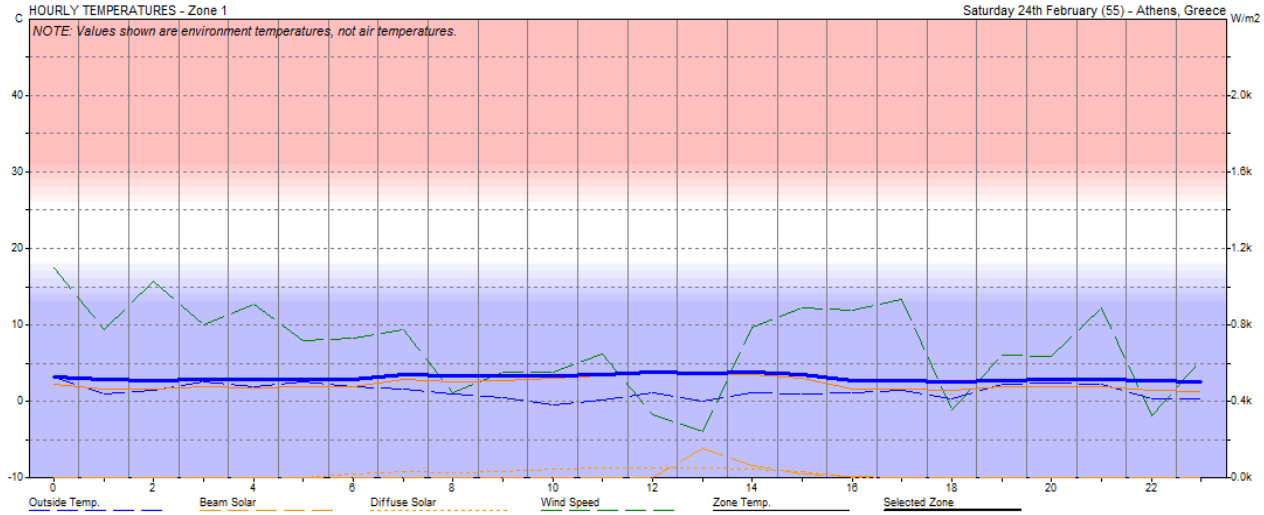
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = -6,5 °C για το σπίτι με το απλό παράθυρο
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = -5,7 °C για το σπίτι με το θερμοκήπιο
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = -5,6 °C για το σπίτι με τον τοίχο Trombe

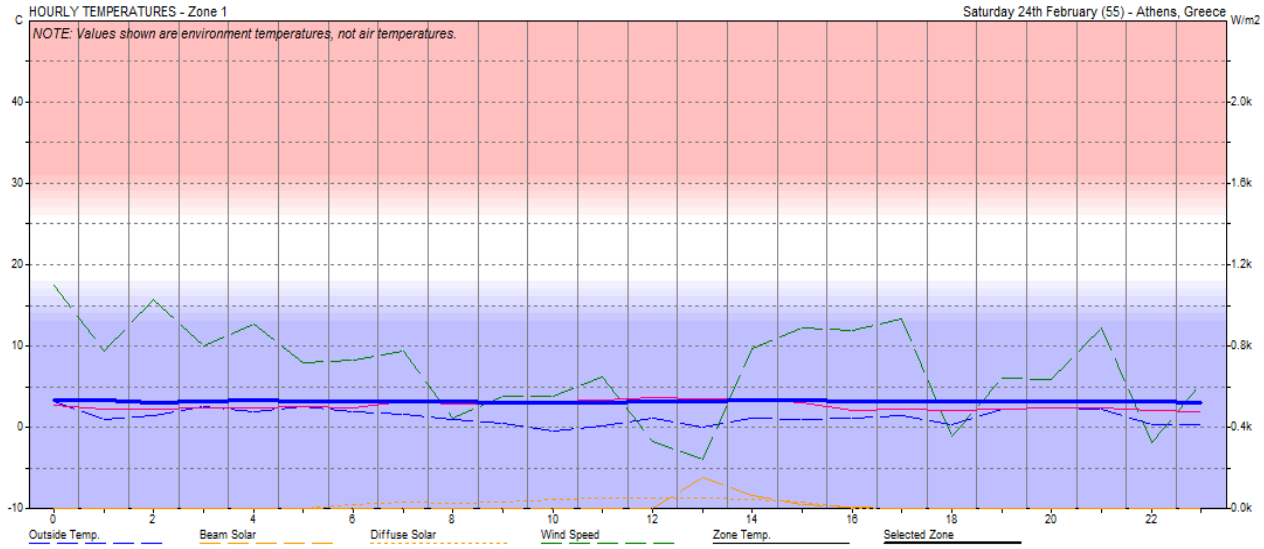
με μεγαλύτερες τις εξωτερικές θερμοκρασίες

Φαίνεται λοιπόν ότι περισσότερο αποτελεσματικό είναι το σπίτι με τον τοίχο Trombe και το σπίτι με το θερμοκήπιο καθώς παρουσιάζουν τις μικρότερες θερμοκρασιακές διαφορές της εσωτερικής με την εξωτερική θερμοκρασία, έχουν δηλαδή μεγαλύτερη εσωτερική θερμοκρασία την τυπική χειμωνιάτικη μέρα.

## Πλέον ψυχρή ημέρα (24η Φεβρουαρίου):



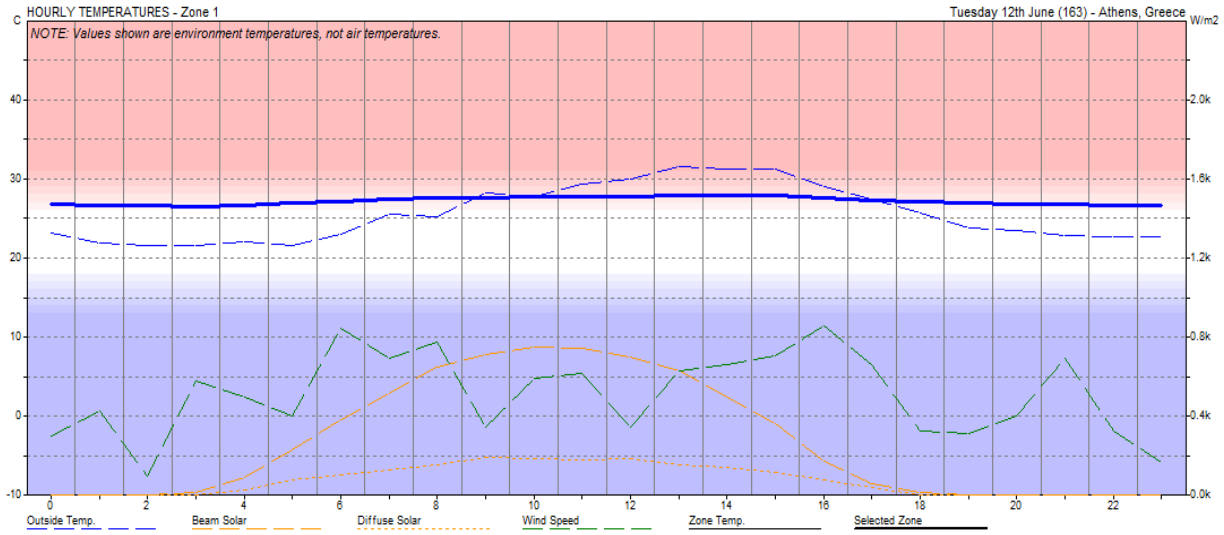

*Εικόνες 9.7 , 9.8 , 9.9 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον ψυχρή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το απλό παράθυρο, με το θερμοκήπιο και με τον τοίχο Trombe (από πάνω προς τα κάτω)*

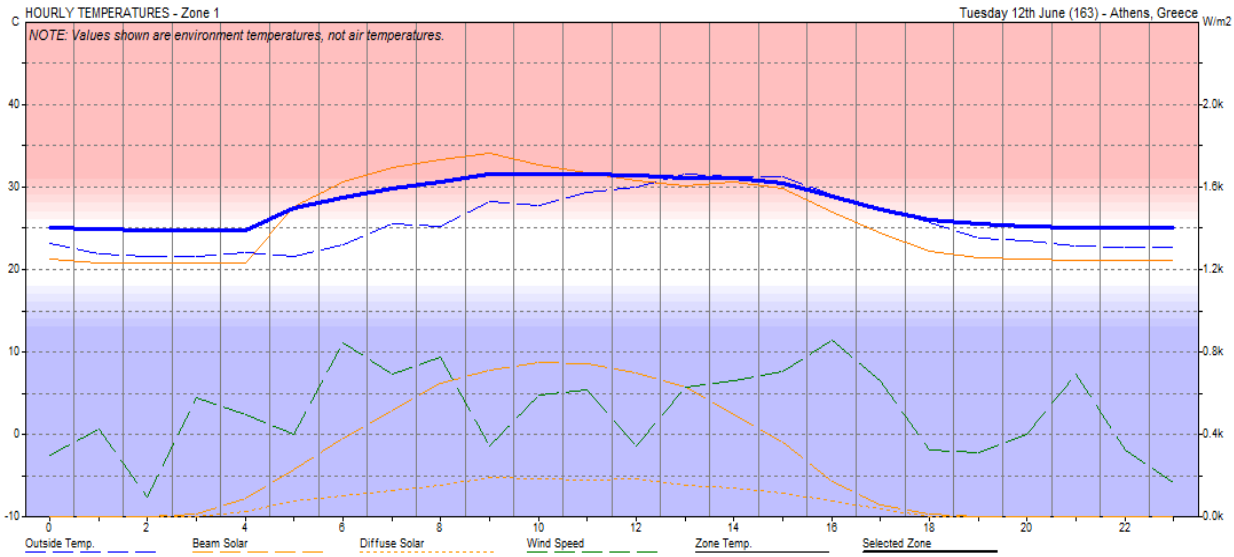
Για την πλέον ψυχρή μέρα (24η Φεβρουαρίου) έχουμε (Παράρτημα Πίνακες 4,5,6 σελ. 165, 166, 167):

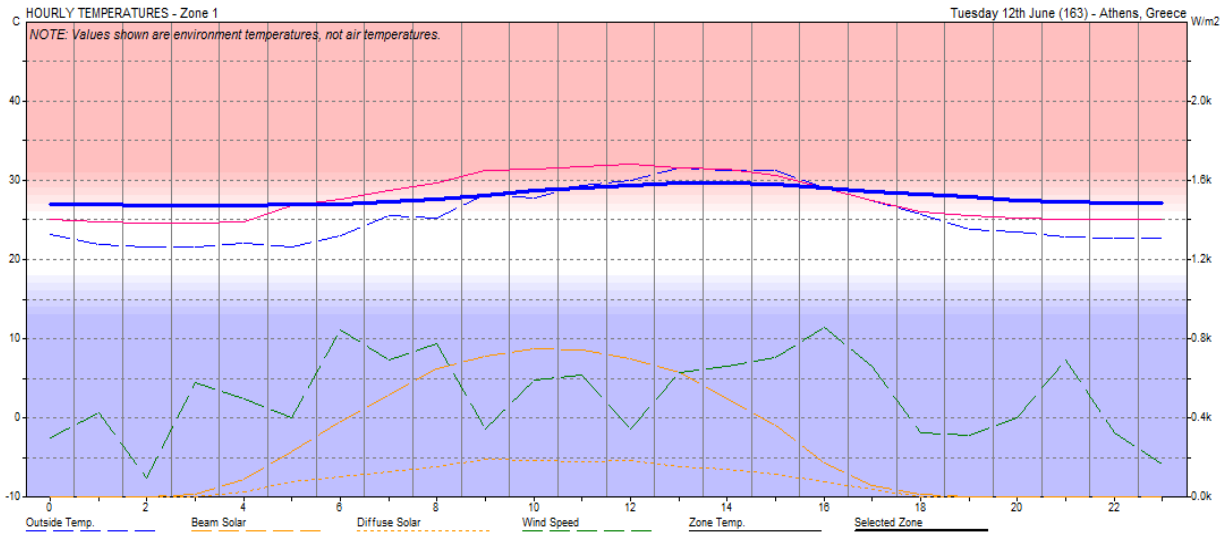
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 3,6 °C για το σπίτι με το απλό παράθυρο
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 3,8 °C για το σπίτι με το θερμοκήπιο
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 3,9 °C για το σπίτι με τον τοίχο Trombe

Εδώ φαίνεται πως οι διαφορές είναι μικρές με το σπίτι με το θερμοκήπιο να διατηρεί ελαφρώς θερμότερες συνθήκες στο εσωτερικό του.

**Τυπική καλοκαιρινή ημέρα (12η Ιουνίου):**





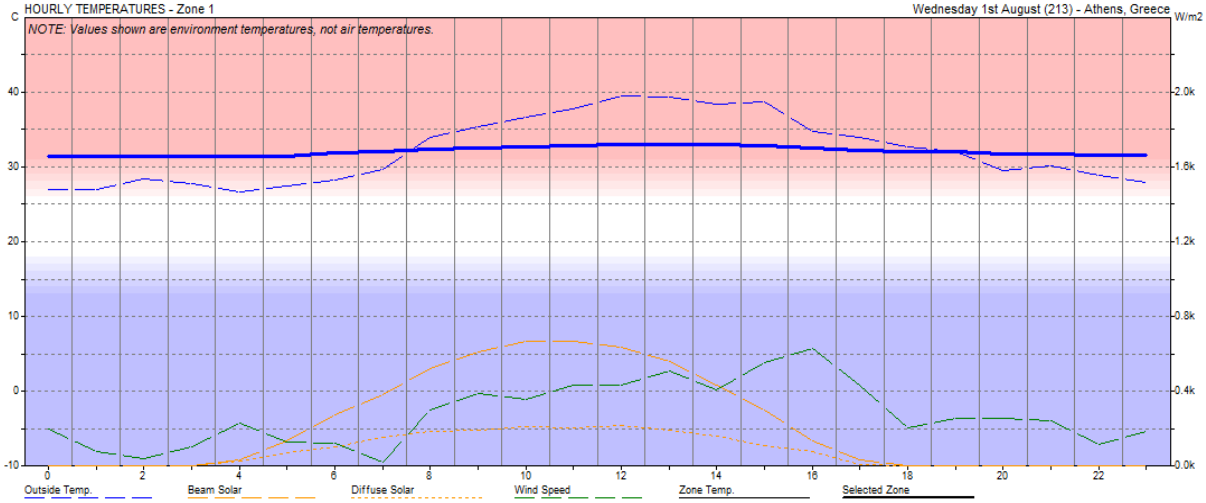

*Εικόνες 9.10 , 9.11 , 9.12 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το απλό παράθυρο, με το θερμοκήπιο και με τον τοίχο Trombe (από πάνω προς τα κάτω)*

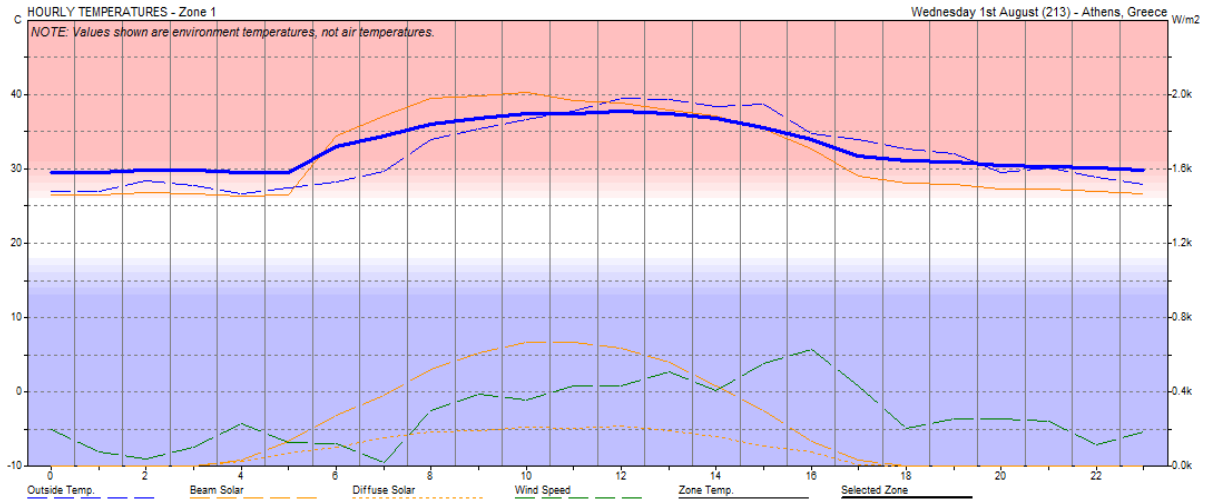
Για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα μέρα (12η Ιουνίου) βρίσκουμε (Παράρτημα Πίνακες 7, 8, 9 σελ. 168, 169, 170 αντίστοιχα) τις μέγιστες θερμοκρασιακές διαφορές εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας που συμβαίνουν μεταξύ 05:00-06:00:

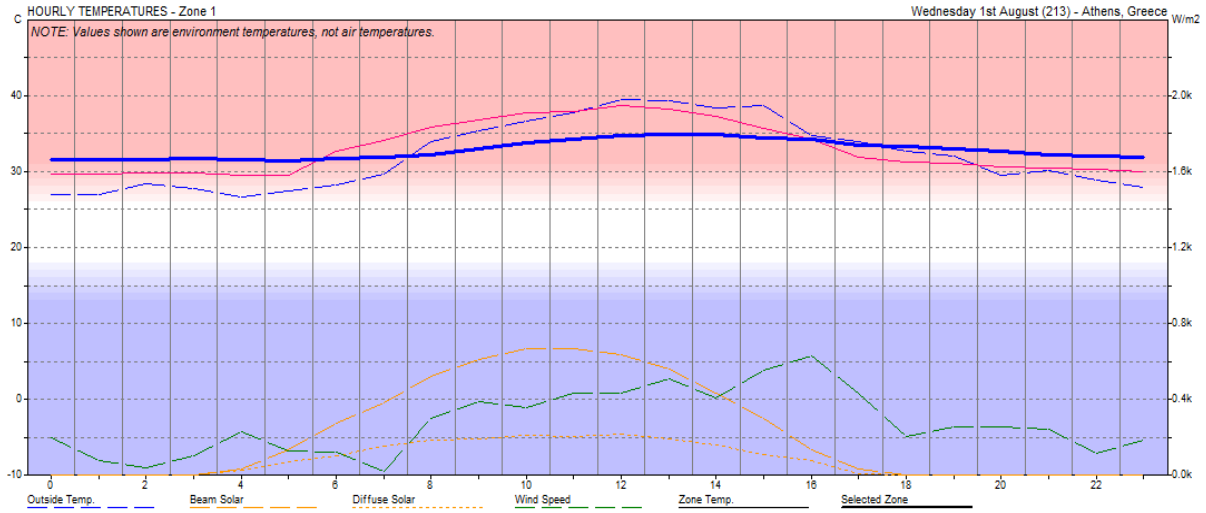
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 5,4 °C για το σπίτι με το απλό παράθυρο
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 5,9 °C για το σπίτι με το θερμοκήπιο
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 5,3 °C για το σπίτι με τον τοίχο Trombe

Είναι εμφανές ότι οι δροσερότερες εσωτερικές συνθήκες παρατηρούνται στο σπίτι με το απλό παράθυρο και στο σπίτι με τον τοίχο Trombe το οποίο είναι ελάχιστα δροσερότερο κατά 0,1°C.

**Πλέον θερμή ημέρα (1η Αυγούστου):**






*Εικόνες 9.13 , 9.14 , 9.15 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ, για την πλέον θερμή μέρα, της εσωτερικής ζώνης του κτίσματος με το απλό παράθυρο, με το θερμοκήπιο και με τον τοίχο Trombe (από πάνω προς τα κάτω)*

Και σε αυτήν την περίπτωση παίρνοντας τις μέγιστες θερμοκρασιακές διαφορές εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας (Παράρτημα Πίνακες 10, 11, 12 σελ. 171, 172, 173) για την πλέον θερμή ημέρα (1η Αυγούστου):

- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 4,7 °C για το σπίτι με το απλό παράθυρο
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 4,9 °C για το σπίτι με το θερμοκήπιο
- max $\Delta\Theta_{\text{εσωτερική – εξωτερική}}$ = 4,9 °C για το σπίτι με τον τοίχο Trombe

Βλέπουμε πως το σπίτι με το απλό παράθυρο είναι περισσότερο δροσερό στο εσωτερικό του σε σύγκριση με τα άλλα δύο με τις διαφορές όμως να είναι πολύ μικρές, της τάξης των 0,2 °C. Το σπίτι με το θερμοκήπιο έχει ίδια διαφορά θερμοκρασίας με αυτό με τον τοίχο Trombe.
Στην περίπτωση της καλοκαιρινής περιόδου παρατηρούμε πως αν και οι διαφορές των αιχμών των θερμοκρασιακών διαφορών των τριών κτισμάτων είναι μικρές μεταξύ τους, παρ'όλα αυτά το σπίτι με το απλό παράθυρο διατηρεί περισσότερο σταθερή την εσωτερική του θερμοκρασία σε σύγκριση με τα άλλα δύο κατά τη διάρκεια της μέρας. Αυτό είναι φυσικό καθώς ξέρουμε πως τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι περισσότερο αποδοτικά τη χειμερινή περίοδο ενώ την καλοκαιρινή χρειάζονται προστασία, όπως συστήματα σκίασης, για την αύξηση της αποδοτικότητας τους.

### 9.6. Συμπεράσματα και επιλογή παθητικού ηλιακού συστήματος

Έτσι λοιπόν συμπαιρένουμε πως ευνοικότερο από θερμοκρασιακή άποψη είναι το κτίσμα με τον τοίχο Trombe και αυτό με το θερμοκήπιο τους χειμερινούς μήνες, καθώς διατηρούν θερμότερο το εσωτερικό περιβάλλον. Τους καλοκαιρινούς μήνες ευνοικότερη είναι η περίπτωση του απλού παραθύρου και του τοίχου Trombe καθώς οι εσωτερικές θερμοκρασίες διατηρούνται χαμηλότερες.
Τα αποτελέσματα των επί τόπου μετρήσεων στα τρία προκατασκευασμένα σπίτια στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγραφου, οι οποίες ξεκίνησαν τον Νοέμβριο του 2010, απέδειξαν πως ευνοικότερο παθητικό ηλιακό σύστημα για την χειμερινή περίοδο είναι ο τοίχος Trombe-Michel αφού δημιουργεί θερμότερες συνθήκες στο εσωτερικό του σπιτιού. Αντίστοιχα τους καλοκαιρινούς μήνες, παρ'όλο που δεν έχει χρησιμοποιηθέι καποιο σύστημα σκίασης για την ηλιοπροστασία του τοίχου Trombe, αυτός διατηρούσε στο εσωτερικό του σπιτιού χαμηλότερη θερμοκρασία από το θερμοκήπιο.
Συμπερασματικά λοιπόν, και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των επί τόπου μετρήσεων, αποδοτικότερο παθητικό ηλιακό σύστημα θεωρείται ο τοίχος Trombe και αυτόν προσαρτήσαμε στη νότια όψη της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα.

## 10. Ενεργειακή μελέτη εξοχικής κατοικίας με εφαρμογή λογισμικού Ecotect-Analysis

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε ενεργειακή μελέτη διώροφης εξοχικής κατοικίας στην περιοχή της Σαρωνίδας με χρήση του λογισμικού προγράμματος Ecotect-Analysis.

### 10.1. Περιοχή μελέτης-οικόπεδο

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Σαρωνίδα Αττικής σε ορθογωνικό οικόπεδο εμβαδού 752,05 τ.μ. με μηδενική κλίση.
Κλιματικά και γεωμετρικά δεδομένα περιοχής:

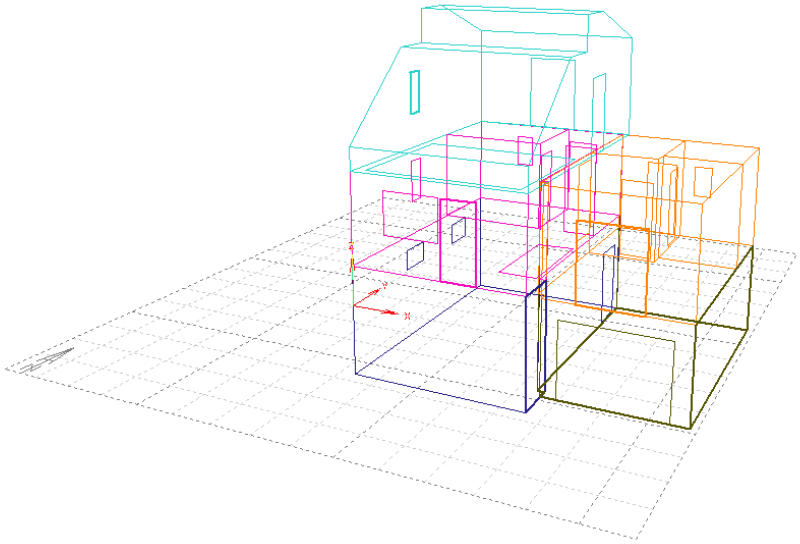
- Γεωγραφικό μήκος (Longtitude) 37.900°
- Γεωγραφικό πλάτος (Latitude) 23.700°
- Γεωγραφικό ύψος (Altitude) 21,7 μ.
- Κλίση σε σχέση με το Βορρά (North Offset) -35°
- Περιοχή μελέτης (local terrain) Αστική (Urban)
- Κλιματικός φάκελος (Weather file): Ελλάδα- Αθήνα (Greece-Athens)

### 10.2. Κτίριο μελέτης

Αφορά διώροφη εξοχική κατοικία με υπόγειο γκαράζ και αποθήκη, ισόγειο καθιστικό και υπνοδωμάτιο και όροφο-σοφίτα με κεκλιμένη οροφή.Τα επίπεδα επικοινωνούν μεταξύ τους με εσωτερική σκάλα συνολικού εμβαδού 7,6τ.μ.
Η κατοικία έχει συνολική επιφάνεια 95,45τ.μ.

### 10.3. Σχεδιασμός κατοικίας στο ecotect analysis

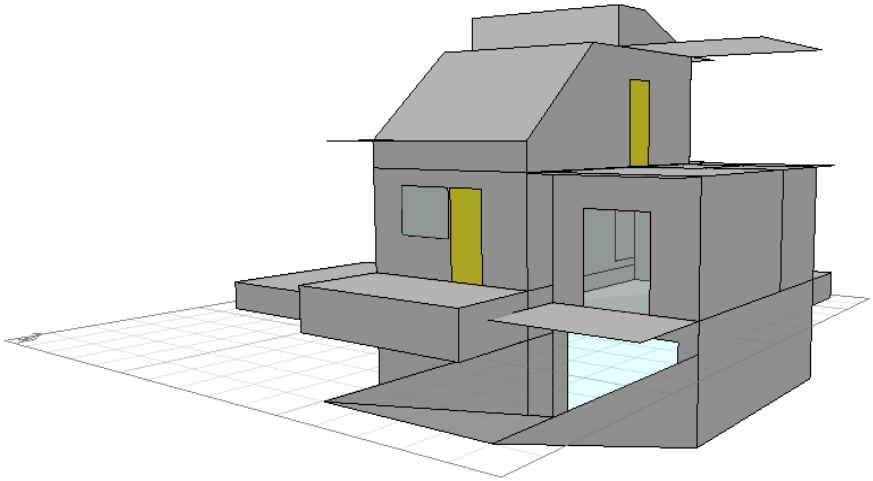
Το οίκημα χωρίστηκε σε διαφορετικές θερμικές ζώνες οι οποίες επικοινωνούν θερμικά μεταξύ τους με ανοίγματα όπως εσωτερικες πόρτες και σκάλες αλλά και με εσωτερικούς τοίχους (η θερμότητα μεταφέρεται από τη μία ζώνη στην άλλη διαμέσου των δομικών υλικών).



*Εικόνα 10.1 Απεικόνιση θερμικών ζωνών*

Ζώνη 1:ΥΠΟΓΕΙΟ-ΓΚΑΡΑΖ
Ζώνη 2:ΥΠΟΓΕΙΟ-ΑΠΟΘΗΚΗ
Ζώνη 3:ΙΣΟΓΕΙΟ-ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ
Ζώνη 4:ΙΣΟΓΕΙΟ-ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ
Ζώνη 5:Α'ΟΡΟΦΟΣ

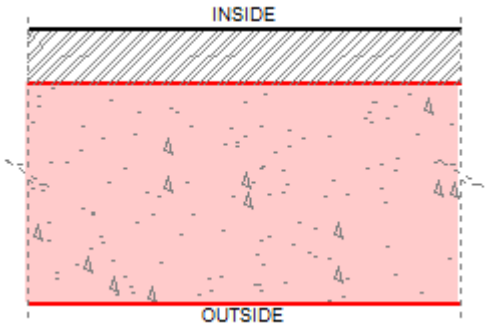
Τέλος υπάρχει και μία ακόμα ζώνη που θεωρήθηκε μη θερμική-εξωτερική στην οποία ανήκουν οι εξώστες, τα σκέπαστρα σκίασης και όλοι οι εξωτερικοί χώροι.



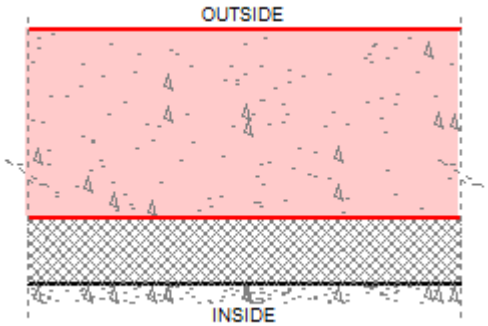
*Εικόνα 10.2 Απεικόνιση κατοικίας στο ecotect*

### 10.3.1 Δομικά υλικά

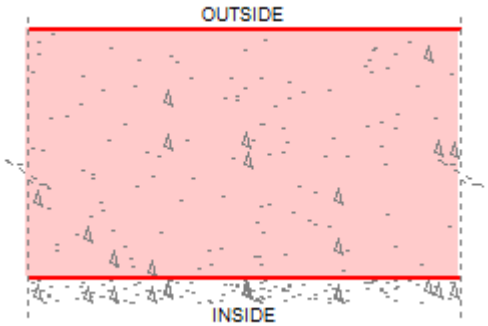
Εξωτερική τοιχοποιία: 2εκ. ασβεστοκονίαμα (σοβάς), 5εκ. εξηλασμένη πολυστερίνη, 20εκ. οπτοπλινθοδομή(τούβλο), 2εκ. ασβεστοκονίαμα (από εξω προς τα μέσα). Ο συντελεστής απωλειών θερμότητας U-Value: 0,51W/m2K.
Εσωτερική τοιχοποία: 2εκ. ασβεστοκονίαμα, 6εκ. οπτοπλινθοδομή, 2εκ. ασβεστοκονίαμα (από έξω προς τα μέσα). Ο συντελεστής απωλειών θερμότητας U-Value: 3,150W/m2K.
Δάπεδο γκαράζ: 20εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 2,335W/m2K. (Παράρτημα Εικόνα 4 σελ. 173)
Υπόλοιπα δάπεδα: 20εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα, 5εκ. κεραμικά πλακίδια (από κάτω προς τα πάνω) . Ο συντελεστής απωλειών θερμότητας U-Value: 2,236W/m2K.



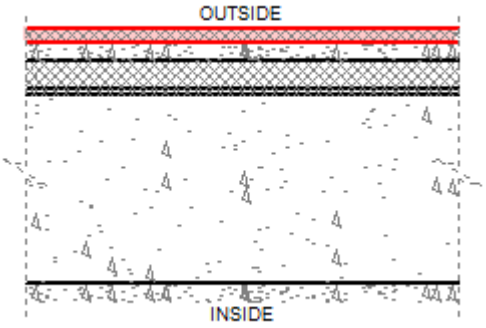

Ταβάνι υπογείου: 20εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα, 7εκ. εξηλασμένη πολυστερίνη, 2εκ. ασβεστοκονίαμα (από πάνω προς τα κάτω). Ο συντελεστής απωλειών θερμότητας U-Value: 0,44W/m2K.



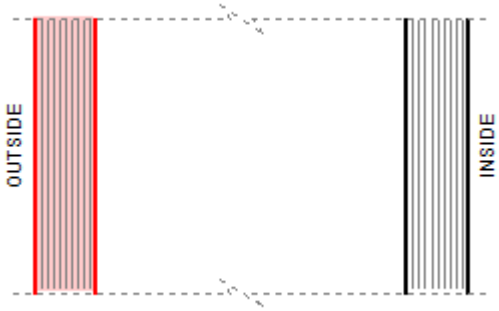

Υπόλοιπα ταβάνια: 20εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα, 2εκ. ασβεστοκονίαμα (από πάνω προς τα κάτω). Ο συντελεστής απωλειών θερμότητας U-Value: 3,56W/m2K.




Κεραμοσκεπή: 1,5εκ. κεραμίδι, 2εκ. τσιμεντοκονίαμα, 3εκ. διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες, 0,6εκ. ασφαλτικά φύλλα, 20εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα, 2εκ. ασβεστοκονίαμα (από έξω προς τα μέσα). Ο συντελεστής απωλειών θερμότητας U-Value: 0,83W/m2K.




Παράθυρα/Μπαλκονόπορτες: 0,6εκ. υαλοπίνακας, 3εκ. κενό, 0,6εκ. υαλοπίνακας με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 2,70W/m2K.




Γκαραζόπορτα: 3εκ. αλουμίνιο με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 5,61W/m2K.
Εξώπορτες: 2,5εκ. ξύλο (πεύκο) με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 2,80W/m2K.

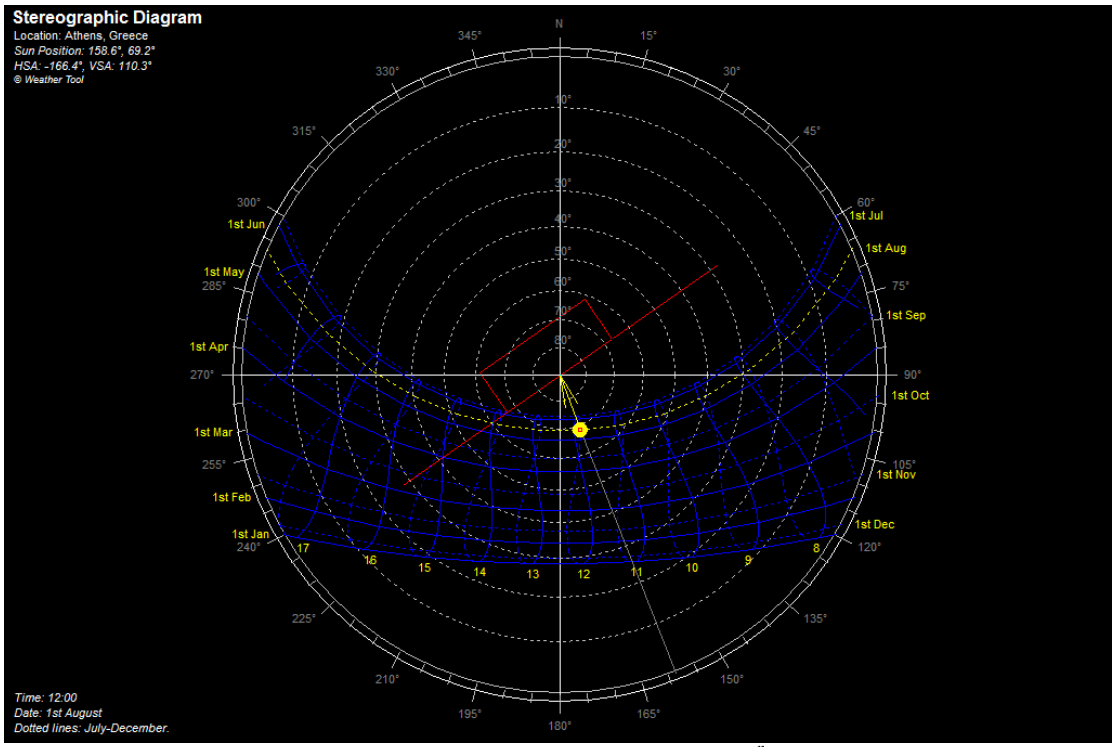
### 10.3.2. Παραδοχές σχεδιασμού

- Οι εσωτερικές πόρτες έχουν θεωρηθεί ότι παραμένουν συνέχεια ανοιχτές.
- Οι εξωτερικές πόρτες, μπαλκονόπορτες, παράθυρα θεωρήθηκε ότι παραμένουν συνεχώς κλειστά για τους θερμικούς υπολογισμούς (no schedule).
- Οι σκάλες αγνοήθηκαν στο συνολικό εμβαδό και όγκο του κτιρίου αλλα και στην θερμική ανάλυση.
- Αγνοήθηκαν τα υλικά των υποστυλωμάτων, θεωρήθηκε ενιαία τοιχοποιία
- Αγνοήθηκαν οι επιχωματώσεις.

### 10.3.3. Ανάλυση καιρικών συνθηκών περιοχής μελέτης-weather analysis

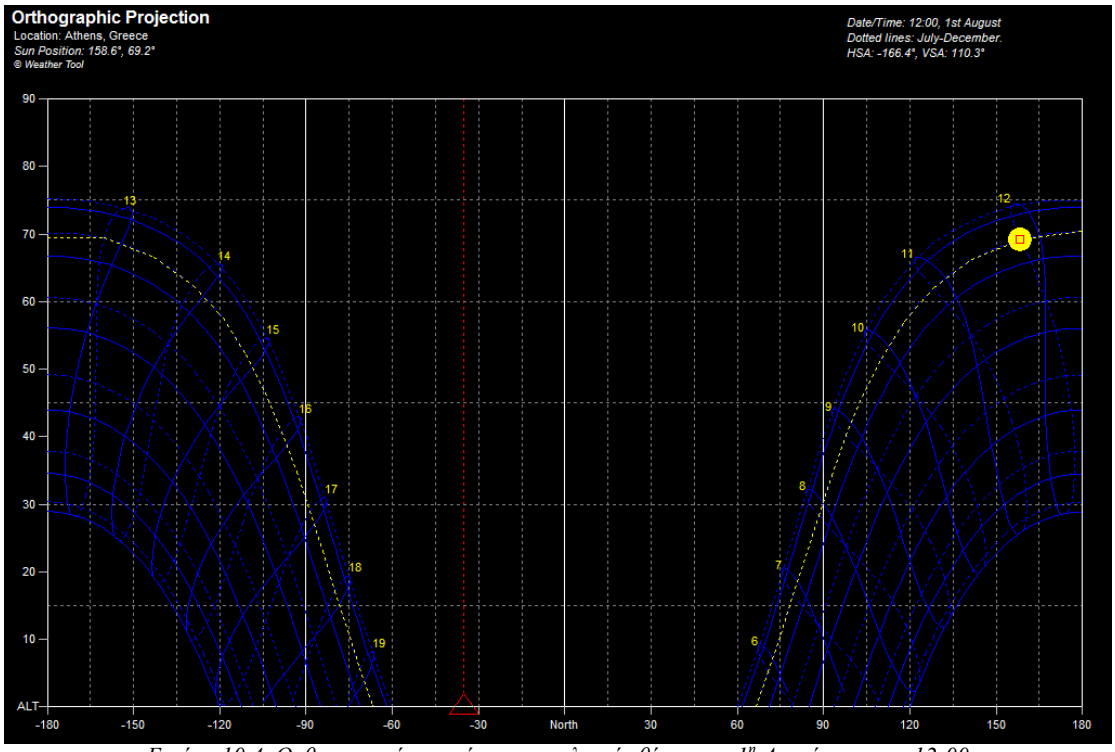
Αυτή η εφαρμογή του προγράμματος παρέχει στοιχεία για τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής της Αθήνας σε μορφή συγκριτικών διαγραμμάτων και πινάκων. Παρέχει πληροφορίες για τη θερμοκρασία, την υγρασία, τους επικρατούντες ανέμους, την ηλιακή ακτινοβολία, τη βροχόπτωση κ.ά. σε ετήσια, μηνιαία αλλά και ωριαία βάση.

Η ηλιακή θέση (solar position)
Εισάγωγουμε ως δεδομένο τον προσανατολισμό του κτιρίου (-35) μπορούμε να δούμε την θέση του ηλίου μία συγκεκριμένη ώρα και μέρα. Στο συγκεκριμένο στερεογραφικό διάγραμμα (Εικόνα 10.3) βλέπουμε τη θέση του ηλίου την 1η Αυγούστου στις 12:00 η οποία είναι η πιο θερμή ημέρα του έτους.




*Εικόνα 10.3 Στερεογραφικό διάγραμμα της θέσης του ηλίου την 1η Αυγούστου στις 12:00*

*Η ηλιακή θέση μπορεί να απεικονιστεί με διάφορες μορφές εκτός του στερεογραφικού διαγράμματος όπως η ορθογραφική απεικόνιση (Εικόνα 10.4) και η πινακοποιημένη μορφή (Εικόνα 10.5) με επιπλέον πληροφορίες για την ηλιακή θέση.*




*Εικόνα 10.4 Ορθογραφική απεικόνιση της ηλιακής θέσης την 1η Αυγούστου στις 12:00*

**Tabulated Daily Solar Data**

Latitude: 37.9°
Longitude: 23.7°
Timezone: 30.0° [+2.0hrs]
Orientation: -35.0°

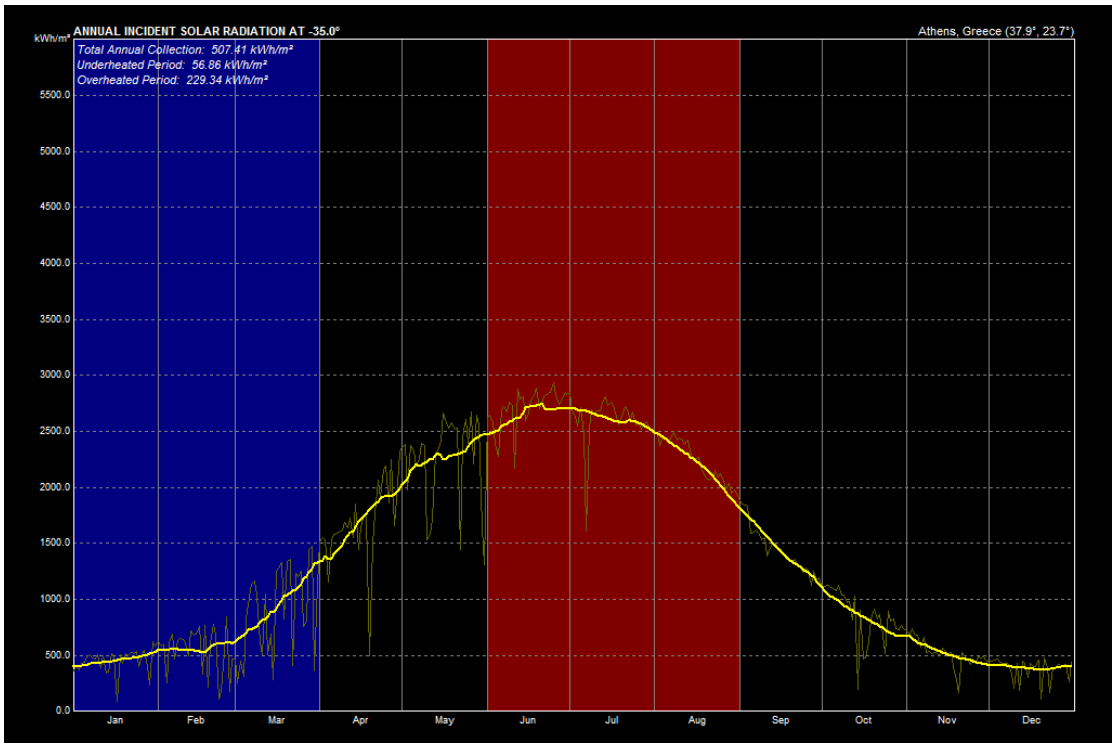
Date: 1st August
Julian Date: 213
Sunrise: 05:31
Sunset: 19:30

Local Correction: -31.4 mins
Equation of Time: -6.2 mins
Declination: 18.3°

| Local | (Solar) | Aziumuth | Altitude | HSA | VSA |
|---|---|---|---|---|---|
| 06:00 | (05:28) | 70.8° | 5.2° | 105.8° | 161.7° |
| 06:30 | (05:58) | 75.2° | 10.8° | 110.2° | 151.0° |
| 07:00 | (06:28) | 79.5° | 16.6° | 114.5° | 144.3° |
| 07:30 | (06:58) | 83.8° | 22.4° | 118.8° | 139.4° |
| 08:00 | (07:28) | 88.2° | 28.3° | 123.2° | 135.4° |
| 08:30 | (07:58) | 92.9° | 34.3° | 127.9° | 132.0° |
| 09:00 | (08:28) | 97.9° | 40.2° | 132.9° | 128.9° |
| 09:30 | (08:58) | 103.5° | 46.0° | 138.5° | 125.9° |
| 10:00 | (09:28) | 110.1° | 51.6° | 145.1° | 123.0° |
| 10:30 | (09:58) | 118.1° | 57.0° | 153.1° | 120.0° |
| 11:00 | (10:28) | 128.2° | 62.0° | 163.2° | 117.0° |
| 11:30 | (10:58) | 141.4° | 66.2° | 176.4° | 113.8° |
| 12:00 | (11:28) | 158.6° | 69.2° | -166.4° | 110.3° |
| 12:30 | (11:58) | 179.0° | 70.3° | -146.0° | 106.5° |
| 13:00 | (12:28) | -160.4° | 69.4° | -125.4° | 102.3° |
| 13:30 | (12:58) | -142.9° | 66.6° | -107.9° | 97.6° |
| 14:00 | (13:28) | -129.3° | 62.4° | -94.3° | 92.3° |
| 14:30 | (13:58) | -119.0° | 57.5° | -84.0° | 86.2° |
| 15:00 | (14:28) | -110.8° | 52.2° | -75.8° | 79.2° |
| 15:30 | (14:58) | -104.1° | 46.5° | -69.1° | 71.3° |
| 16:00 | (15:28) | -98.4° | 40.7° | -63.4° | 62.5° |
| 16:30 | (15:58) | -93.3° | 34.8° | -58.3° | 53.0° |
| 17:00 | (16:28) | -88.7° | 28.9° | -53.7° | 43.0° |
| 17:30 | (16:58) | -84.2° | 23.0° | -49.2° | 33.0° |
| 18:00 | (17:28) | -79.9° | 17.1° | -44.9° | 23.5° |
| 18:30 | (17:58) | -75.6° | 11.4° | -40.6° | 14.8° |
| 19:00 | (18:28) | -71.3° | 5.7° | -36.3° | 7.0° |
| 19:30 | (18:58) | -66.8° | 0.2° | -31.8° | 0.2° |

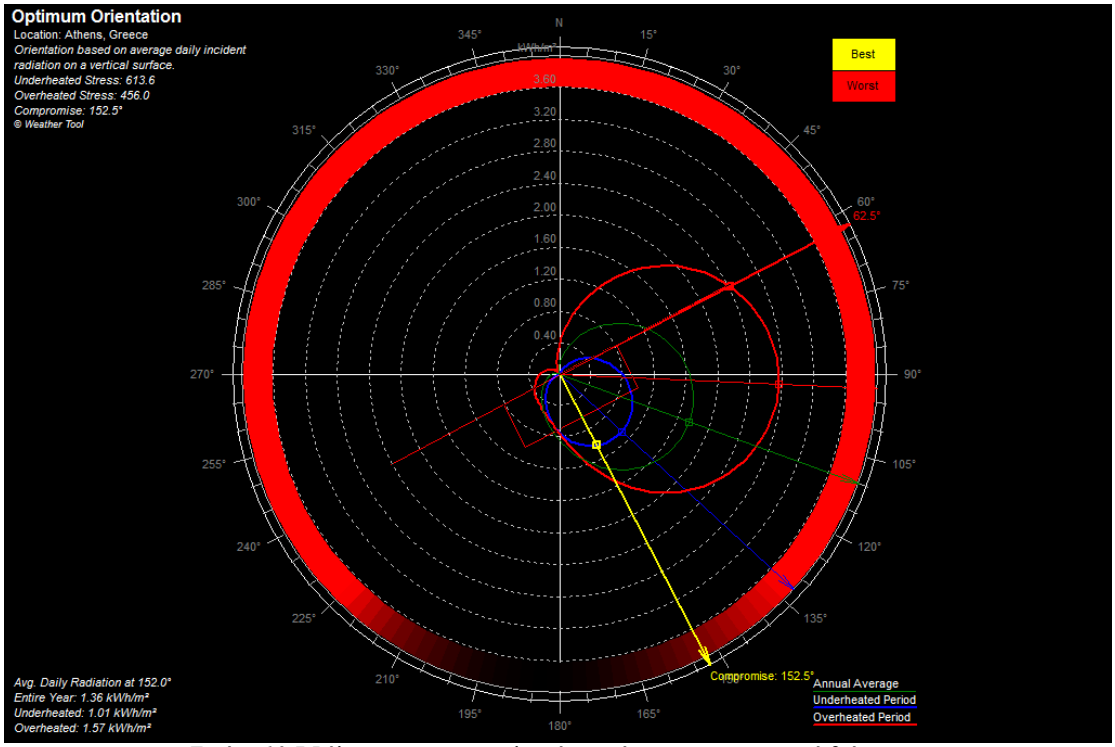
*Εικόνα 10.5 Πινακοποιημένη μορφή πληροφοριών ανά μισή ώρα για τη θέση του ήλιου για την 1η Αυγούστου*

Στο επόμενο διάγραμμα (Εικόνα 10.6) έχουμε στοιχεία για την ετήσια ηλιακή ακτινοβολία (solar radiation) για προσανατολισμό -35 έχοντας υπολογίσει και την ημερήσια συλλογή. Στον κάθετο άξονα υπάρχει η ηλιακή ακτινοβολία σε kWh/m2 και στον οριζόντιο είναι οι μηνες του χρόνου. Παραρτηρούμε ότι με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι θερμότεροι μήνες (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) ενώ με μπλε οι ψυχρότεροι (Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος).



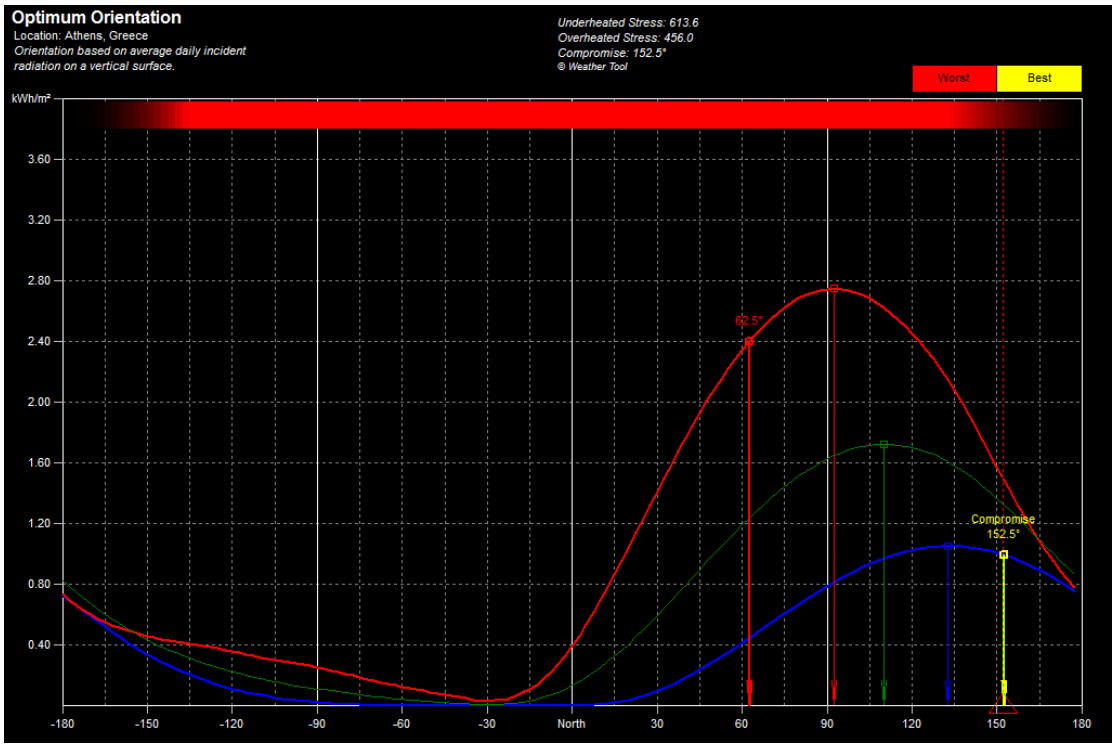

*Εικόνα 10.6 Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία για προσανατολισμό -35*

Με την εφαρμογή του βέλτιστου προσανατολισμού (best orientation) μπορούμε να δούμε το παρακάτω στερεογραφικό διάγραμμα (Εικόνα 10.7). Με μπλε χρώμα απεικονίζεται ο βέλτιστος προσανατολισμός για τους πλέον ψυχρούς μήνες ο οποίος δίνει τα μικρότερα φορτία ψύξης και με κόκκινο χρώμα ο βέλτιστος προσανατολισμός για τους πλέον θερμούς μήνες ο οποίος δίνει τα μικρότερα φορτία θέρμανσης. Δεν ταυτίζεται ο προσανατολισμός στις δύο αυτές περιπτώσεις οπότε γίνεται συμβιβασμός στο κίτρινο βέλος όπου δίνεται ο συνολικά βέλτιστος προσανατολισμός.




*Εικόνα 10.7 Βέλτιστος προσανατολισμός κτιρίου σε στερεογραφικό διάγραμμα*

Ο βέλτιστος προσανατολισμός μπορεί να απεικονιστεί σε ορθογραφική μορφή (Εικόνα 10.8) και σε πινακοποιημένη μορφή (Εικόνα 10.9) αντίστοιχα.




*Εικόνα 10.8 Ορθογραφική μορφή βέλτιστου προσανατολισμού*

**Tabulated Daily Solar Data**

Latitude: 37.9°
Longitude: 23.7°
Timezone: 30.0° [+2.0hrs]
Orientation: 152.0°

Date: 1st August
Julian Date: 213
Sunrise: 06:31
Sunset: 20:30

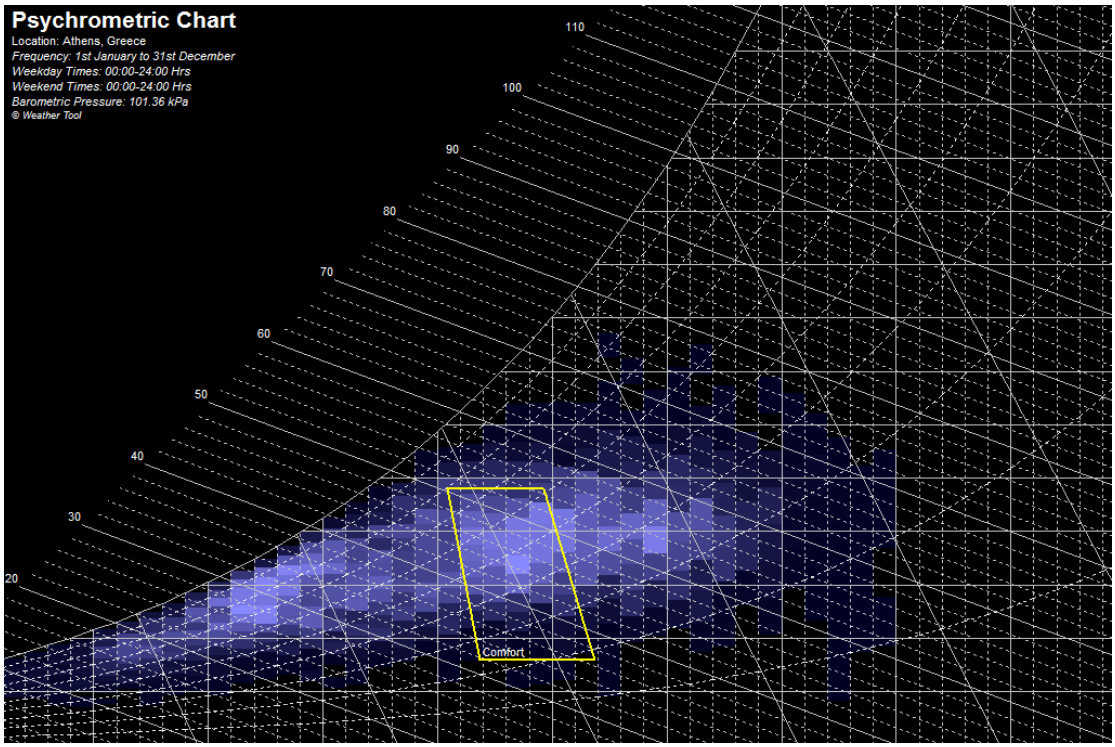
Local Correction: -31.4 mins
Equation of Time: -6.2 mins
Declination: 18.3°

| Local | (Solar) | Aziumuth | Altitude | HSA | VSA |
|---|---|---|---|---|---|
| 07:00 | (05:28) | 70.8° | 5.2° | -81.2° | 30.4° |
| 07:30 | (05:58) | 75.2° | 10.8° | -76.8° | 39.9° |
| 08:00 | (06:28) | 79.5° | 16.6° | -72.5° | 44.7° |
| 08:30 | (06:58) | 83.8° | 22.4° | -68.2° | 48.0° |
| 09:00 | (07:28) | 88.2° | 28.3° | -63.8° | 50.7° |
| 09:30 | (07:58) | 92.9° | 34.3° | -59.1° | 53.0° |
| 10:00 | (08:28) | 97.9° | 40.2° | -54.1° | 55.2° |
| 10:30 | (08:58) | 103.5° | 46.0° | -48.5° | 57.3° |
| 11:00 | (09:28) | 110.1° | 51.6° | -41.9° | 59.5° |
| 11:30 | (09:58) | 118.1° | 57.0° | -33.9° | 61.7° |
| 12:00 | (10:28) | 128.2° | 62.0° | -23.8° | 64.1° |
| 12:30 | (10:58) | 141.4° | 66.2° | -10.6° | 66.6° |
| 13:00 | (11:28) | 158.6° | 69.2° | 6.6° | 69.3° |
| 13:30 | (11:58) | 179.0° | 70.3° | 27.0° | 72.3° |
| 14:00 | (12:28) | -160.4° | 69.4° | 47.6° | 75.8° |
| 14:30 | (12:58) | -142.9° | 66.6° | 65.1° | 79.7° |
| 15:00 | (13:28) | -129.3° | 62.4° | 78.7° | 84.1° |
| 15:30 | (13:58) | -119.0° | 57.5° | 89.0° | 89.4° |
| 16:00 | (14:28) | -110.8° | 52.2° | 97.2° | 95.6° |
| 16:30 | (14:58) | -104.1° | 46.5° | 103.9° | 102.8° |
| 17:00 | (15:28) | -98.4° | 40.7° | 109.6° | 111.3° |
| 17:30 | (15:58) | -93.3° | 34.8° | 114.7° | 121.0° |
| 18:00 | (16:28) | -88.7° | 28.9° | 119.3° | 131.6° |
| 18:30 | (16:58) | -84.2° | 23.0° | 123.8° | 142.6° |
| 19:00 | (17:28) | -79.9° | 17.1° | 128.1° | 153.4° |
| 19:30 | (17:58) | -75.6° | 11.4° | 132.4° | 163.4° |
| 20:00 | (18:28) | -71.3° | 5.7° | 136.7° | 172.2° |
| 20:30 | (18:58) | -66.8° | 0.2° | 141.2° | 179.8° |

*Εικόνα 10.9 Πινακοποιημένη μορφή βέλτιστου προσανατολισμού*

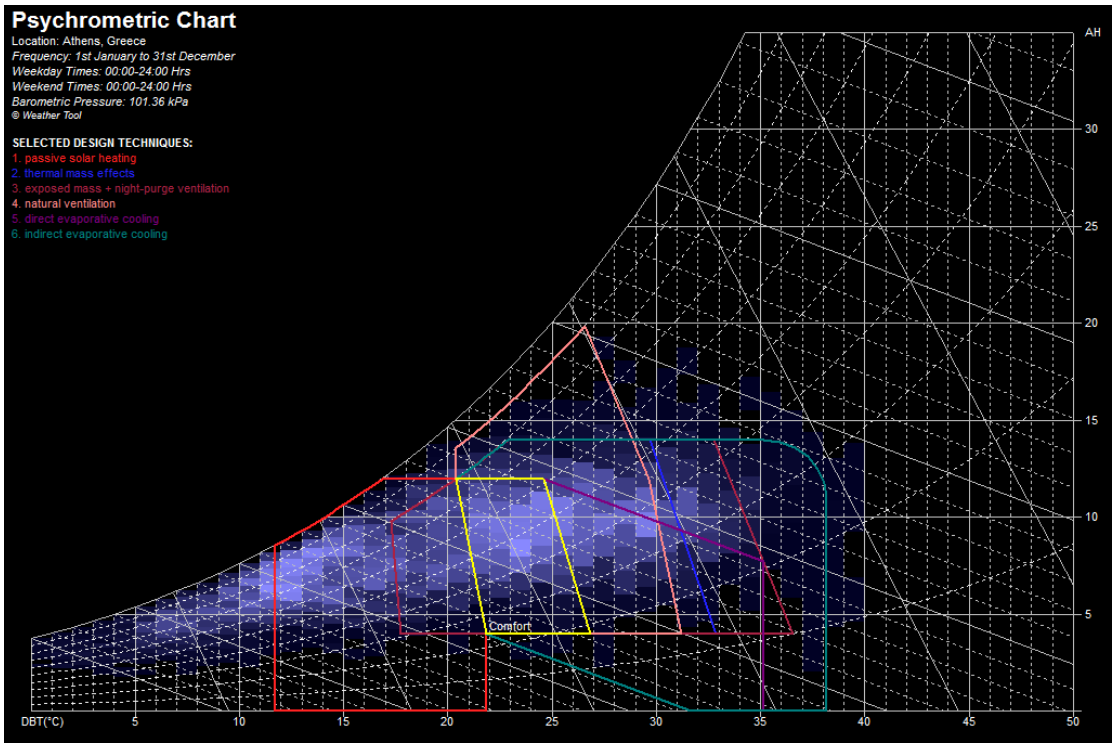
<u>Ψυχρομετρία (psychrometry)</u>

Η εφαρμογή της ψυχρομετρίας δίνει την δυνατότητα προβολής των ψυχρομετρικών διαγραμμάτων θερμικής άνεσης για διάφορες περιόδους του χρόνου και δραστηριότητες. Τα ψυχομετρικά διαγράμματα απεικονίζουν γραφικά την κατάσταση του αέρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συσχετίζουν τη θερμοκρασία σε °C (οριζόντιος άξονας) με το ποσοστό της υγρασίας (κατακόρυφος άξονας). Αν επιλέξουμε την περίοδο όλου του χρόνου και καθιστική δραστηριότητα (activity sedentary) προκύπτει το ακόλουθο ψυχρομετρικό διάγραμμα.




*Εικόνα 10.10 Ψυχρομετρικό διάγραμμα όπου φαίνεται η ζώνη άνεσης*

Στην εφαρμογή της ψυχρομετρίας υπάρχει η δυνατότητα αξιολόγησης της απόδοσης διαφόρων τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού στην θερμική άνεση του κιρίου. Για παράδειγμα στο επόμενο διάγραμμα (Εικόνα 10.11) παρουσιάζεται συγκριτικά η συμβολή στην θερμική άνεση των: Παθητικής ηλιακής θέρμανσης, Αξιοποίηση θερμικής αδράνειας, Εκτεθειμένης μάζας και βραδινού αερισμού, Φυσικού αερισμού, Άμεσου εξατμιστικού δροσισμού, έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού.

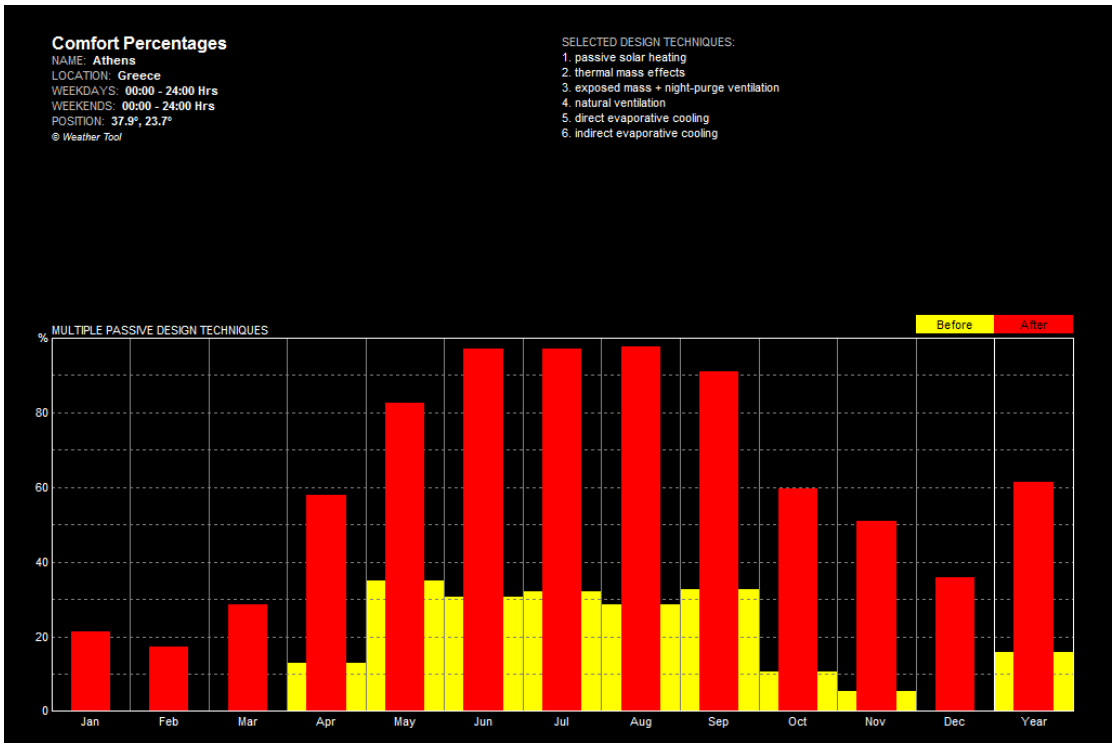



*Εικόνα 10.11 Διάγραμμα συμβολής διαφόρων τεχνικών στην θερμική άνεση*

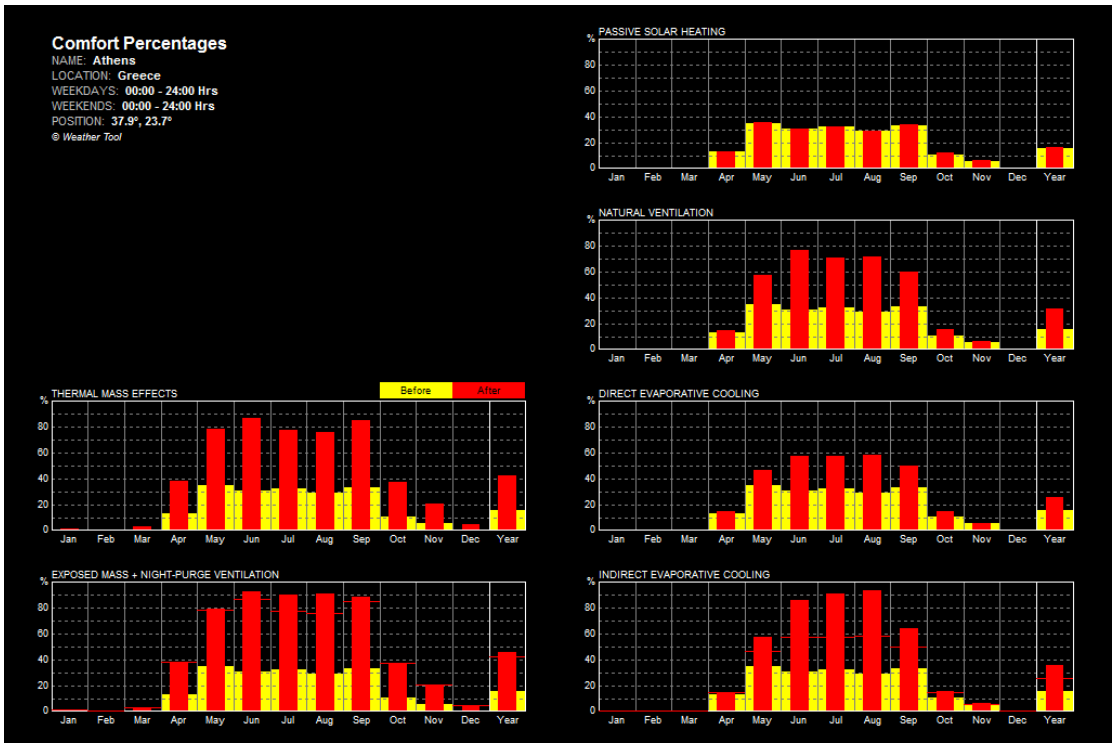
Προκύπτει ότι η μεγαλύτερη διεύρυνση της θερμικής άνεσης προέρχεται από την χρήση του Φυσικού αερισμού και του έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού.
Οι παράμετροι που εισήχθησαν για την παραγωγή αυτού του διαγράμματος είναι:

- Δραστηριότητα: καθιστική (activity: sedentary)
- Αναλογία διαφανούς επιφάνειας: 51% (glazing ratio)
- Μόνωση: υψηλή (insulation: high)
- Αποδοτικότητα: μεσαία (Efficiency: average)

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να αποτυπωθεί σε διάγραμμα η συμβολή της κάθε τεχνικής βιοκλιματικού σχεδιασμού μεμονωμένα ή και συνδυασμένων τεχνικών σε σύγκριση με πριν τη χρήση της/τους σε μηνιαία βάση.

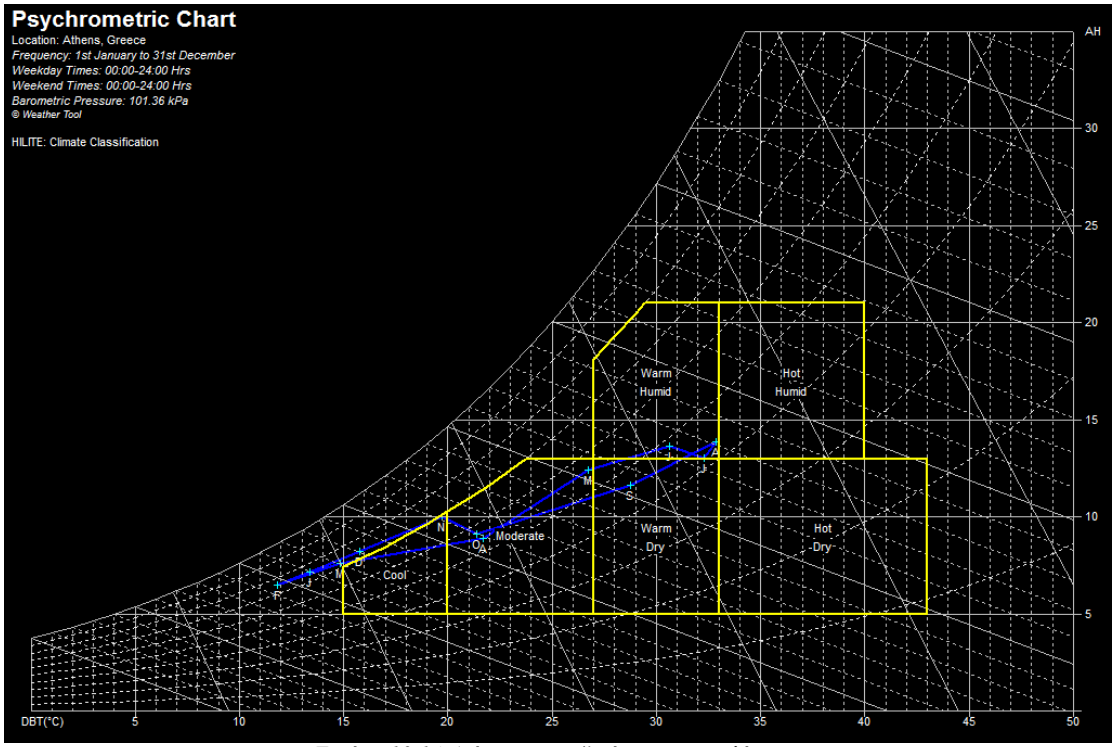



*Εικόνα 10.12 Συμβολή όλων των τεχνικών (παθητική ηλιακή θέρμανση, αξιοποίηση θερμικής αδράνειας, εκτεθειμένη μάζα και βραδινός αερισμός, φυσικός αερισμός, άμεσος εξατμιστικός δροσισμός, έμμεσός εξατμιστικός δροσισμός) συνδυασμένων*




Εικόνα 10.13 Συμβολή όλων των τεχνικών (παθητική ηλιακή θέρμανση, αξιοποίηση θερμικής αδράνειας, εκτεθειμένη μάζα και βραδινός αερισμός, φυσικός αερισμός, άμεσος εξατμιστικός δροσισμός, έμμεσός εξατμιστικός δροσισμός) μεμονωμένα

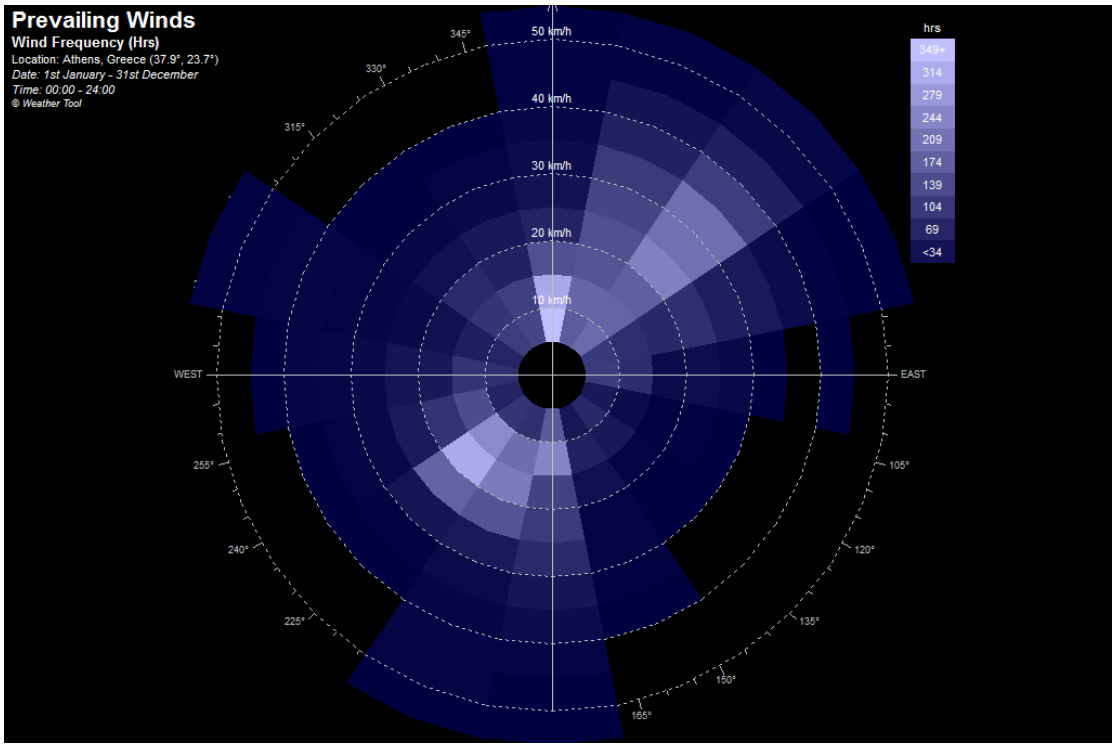
Στην ίδια εφαρμογή (της ψυχρομετρίας) υπάρχει και το διάγραμμα ταξινόμησης του κλίματος.



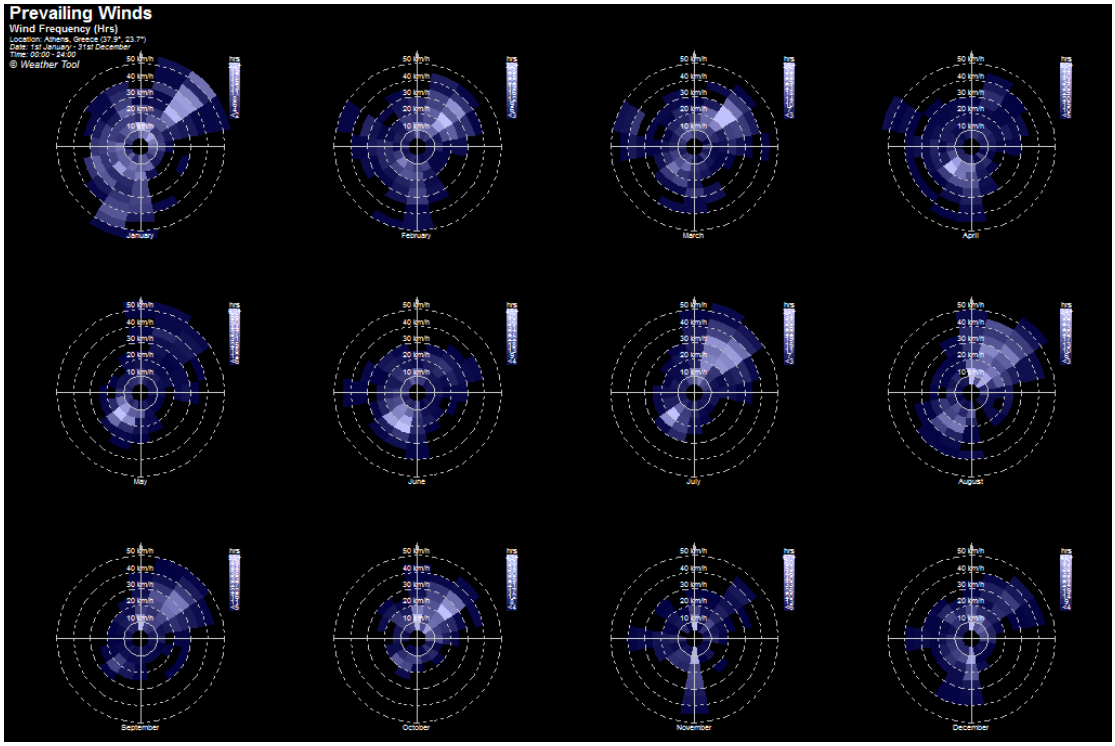

*Εικόνα 10.14 Διάγραμμα ταξινόμησης του κλίματος*

<u>Ανάλυση ανέμου (wind analysis)</u>

Αυτή η εφαρμογή μας δίνει την δυνατότητα της προβολής σε διάγραμμα της συχνότητας της έντασης και της κατεύθυνσης του ανέμου για όλη τη διάρκεια του χρόνου αλλά και για κάθε μήνα χωριστά.

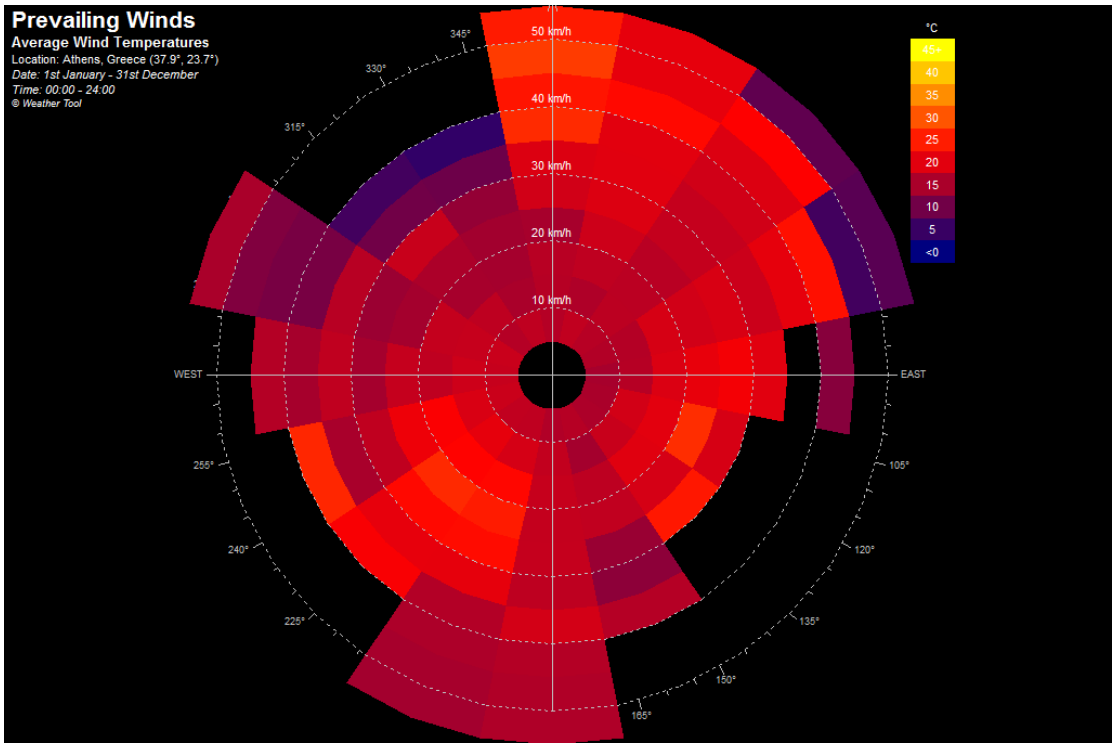



*Εικόνα 10.15 Διάγραμμα συχνότητας επικρατούντων ανέμων για όλο το έτος*

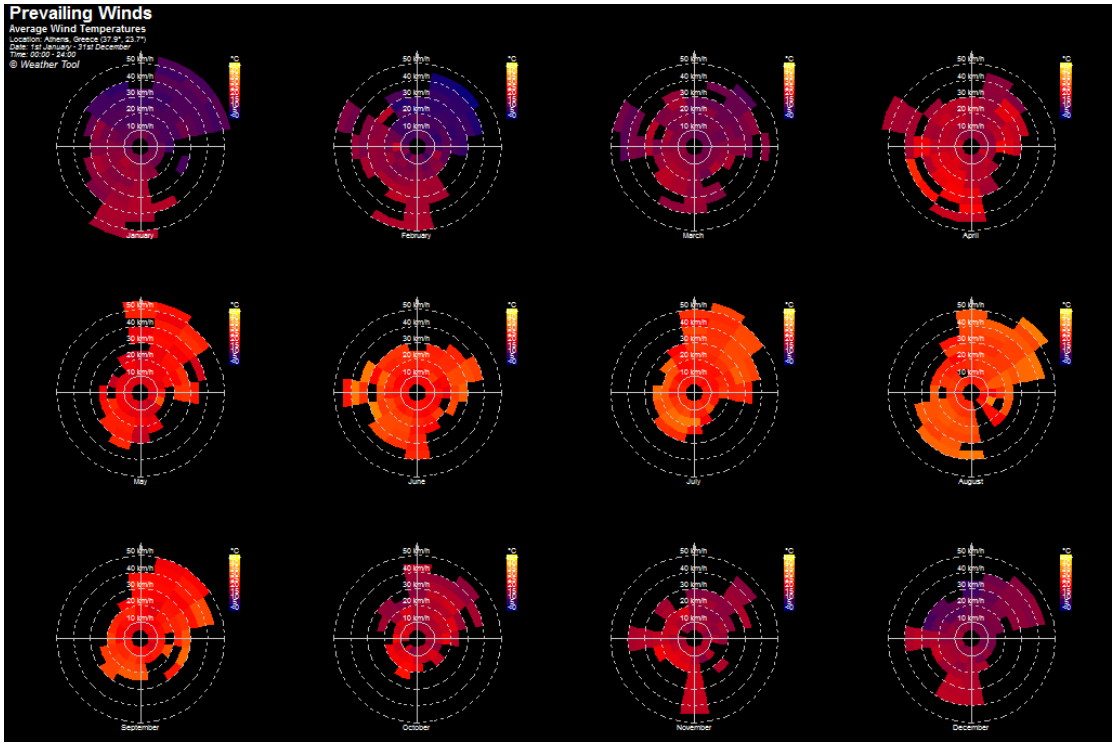



*Εικόνα 10.16 Διάγραμμα συχνότητας επικρατούντων ανέμων για κάθε μήνα χωριστά.*

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα της απεικόνισης σε διάγραμμα της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης θερμοκρασίας, υγρασίας αλλά και βροχόπτωσης σε μηνιαία βάση αλλά και σε ετήσια για όλη τη διάρκεια της μέρας ή για διάστημα αυτής.

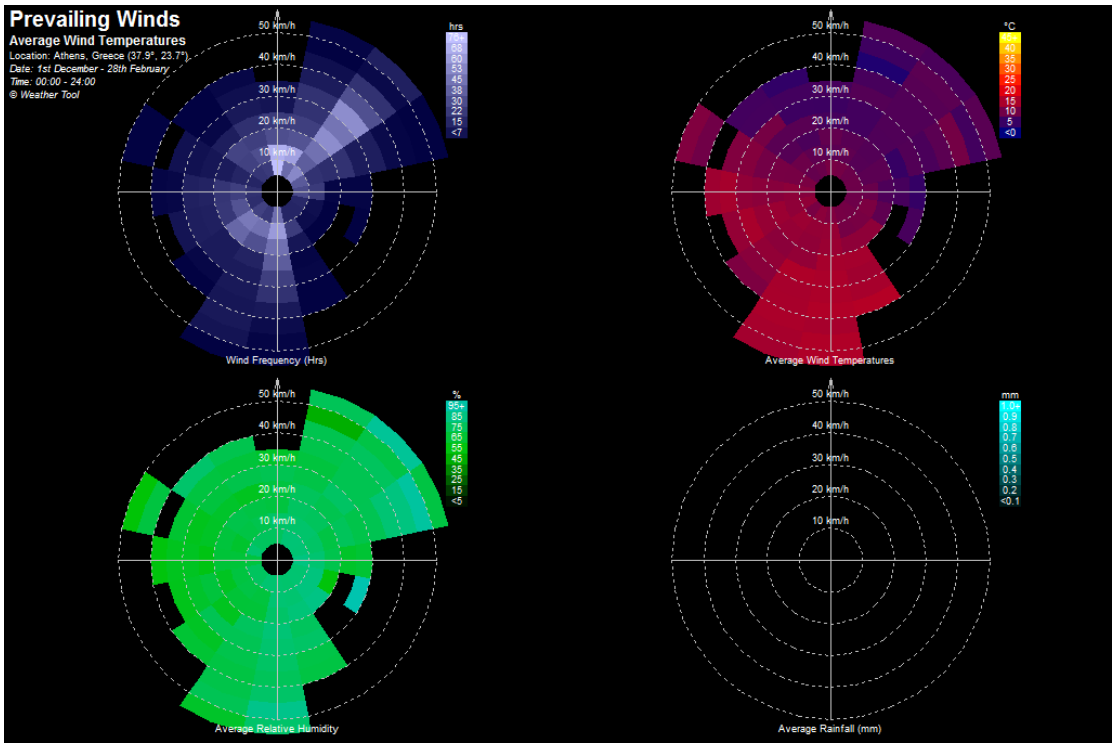



*Εικόνα 10.17 Διάγραμμα μέσης θερμοκρασίας επικρατούντων ανέμων καθ'όλη τη διάρκεια του ετους*

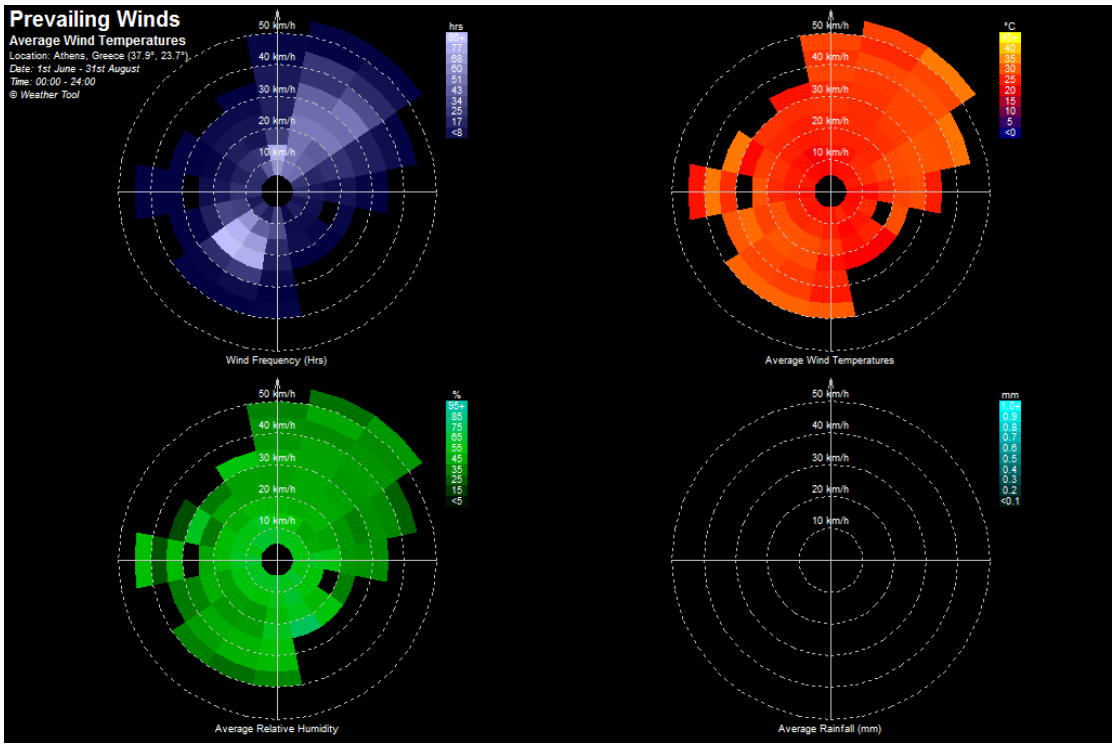



*Εικόνα 10.18 Διάγραμμα μέσης θερμοκρασίας επικρατούντων ανέμων για κάθε μήνα χωριστά για όλο το έτος*

Τέλος υπάρχει η δυνατότητα του συγκριτικού διαγράμματος της συχνότητας, της μέσης θερμοκρασίας και της μέσης σχετικής υγρασίας των επικρατούντων ανέμων σε ετήσια βάση, σε μηνιαία αλλά και για κάθε εποχή του χρόνου για όλη τη μέρα ή για διάστημα αυτής.



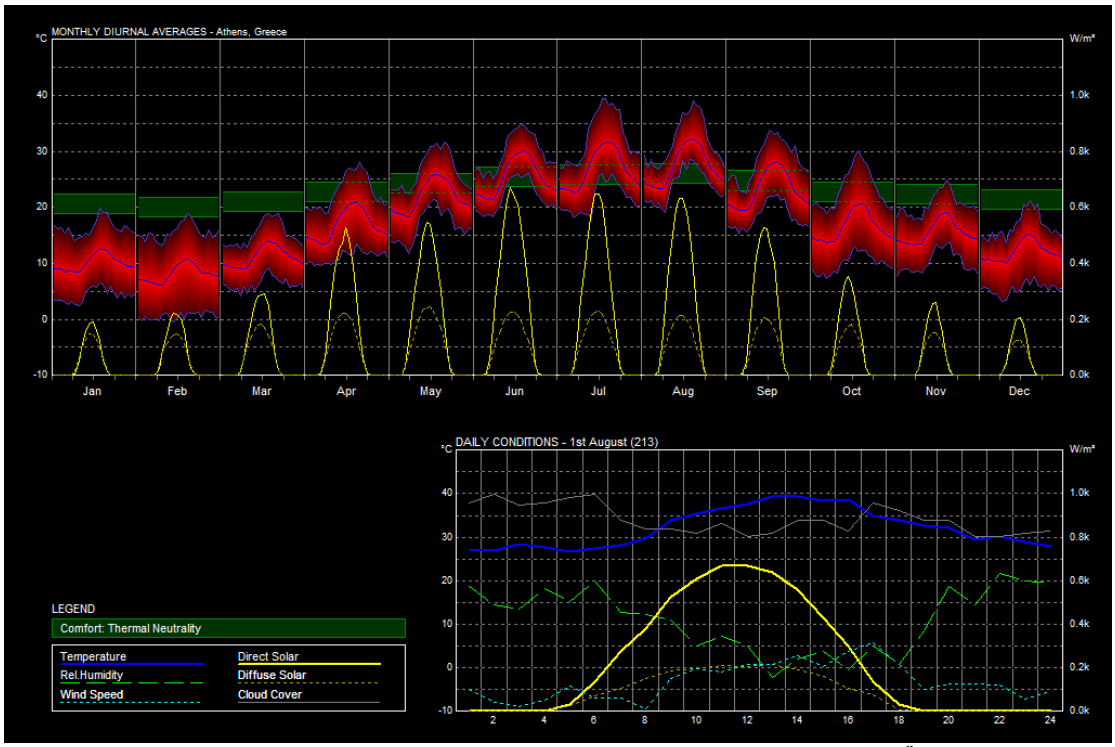

*Εικόνα 10.19 Συγκριτικό διαγράμμα της συχνότητας, της μέσης θερμοκρασίας και της μέσης σχετικής υγρασίας των επικρατούντων ανέμων για το χειμώνα*



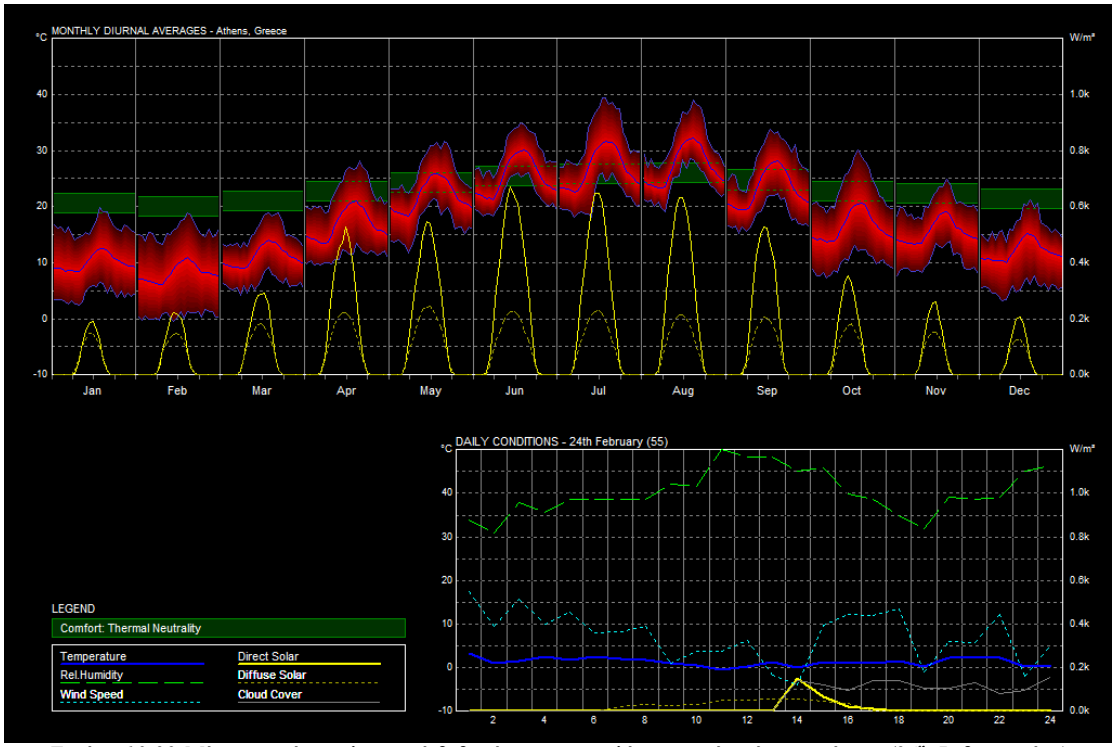

*Εικόνα 10.20 Συγκριτικό διαγράμμα της συχνότητας, της μέσης θερμοκρασίας και της μέσης σχετικής υγρασίας των επικρατούντων ανέμων για το καλοκαίρι*

<u>Κλιματικά δεδομένα</u>

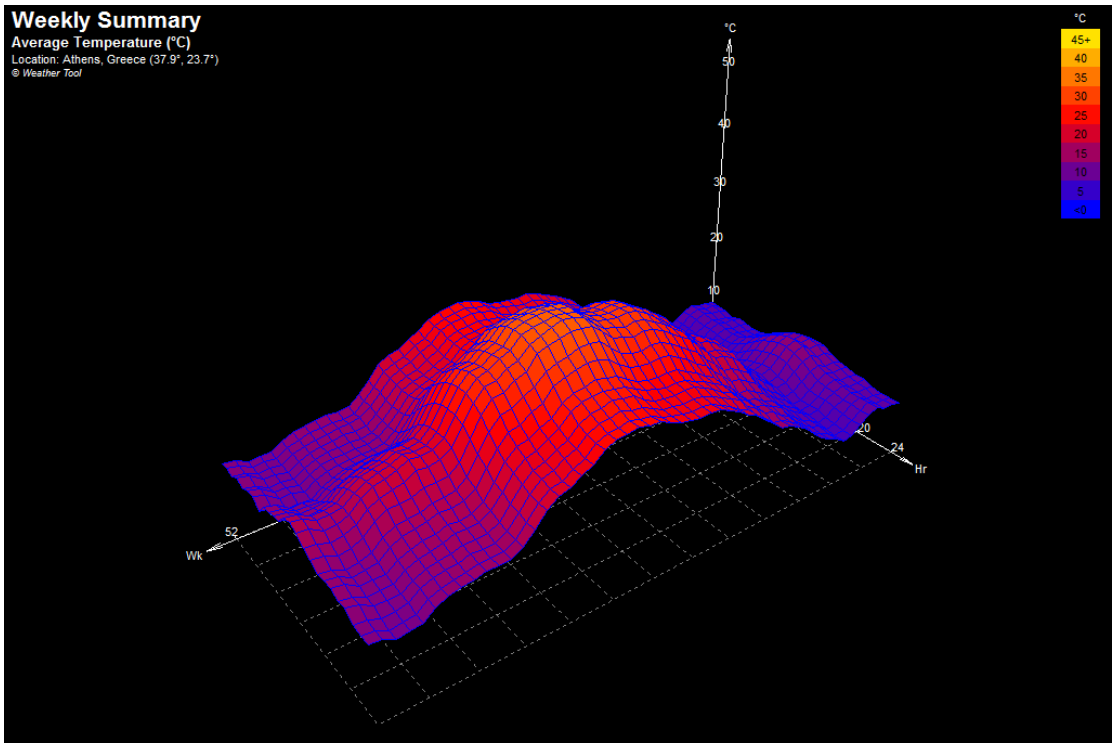
Η εφαρμογή αυτή μας δίνει πληροφορίες για τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία, άμεση και διάχυτη ακτινοβολία, ωριαία βροχόπτωση και νέφωση σε ωριαία, ημερήσια και μηνιαία βάση.



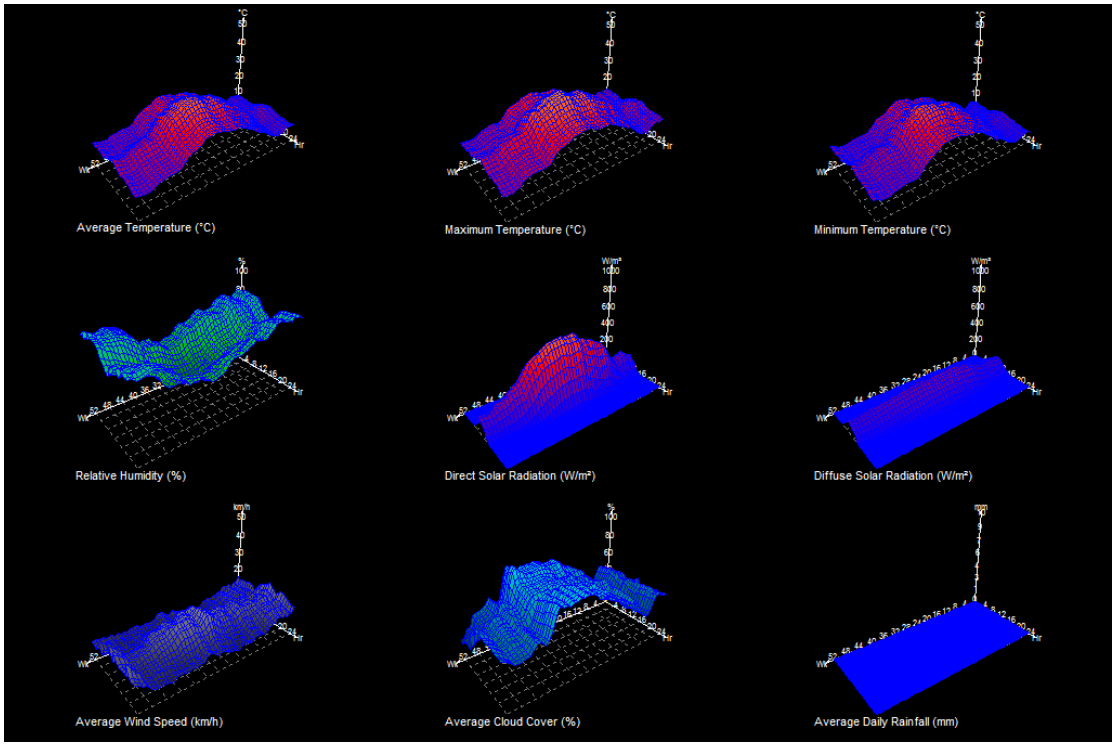

*Εικ 10.21 Μέσα ημερήσια κλιματικά δεδομένα για την πλέον θερμή ημέρα του έτους (1η Αυγούστου)*



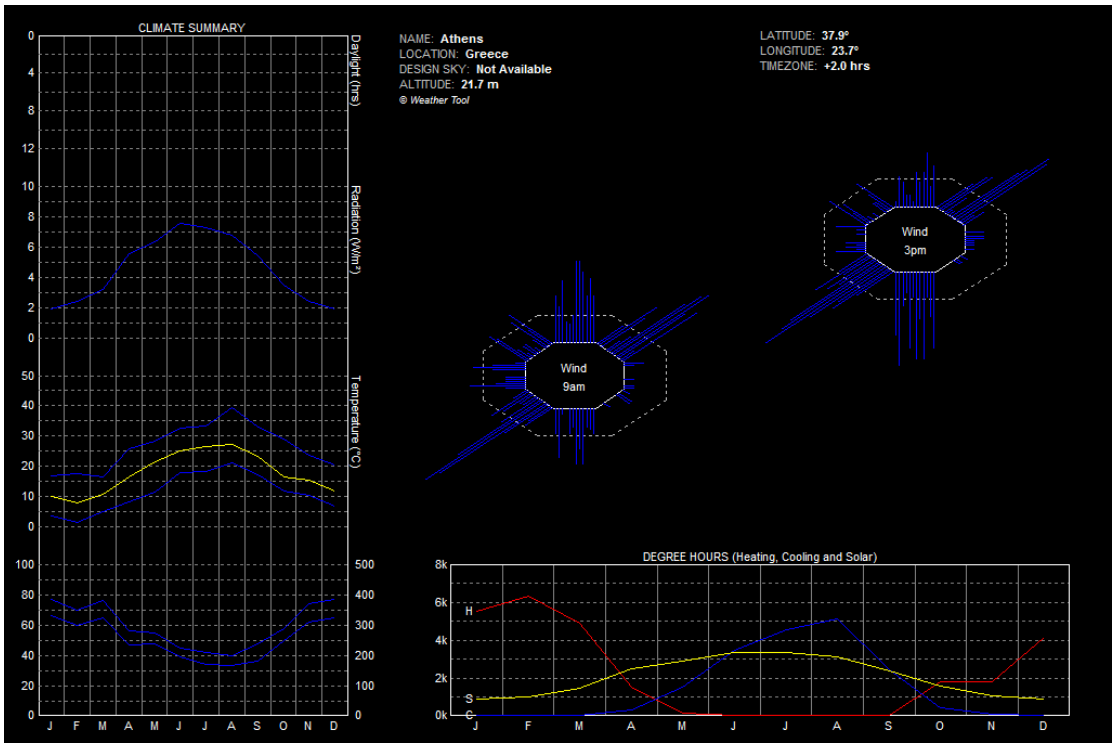

*Εικόνα 10.22 Μέσα ημερήσια κλιματικά δεδομένα για την πλέον ψυχρή ημέρα του έτους (24η Φεβρουαρίου)*




*Εικόνα 10.23 Διάγραμμα μέσης θερμοκρασίας*



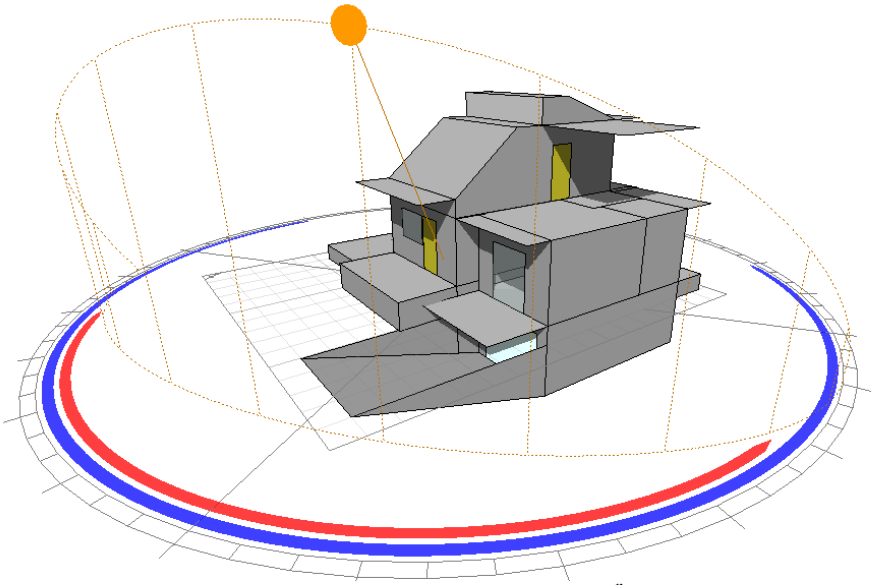

*Εικόνα 10.24 Διάγραμμα όλων των κλιματικών μεγεθών*



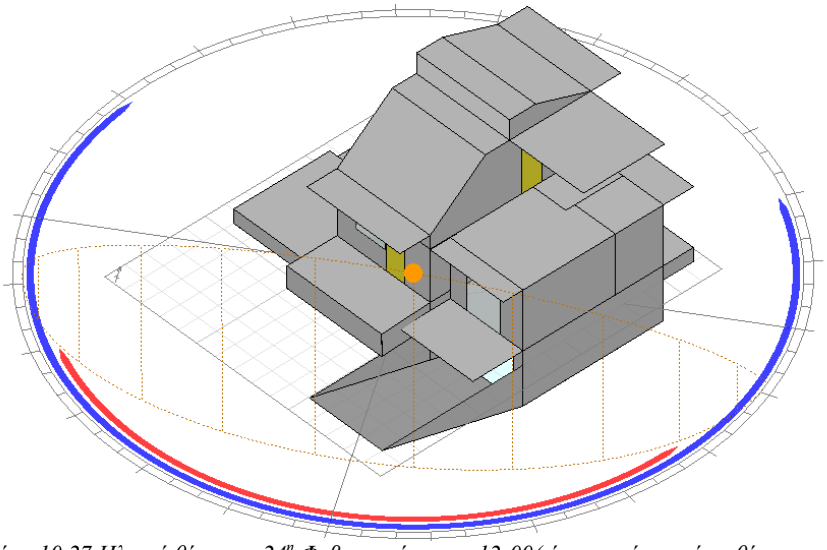

*Εικόνα 10.25 Κλιματική περίληψη*

<u>Πορεία του ήλιου (sun paths)</u>

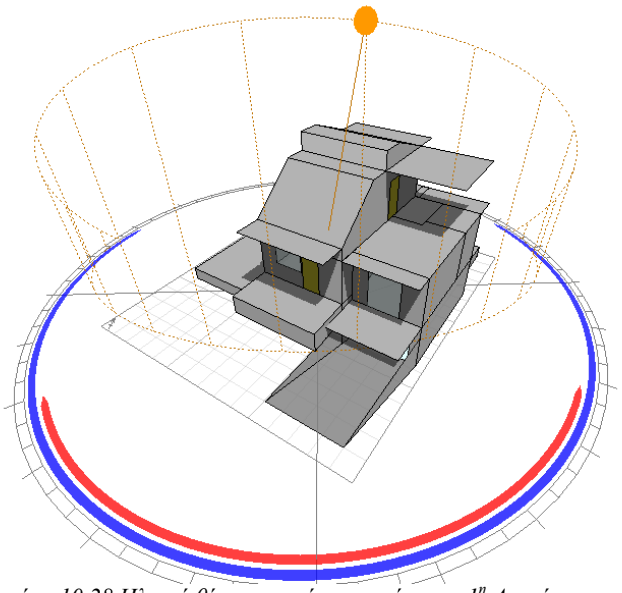
Με την εφαρμογή αυτή μπορούμε να δούμε τη θέση και την πορεία του ήλιου σε σχέση με το κτίριο, τις σκιές που δημιουργεί καθώς και να δούμε το κτίριο από τη θέση του ήλιου διάφορες μέρες και ώρες του χρόνου.



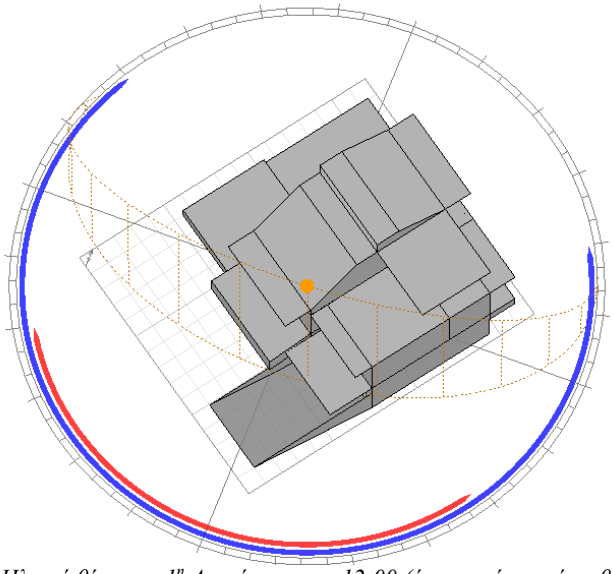
*Εικόνα 10.26 Ηλιακή θέση και σκίαση κτιρίου την 24η Φεβρουαρίου στις 12:00*



*Εικόνα 10.27 Ηλιακή θέση την 24η Φεβρουαρίου στις 12:00( όψη κτιρίου από τη θέση του ήλιου)*



*Εικόνα 10.28 Ηλιακή θέση και σκίαση κτιρίου την 1η Αυγούστου στις 12:00*



*Εικόνα 10.29 Ηλιακή θέση την 1η Αυγούστου στις 12:00 (όψη κτιρίου από τη θέση του ηλίου)*

### 10.3.4. Θερμική ανάλυση-thermal analysis

Πραγματοποιήθηκε θερμική ανάλυση της εξεταζόμενης κατοικίας με σκοπό την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του κτιρίου στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται κανένα σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού και στην περίπτωση μικτού συστήματος. Επιπλέον εφαρμόστηκε στο υφιστάμενο κτίριο το παθητικό ηλιακό σύστημα Τοίχος που είχε τα βέλτιστα αποτελέσματα ως προς τη θερμική άνεση των προκατασκευασμένων κτισμάτων που μελετήθηκαν. Τέλος έγινε σύγκριση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των τριών περιπτώσεων.
Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για τις ακόλουθες ενδεικτικές ημέρες του έτους:

- Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα 3η Φεβρουαρίου,
- Πλέον ψυχρή ημέρα του χειμώνα 24η Φεβρουαρίου (coldest day average),
- Τυπική καλοκαιρινή ημέρα 5η Ιουνίου και,
- Πλέον θερμή ημέρα του καλοκαιριού 1η Αυγούστου (hottest day average).

#### 10.3.4.1. Κανένα σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού- none system

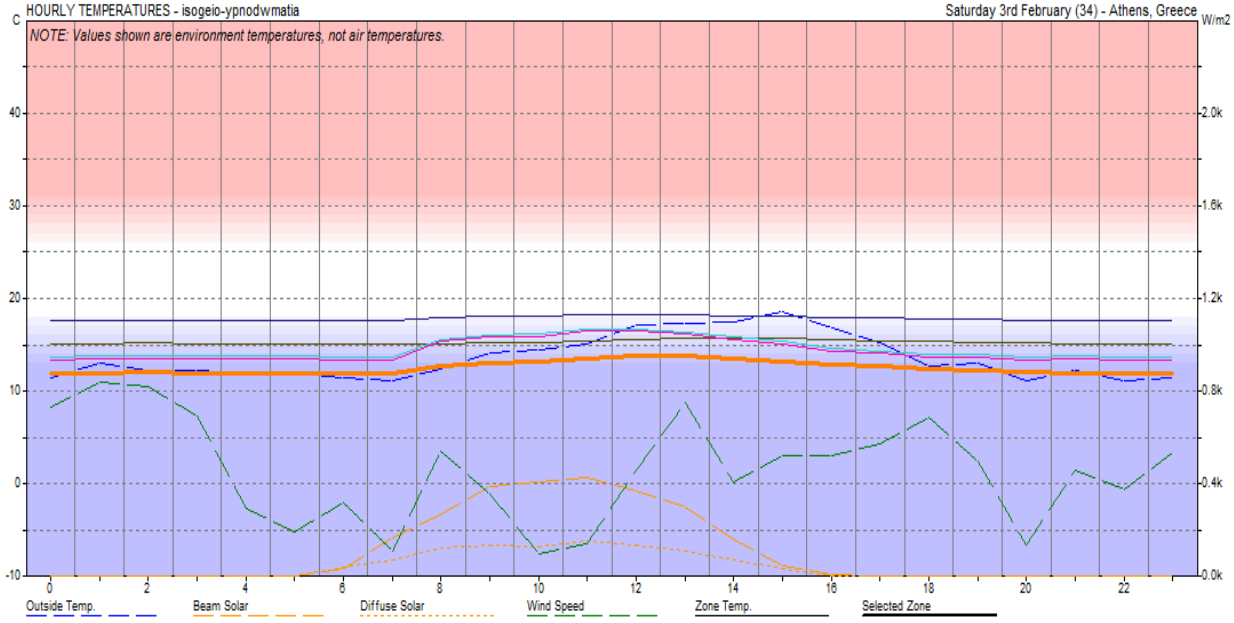
Έγινε ανάλυση του ωριαίου θερμοκρασιακού προφίλ και της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας όλων των ζωνών της κατοικίας.

<u>Παράμετροι θερμικής ανάλυσης</u>

- Όλα τα παράθυρα και οι πόρτες παραμένουν κλειστά
- Τα όρια της θερμικής άνεσης είναι 18-26ºC
- Ο συντελεστής ρουχισμού θεωρήθηκε 1,00, η υγρασία 60% η ταχύτητα του αέρα 0,5m/s και το επίπεδο φωτισμού 300lux
- Ο μέγιστος αριθμός των ανθρώπων θεωρήθηκε 2 και η δραστηριότητα καθιστική (70W)
- Τα θερμικά κέρδη από τα φώτα και τις συσκευές της ζώνης (sensinble) είναι 5W/m2 και από την εξάτμιση είναι 2W/m2
- Το ποσοστό διήθησης που καθορίζει τη διήθηση του αέρα στη ζώνη είναι 0,50 και η ευαισθησία στον άνεμο είναι 0,25
- Η περιοχή θεωρήθηκε αστική (urban)

Ωριαίο θερμοκρασιακό διάγραμμα: Αποδίδει τις εσωτερικές θερμοκρασίες όλων των ορατών θερμικών ζωνών ενός μοντέλου σε 24ωρη βάση. Επιπλέον παρέχει πληροφόρηση σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως εξωτερική θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία.

**Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα (3η Φεβρουαρίου):**




*Εικόνα 10.30 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ όλων των ζωνών*

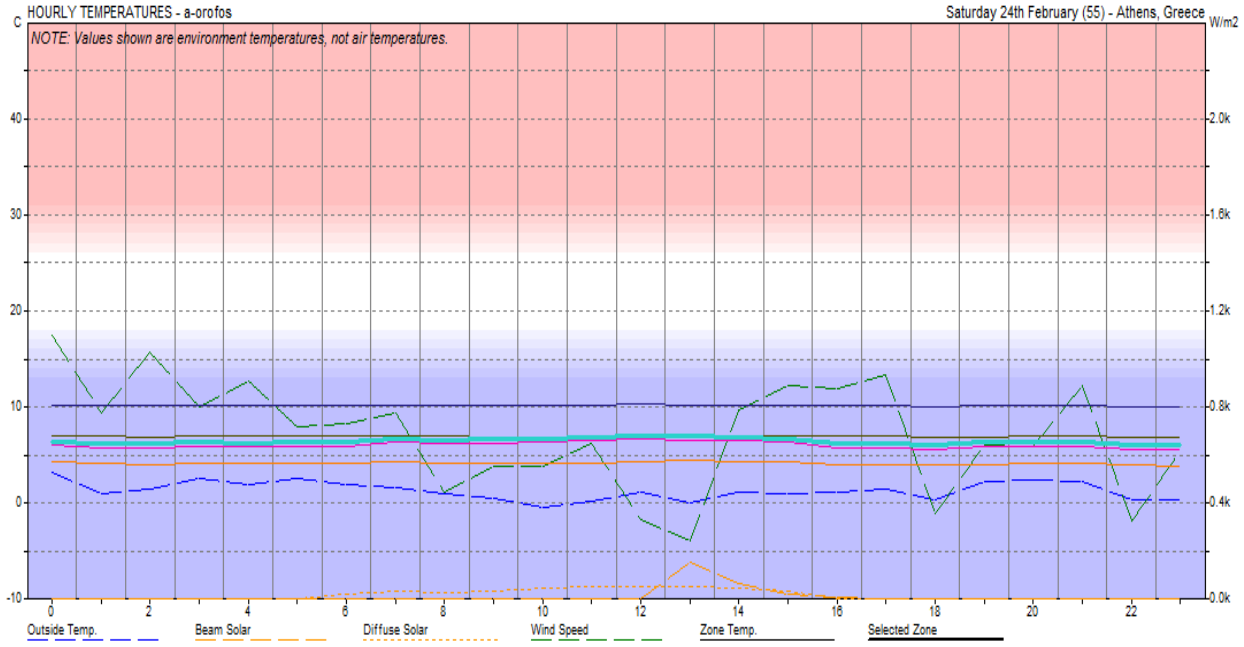
Παρατηρούμε (Εικόνα 10.30 ) ότι από τις 00:00 έως τις 07:00 περίπου και από τις 18:00 έως τις 24:00 όλες οι ζώνες έχουν σταθερή θερμοκρασία ανώτερη από την εξωτερική εκτός από την ζώνη 'ισόγειο-υπνοδωμάτιο' (πορτοκαλί) η οποία σχεδόν ταυτίζεται με την εξωτερική (12-13ºC). Κατά τη διάρκεια 07:00-18:00 όπου η εξωτερική θερμοκρασία αυξάνεται έως και 6 ºC, οι θερμοκρασίες όλων των ζωνών (εκτός του υπογείου) αυξάνονται επίσης και είναι κατώτερες της εξωτερικής. Συγκεκριμένα η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στον 'α-όροφο' ο οποίος είναι ο πιο εκτεθειμένος στις εξωτερικές συνθήκες και στην από κάτω ζώνη 'ισόγειο-καθιστικό'. Αντίθετα οι δύο ζώνες του υπογείου έχουν σχεδόν σταθερή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας η οποία είναι 2-5ºC μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες ζώνες. Αυτό είναι φυσικό καθώς οι ζώνες του υπογείου είναι λιγότερο εκτεθειμένες στα καιρικά φαινόμενα και τα ωριαία θερμικά κέρδη και απώλειες αντισταθμίζονται. Τέλος η χαμηλότερη θερμοκρασία παρατηρείται στην ζώνη 'ισόγειο-υπνοδωμάτιο'.

| Ζώνες | Αριθμός ωρών εντός θερμικής άνεσης | Χαμηλότερη θερμοκρ. (°C) | Υψηλότερη θερμοκρ. (°C). |
|---|---|---|---|
| Υπόγειο-Αποθήκη | 9 (08:00-16:00) | 17,6 (στις 22:00) | 18,3 (στις 11:00, 12:00) |
| Υπόγειο-Γκαράζ | 0 | 15,1 (στις 0:00,06:00-08:00,22:00,23:00) | 15,8 (στις 14:00) |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 0 | 13,3(στις 07:00) | 16,6 (στις 12:00) |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 0 | 11,9(στις 00:00,06:00,07:00,22:00,23:00) | 13,9 (στις 12:00,13:00) |
| Α' όροφος | 0 | 13,7(στις 00:00,06:00,07:00,20:00,22:00,23:00) | 16,7 (στις 12:00) |

*Πίνακας 10.1*

Φαίνεται στον Πίνακα 10.1 ότι χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού η κατοικία βρίσκεται εκτός του ορίου θερμικής άνεσης, εκτός από τη ζώνη 'υπόγειο-αποθήκη'.

**Πλέον ψυχρή ημέρα (24η Φεβρουαρίου):**




*Εικόνα 10.31 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ όλων των ζωνών*

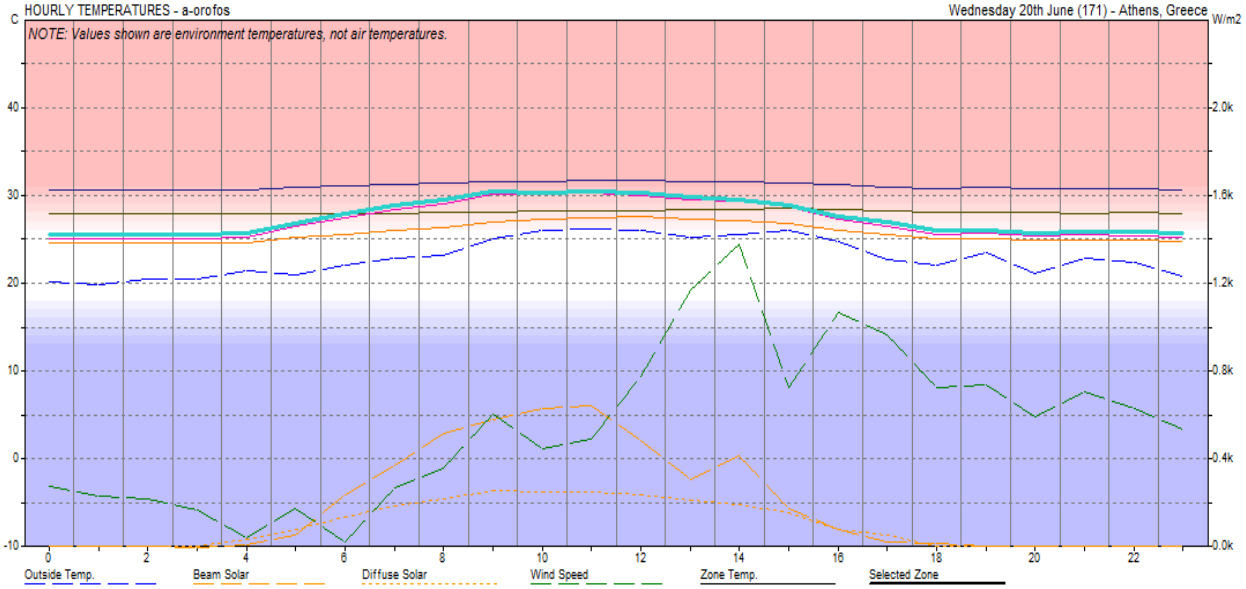
Στο ανωτέρω διάγραμμα (Εικόνα 10.31) φαίνεται πως το σύνολο των ζωνών διατηρούν περίπου σταθερή τη θερμοκρασία τους κατά τη διάρκεια της ημέρας και ανώτερη της εξωτερικής κατά 1-10 ºC. Αυτόι εξηγείται λόγω και της μικρής διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας. Κατ'αντιστοιχία με την τυπική χειμωνιάτικη μέρα, το υπόγειο έχει σταθερά ανώτερη θερμοκρασία από τις υπόλοιπες ζώνες με μεγαλύτερη θερμοκρασία του υπογείου στην αποθήκη. Και πάλι η χαμηλότερη θερμοκρασία παρατηρείται στα υπνοδωμάτια του ισογείου.

| Ζώνες | Αριθμός ωρών εντός θερμικής άνεσης | Χαμηλότερη θερμοκρ. (°C) | Υψηλότερη θερμοκρ. (°C). |
|---|---|---|---|
| Υπόγειο-Αποθήκη | 0 | 10,1 | 10,3 (στις 12:00, 14:00) |
| Υπόγειο-Γκαράζ | 0 | 6,9 | 7,1 (στις 14:00) |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 0 | 5,6 (στις 22:00, 23:00) | 6,7 (στις 12:00) |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 0 | 3,9 (στις 23:00) | 4,4(στις 13:00,14:00) |
| Α' όροφος | 0 | 6,1(στις 18:00,22:00,23:00) | 7,1 (στις 12:00) |

*Πίνακας 10.2*

Στον Πίνακα 10.2 παρατηρούμε ότι την πλέον ψυχρή ημέρα καμία ζώνη δεν βρίσκεται εντός της θερμικής άνεσης, με σημαντικά χαμηλότερες θερμοκρασίες από το κατώτερο όριό της.

**Τυπική καλοκαιρινή ημέρα (20η Ιουνίου):**




*Εικόνα 10.32 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ όλων των ζωνών*

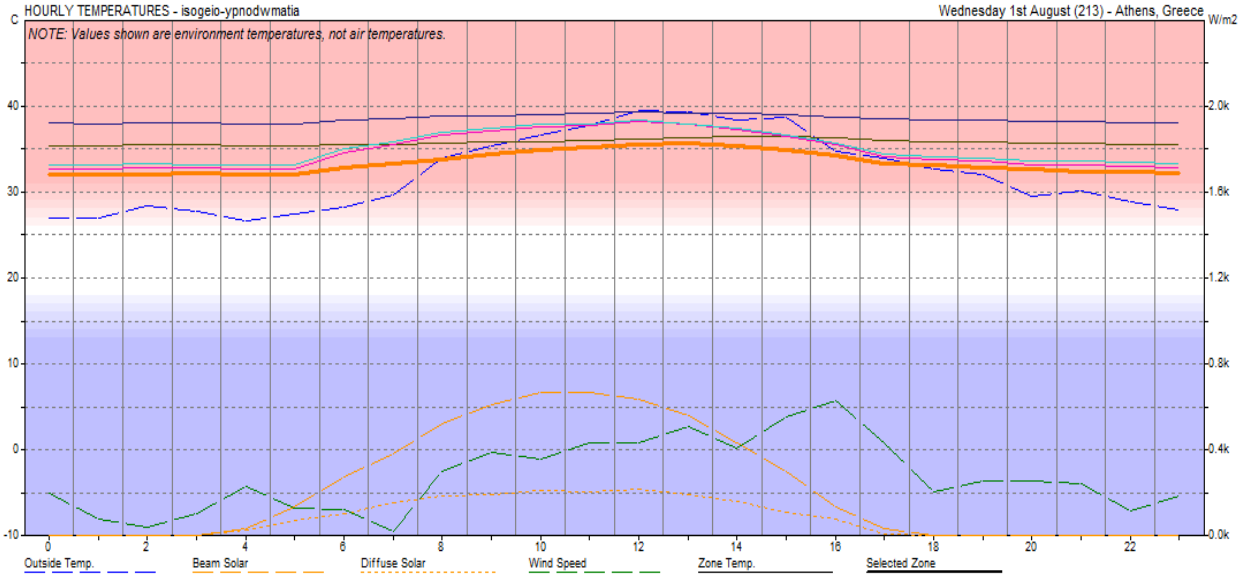
Στο ωριαίο θερμοκρασιακό διάγραμμα για την τυπική καλοκαιρινή ημέρα (Εικόνα 10.32), βλέπουμε πως οι εσωτερικές θερμοκρασίες είναι ανώτερες της εξωτερικής καθ'όλη τη διάρκεια της μέρας και κυμαίνονται από 24-32ºC. Η εξωτερική θερμοκρασία έχει μικρές μεταβολές με μία μικρή αύξηση από τις 07:00 έως τις 16:00 με τις εσωτερικές να ακολουθούν αυτή την τάση. Η μεγαλύτερη θερμοκρασιακή αύξηση παρατηρείται στις ζώνες 'α-όροφος' και 'ισόγειο-καθιστικό' που είναι πιο εκτεθειμένες στις εξωτερικές συνθήκες ενώ οι ζώνες του υπογείου και η 'ισόγειο-υπνοδωμάτιο'μεταβάλλουν λίγο τη θερμοκρασία τους. Η ζώνη 'υπόγειο-αποθήκη' έχει τις ανώτερες θερμοκρασίες καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η ζώνη 'ισόγειο-υπνοδωμάτιο' προσεγγίζει περισσότερο την εξωτερική θερμοκρασία.

| Ζώνες | Αριθμός ωρών εντός θερμικής άνεσης | Χαμηλότερη θερμοκρ. (°C) | Υψηλότερη θερμοκρ. (°C). |
|---|---|---|---|
| Υπόγειο-Αποθήκη | 0 | 30,6(στις 00:00-03:00) | 31,7(στις 11:00) |
| Υπόγειο-Γκαράζ | 0 | 27,9(στις 00:00-06:00) | 28,5(στις 15:00) |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 11(00:00-04:00, 18:00-23:00) | 25,0(στη 01:00) | 30,2(στις 11:00) |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 15(00:00-07:00, 17:00-23:00) | 24,6(στις 00:00-03:00) | 27,5(στις 11:00,12:00) |
| Α' όροφος | 10(00:00-04:00, 18:00,20:00-23:00) | 25,5(στη 01:00) | 30,5 (στις 11:00) |

*Πίνακας 10.3*

Στον Πίνακα 10.3 φαίνεται ότι το υπόγειο βρίσκεται όλες τις ώρες εκτός ορίων θερμικής άνεσης, το 'ισόγειο-υπνοδωμάτιο'είναι η θερμική ζώνη που βρίσκεται εντός των ορίων της άνεσης τις περισσότερες ώρες. Το 'ισόγειο καθιστικό και ο 'α-όροφος' βρίσκεται εντός ορίων θερμικής άνεσης σχεδόν τη μισή ημέρα. Επίσης παρατηρούμε πως η κατοικία διατηρεί συνθήκες θερμικής άνεσης τις πρώτες πρωινές καθώς και τις βραδινές ώρες.

**Πλέον θερμή ημέρα (1η Αυγούστου):**



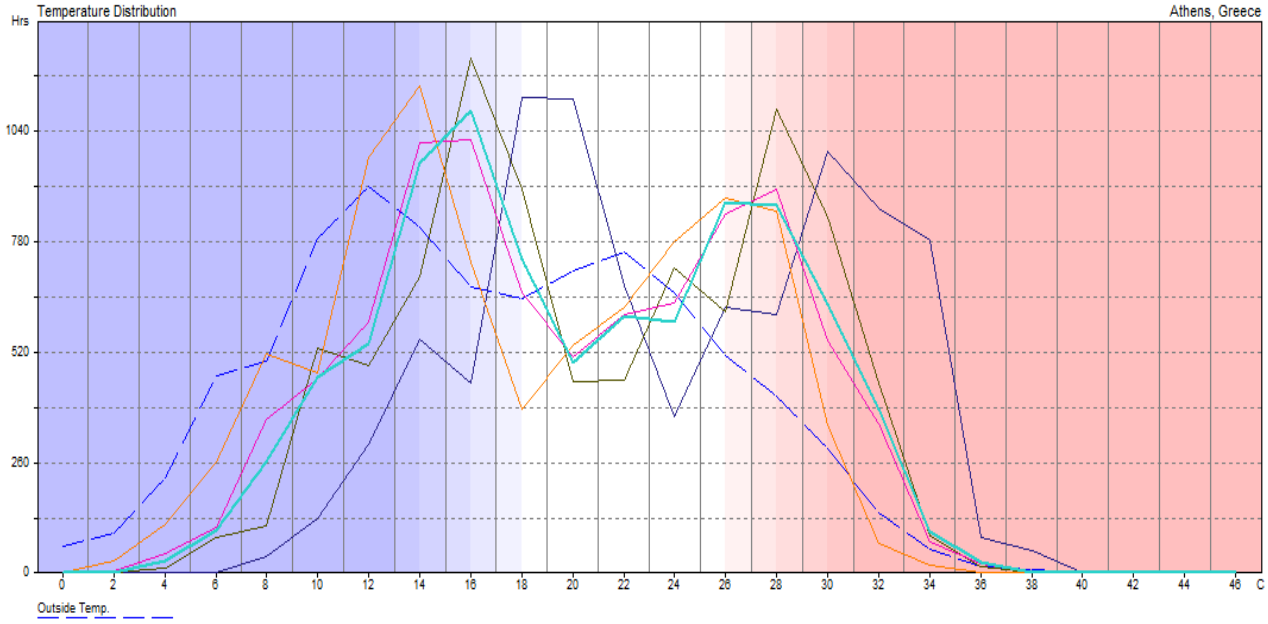

*Εικόνα 10.33 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ όλων των ζωνών*

Κατά τη διάρκεια 00:00-08:00 και 18:00-24:00 (Εικόνα 10.33) όλες οι θερμμικές ζώνες έχουν θερμοκρασίες ανώτερες της εξωτερικής ενώ στο διάστημα 12:00-15:00 χαμηλότερες της εξωτερικής. Επαληθεύονται τα προηγούμενα συμπεράσματα όσον αφορά την πιο θερμή και την πιο ψυχρή ζώνη. Η μεγαλύτερη άνοδος της θερμοκρασίας παρατηρείται στις ζώνες 'ισόγειο-καθιστικό' και 'α-όροφος'.Η όμοια μεταβολή των θερμοκρασιών αυτών των δύο ζωνών οφείλεται στο μεγάλο άνοιγμα στο ταβάνι του ισογείου. Και εδώ οι ζώνες του υπογείου διατηρούν σχεδόν σταθερές τις θερμοκρασίες τους με μεγαλύτερη αυτή της ζώνης 'υπόγειο-αποθήκη'.

| Ζώνες | Αριθμός ωρών εντός θερμικής άνεσης | Χαμηλότερη θερμοκρ. (°C) | Υψηλότερη θερμοκρ. (°C). |
|---|---|---|---|
| Υπόγειο-Αποθήκη | 0 | 37,9(στις 04:00) | 39,2(στις 12:00,13:00) |
| Υπόγειο-Γκαράζ | 0 | 35,4 | 36,4(στις 14:00- 15:00) |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 0 | 32,6(στη 04:00) | 38,2(στις 12:00) |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 0 | 32,0(στις 00:00-03:00) | 35,6(στις 12:00,13:00) |
| Α' όροφος | 0 | 33,1 | 38,3(στις 12:00) |

*Πίνακας 10.4*

Και σε αυτή την περίπτωση (Πίνακας 10.4) καμία θερμική ζώνη δεν βρίσκεται εντός ανεκτών θερμοκρασιακών ορίων ενώ οι θερμοκρασίες είναι κατά πολύ ανώτερες από το ανώτερο όριο.
Διάγραμμα Διακύμανσης θερμοκρασίας (Temperature Distribution): Προβάλλει γράφημα ωριαίας εμφάνισης εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών σε ετήσια βάση.




*Εικόνα 10.34 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση για όλες τις θερμικές ζώνες*

(Βλ.και Παράρτημα Πίνακες 13, 14, 15, 16, 17 σελ. 174, 175, 176, 177, 178)

| Ζώνες | Αριθμός ωρών εντός θερμικής άνεσης(ετήσιο) | Ποσοστό εντός θερμικής άνεσης |
|---|---|---|
| Υπόγειο-Αποθήκη | 3908 | 44,60% |
| Υπόγειο-Γκαράζ | 3142 | 35,90% |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 3258 | 37,20% |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 3216 | 36,70% |
| Α' όροφος | 3302 | 37,70% |

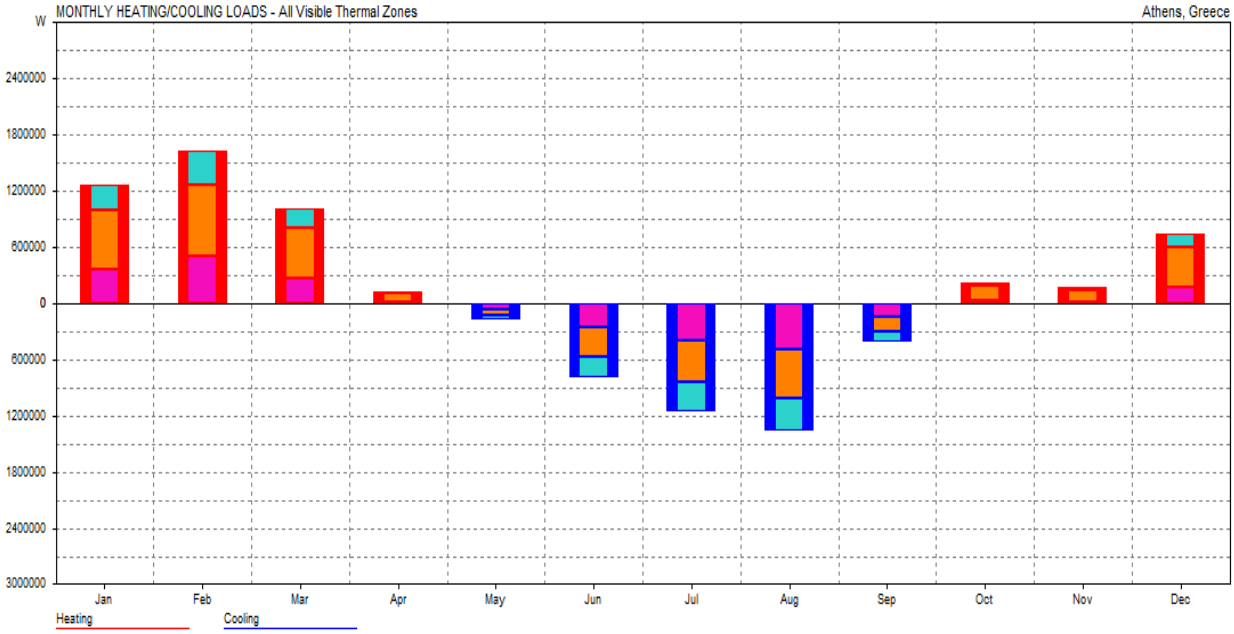
*Πίνακας 10.5*

Στον Πίνακα 10.5 βλέπουμε ότι όλες οι ζώνες σχεδόν το ένα τρίτο του έτους διατηρούν θερμοκρασίες εντός των ορίων της άνεσης. Η θερμοκρασιακά πιο ανεκτή ζώνη είναι το 'υπόγειο-αποθήκη', ενώ οι ζώνες στις οποίες έχουμε τις περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες παρουσιάζουν λιγότερες ώρες μέσα στο έτος ανεκτές θερμοκρασίες.

### 10.3.4.2. Μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού- mixed mode system

Έγινε ενεργειακή ανάλυση με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού προκειμένου να υπολογιστούν τα μηνιαία απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης αλλά και της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας Ο θερμοστάτης είναι ρυθμισμένος ώστε το σύστημα να λειτουργεί όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι εκτός των ορίων άνεσης 18-26 ºC. Το μικτό σύστημα εφαρμόστηκε στις δύο ζώνες του ισογείου (ισόγειο-καθιστικό και ισόγειο-υπνοδωμάτιο) και στη ζώνη του ά-ορόφου.

Οι παράμετροι της θερμικής ανάλυσης είναι ίδιες με την περίπτωση κανενός συστήματος ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού με επιπλέον: Αποδοτικότητα συστήματος = 95%, Ώρες λειτουργίας συστήματος = 24/24




*Εικόνα 10.35 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τις τρεις θερμικές ζώνες*

- Ισόγειο-Καθιστικό
- Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο
- Ά όροφος

Το μέγιστο απαιτούμενο φορτίο για θέρμανση παρατηρήθηκε τον μήνα Φεβρουάριο και για ψύξη τον μήνα Αύγουστο. Αντίστοιχα κατά τη διάρκεια του Απριλίου και του Νοεμβρίου γίνεται η μικρότερη κατανάλωση ενέργειας (Εικόνα 10.33)

Βλ. και Παράρτημα Πίνακες 18, 19, 20, 21 σελ. 179, 180 και Εικόνες 5, 6, 7 σελ. 191

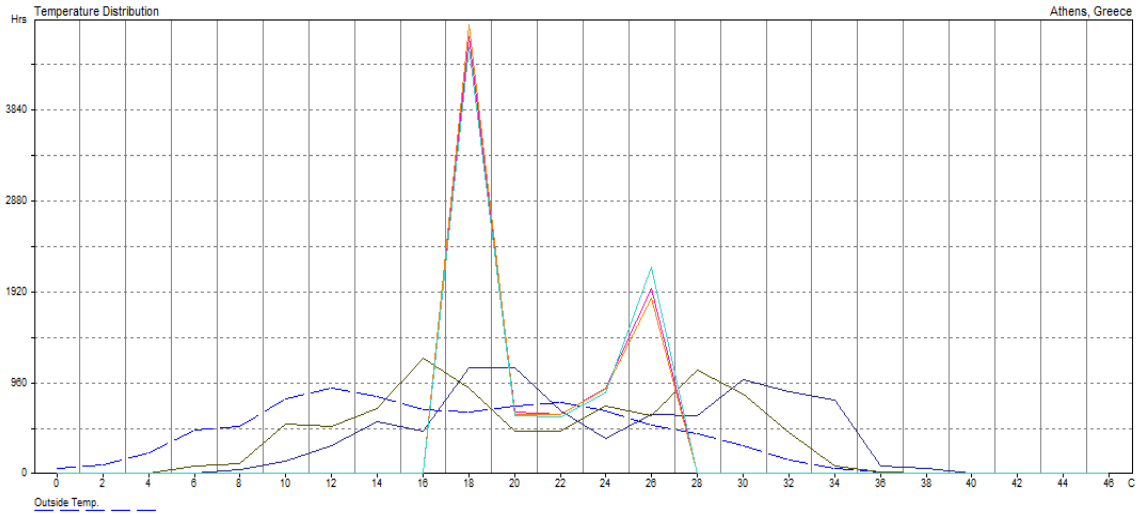
| ΖΩΝΕΣ | ΘΕΡΜΑΝΣΗ (Wh) | ΨΥΞΗ (Wh) | ΣΥΝΟΛΟ |
|---|---|---|---|
| Ισόγειο-Καθιστικό | 1382651 | 1364885 | 2747536 |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 2730926 | 1479078 | 4210004 |
| Α' όροφος | 1093449 | 1058090 | 2151539 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 5207026 | 3902053 | 9109079 |

*Πίνακας 10.6*

Στον Πίνακα 10.6 βλέπουμε ότι η ζώνη με τις περισσότερες ενεργειακές απαιτήσεις είναι η «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο», με σχεδόν διπλάσιες απαιτήσεις θέρμανσης από τις άλλες δύο κάτι το οποίο είναι λογικό αφού από την προηγούμενη ανάλυση προέκυψε ότι ήταν η ζώνη με το μικρότερο ποσοστό θερμικής άνεσης κατά τη διάρκεια του έτους. Επίσης περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται για θέρμανση της κατοικίας παρά για ψύξη.
Συγκεκριμένα:

- Θέρμανση: **57,16%**
- Ψύξη: **42,84%**

Είναι γνωστό ότι τα παθητικά ηλιακά συτήματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τους ψυχρούς μήνες με αποτέλεσμα την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση. Επομένως είναι εύστοχη η διερεύνηση της εφαρμογής του Τοίχου Trombe (παθητικό ηλιακό σύστημα) στην συγκεκριμένη κατοικία καθώς έχουμε αυξημένες απαιτήσεις θέρμανσης.




*Εικόνα 10.36 .Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση για όλες τις θερμικές ζώνες*

Βλ. και Παράρτημα Πίνακες 22, 23, 24 σελ. 181, 182, 183

Στον παρακάτω Πίνακα 10.7 φαίνονται οι παρατηρούμενες θερμοκρασίες με τα αντίστοιχα ποσοστά τους για κάθε μία από τις τρεις ζώνες που χρησιμοποιείται το μικτό σύστημα.

| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C ) | Ισόγειο-Καθιστικό | Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | Α' όροφος | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ |
|---|---|---|---|---|
| 18 | 52,80% | 54,20% | 51,40% | 52,80% |
| 20 | 7,40% | 7,20% | 7,10% | 7,23% |
| 22 | 7,10% | 7,20% | 6,90% | 7,07% |
| 24 | 10,30% | 10,30% | 9,80% | 10,13% |
| 26 | 10,30% | 21,20% | 24,90% | 22,83% |

*Πίνακας 10.7*

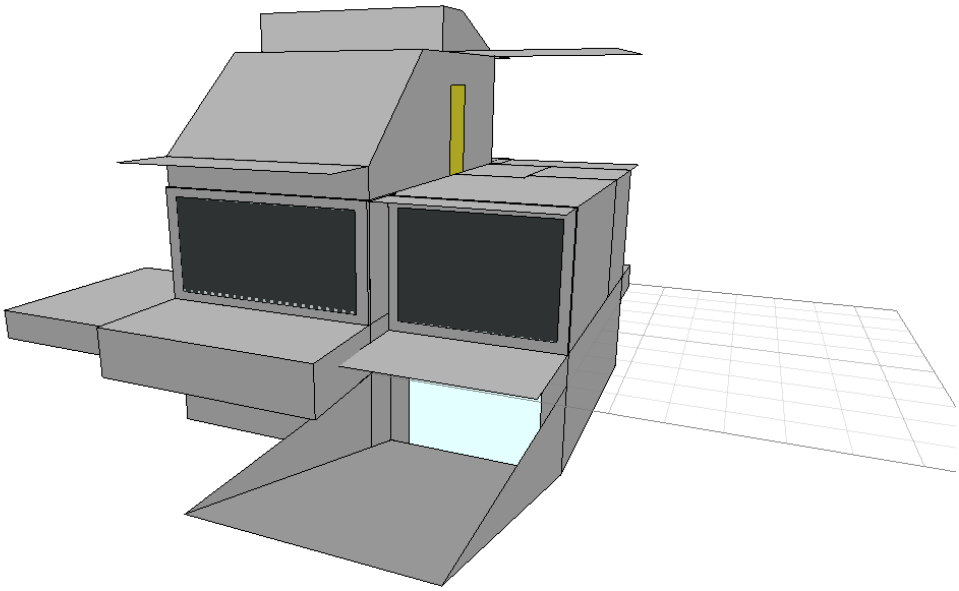
Στις τρείς ζώνες που χρησιμοποιήθηκε μικτό σύτημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού βλέπουμε ότι το εύρος των παρατηρούμενων θερμοκρασιών είναι 16-28°C που είναι ±2°C από το όριο του θερμοστάτη. (Εικόνα 10.36)

Οι πλέον παρατηρούμενες θερμοκρασίες είναι οι 18°C με ποσοστό περίπου 52% του έτους και οι 26°C με ποσοστό περίπου 22,5%, δηλαδή τα όρια του θερμοστάτη και ότι και οι τρεις ζώνες διατηρούν παρόμοιες θερμοκρασίες ταυτόχρονα. (Πίνακας 10.7)

## 11. Εφαρμογή τοίχου Trombe-Michel στην εξοχική κατοικία με χρήση Ecotect

Σε αυτό το καφάλαιο εφαρμόστηκε στην εξοχική κατοικία της Σαρωνίδας το παθητικό ηλιακό σύστημα που προέκυψε ως αποδοτικότερο από τις προηγούμενες αναλύσεις στα τρία

προκατασκευασμένα κτίσματα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Σύμφωνα με τις επί τόπου θερμοκρασιακές μετρήσεις αλλά και από την θερμική ανάλυση των τριών σπιτιών, προκύπτει πως αποδοτικότερο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι ο Τοίχος Trombe. Επομένως εξετάζεται η περίπτωση της εφαρμογής Τοίχου Trombe στη νότια όψη της εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με σκοπό την αξιολόγηση του τοίχου. Συγκεκριμένα η εφαρμογή έγινε και στις δύο επιφάνειες της νότιας όψης των ζωνών «Ισόγειο-Καθιστικό», «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο».



Εικόνα 11.1 Τοίχος Trombe στη νότια όψη

Τοίχος Trombe: 250 εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα, μαύρο χρώμα στην εξωτερική επιφάνεια και ανοίγματα με συντελεστή απωλειών θερμότητας U-Value: 3,60W/m2K. Εικόνα της τομής του υπάρχει στο Παράρτημα Εικόνα 8 σελ. 192.

## 11.1. Θερμική ανάλυση

Οι παράμετροι της θερμικής ανάλυσης είναι ίδιες με την περίπτωση που δεν είχαμε παθητικό ηλιακό σύστημα.

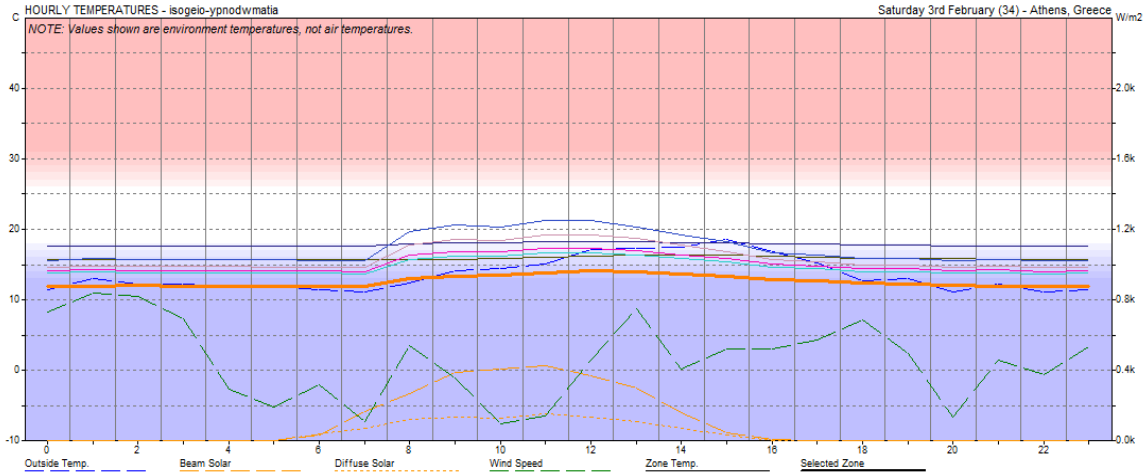
### 11.1.1. Κανένα σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού (none system)

Και εδώ γίνεται ανάλυση του ωριαίου θερμοκρασιακού προφίλ και της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας.

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για τις ακόλουθες ενδεικτικές ημέρες του έτους:

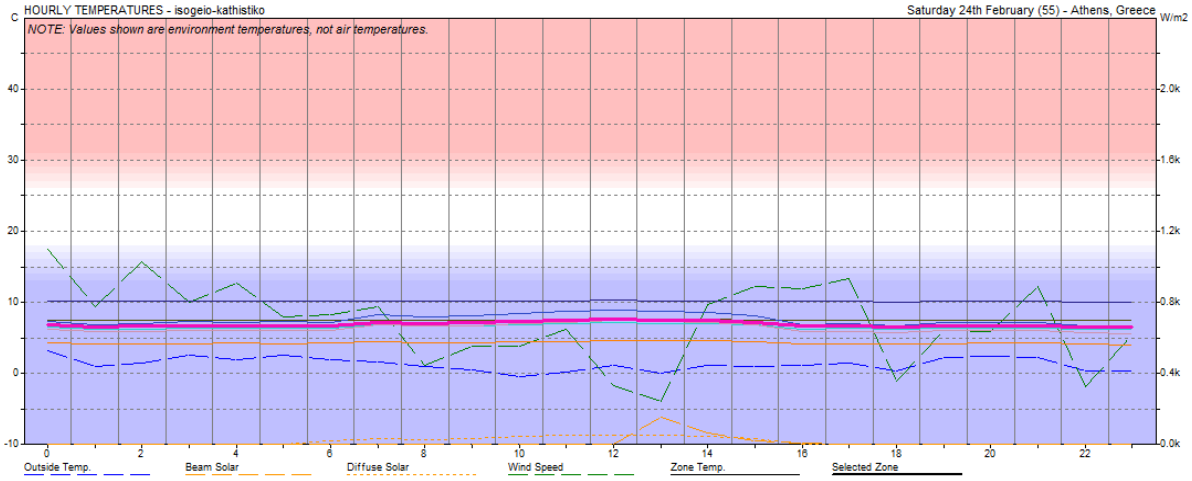
- Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα 3η Φεβρουαρίου,
- Πλέον ψυχρή ημέρα του χειμώνα 24η Φεβρουαρίου (coldest day average)
- Τυπική καλοκαιρινή ημέρα 5η Ιουνίου και,
- Πλέον θερμή ημέρα του καλοκαιριού 1η Αυγούστου (hottest day average).

## Τυπική χειμωνιάτικη ημέρα (3η Φεβρουαρίου):



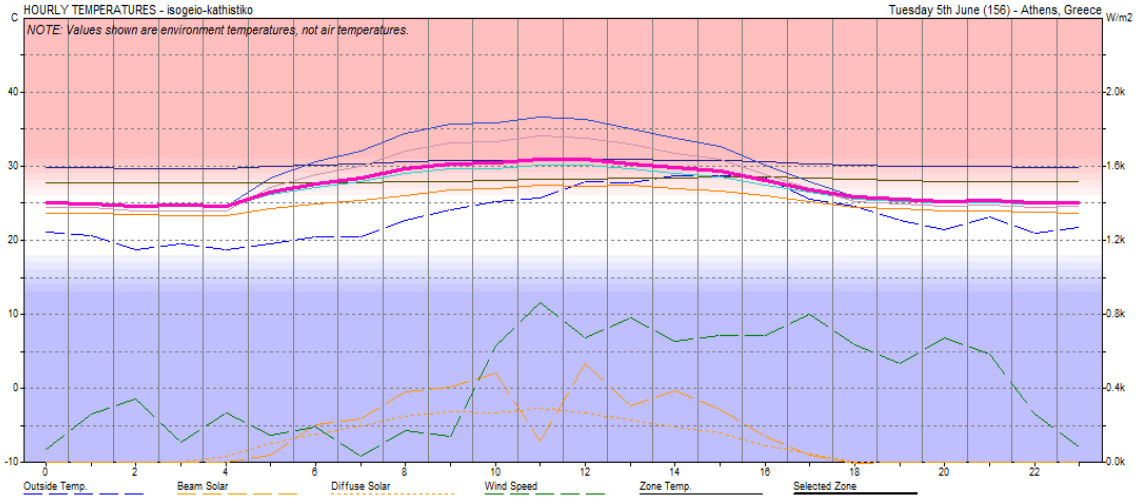

*Εικόνα 11.2 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ όλων των ζωνών*

## Πλέον ψυχρή ημέρα (24η Φεβρουαρίου):



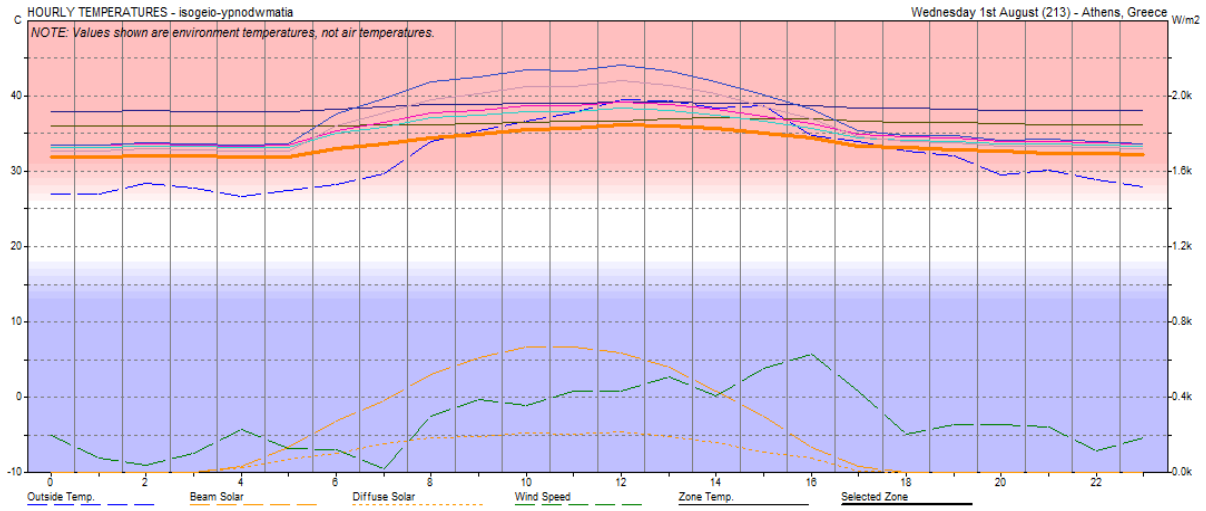

*Εικόνα 11.3 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ όλων των ζωνών*

## Τυπική καλοκαιρινή ημέρα (5η Ιουνίου):




*Εικόνα 11.4 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ όλων των ζωνών*

**Πλέον θερμή ημέρα (1η Αυγούστου):**



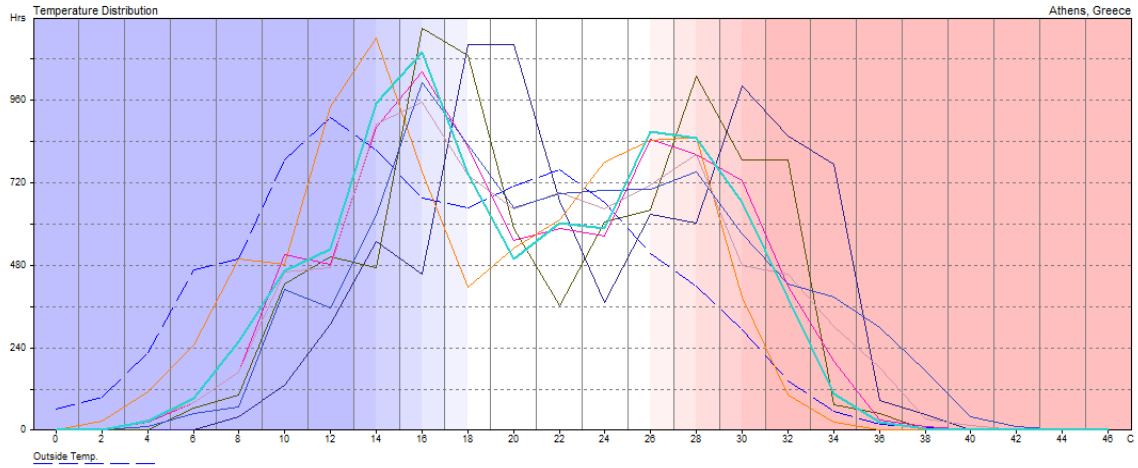

*Εικόνα 11.5 Ωριαίο θερμοκρασιακό προφίλ όλων των ζωνών*

| | ΧΩΡΙΣ TROMBE | | ΜΕ TROMBE | |
|---|---|---|---|---|
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΗΜΕΡΕΣ | ΙΣ.- ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ(°C ) | ΙΣ.-ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ(°C ) | ΙΣ.- ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ(°C ) | ΙΣ.-ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ(°C ) |
| ΤΥΠΙΚΗ ΧΕΙΜΩΝΙΑΤΙΚΗ | -1,05 | 0,76 | -0,96 | 1,5 |
| ΠΛΕΟΝ ΨΥΧΡΗ | 2,84 | 4,67 | 3 | 5,57 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗ | 1,69 | 3,22 | 1,84 | 4,04 |
| ΠΛΕΟΝ ΘΕΡΜΗ | 1,22 | 2,64 | 1,38 | 3,44 |

Πίνακας 11.1

Ο Πίνακας 11.1 παρουσιάζει τον μέσο όρο των ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας (εσωτερική-εξωτερική) των ζωνών του ισογείου για τέσσερις χαρακτηριστικές ημέρες πριν και μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe. Παρόμοια διερεύνηση έγινε και για τις υπόλοιπες ζώνες της κατοικίας (υπόγειο και α-όροφος) όπου δεν πρατηρήθηκε διαφορά στις διαφορές των θερμοκρασιών τους χωρίς και με τον τοίχο Trombe. Η επηρροή του παθητικού ηλιακού συστήματος στις άμεσα επηρρεαζόμενες ζώνες ήταν πολύ μικρή, αναμενόμενο ήταν στις υπόλοιπες ζώνες να είναι αμελητέα.
Ο τοίχος Trombe αυξάνει πολύ λίγο τις εσωτερικές θερμοκρασίες των επηρεαζόμενων ζωνών κατά την περίοδο του χειμώνα ενώ το καλοκαίρι επίσης αυξάνει τις θερμοκρασίες των ζωνών με αποτέλεσμα να κρίνεται μη αποδοτικός για αυτή την περίοδο. Αυτό είναι κατανοητό αφού τα παθητικά ηλιακά συστήματα στις θερμές περιόδους χεριάζονται επικουρικά συστήματα σκίασης για τον περιορισμό της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας για την αύξηση της αποτελεσματικότητάς τους.

Συγκεκριμένα στο «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο» την τυπική χειμωνιάτικη μέρα (Εικόνα 11.2) η εφαρμογή του τοίχου Trombe αυξάνει τη θερμοκρασία κατά μόλις 0,10°C ενώ την πλέον ψυχρή ημέρα (Εικόνα 11.3) κατά 0,15°C. Στο «Ισόγειο-Καθιστικό» η αύξηση της θερμοκρασίας είναι 0,75°C και 1°C αντίστοιχα. Την τυπική καλοκαιρινή (Εικόνα 11.4) και την πλέον θερμή ημέρα (Εικόνα 11.5) στο «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο» μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe, η θερμοκρασία κατά μέσο όρο αυξάνεται κατά 0,15°C ενώ στη ζώνη «Ισόγειο-Καθιστικό» αυξάνεται κατά 0,80°C.




*Εικόνα 11.6 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση για όλες τις θερμικές ζώνες*

Βλ. και Παράρτημα Πίνακες 25, 26, 27, 28, 29 σελ. 184, 185, 186, 187, 188

| Ζώνες | Αριθμός ωρών εντός θερμικής άνεσης(ετήσιο) | Ποσοστό εντός θερμικής άνεσης |
|---|---|---|
| Υπόγειο-Αποθήκη | 3910 | 44,60% |
| Υπόγειο-Γκαράζ | 3143 | 35,90% |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 3376 | 38,50% |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 3185 | 36,40% |
| Α' όροφος | 3305 | 37,70% |

*Πίνακας 11.2*

Το παραπάνω διάγραμμα (Εικόνα 11.6) όπως και ο Πίνακας 11.2 παρουσιάζουν τον αριθμό των ωρών και το ποσοστό της κάθε ζώνης που βρίσκεται εντός θερμικής άνεσης (18-26°C). Και στην περίπτωση της εφαρμογής του τοίχου Trombe η θερμοκρασιακά πιο ανεκτή ζώνη είναι η «Υπόγειο-Αποθήκη» ενώ οι υπόλοιπες ζώνες δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.
Στη συνέχεια (Πίνακας 11.3) συγκρίνονται τα ποσοστά των ωρών εντός θερμικής άνεσης για κάθε θερμική ζώνη πριν και μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe:

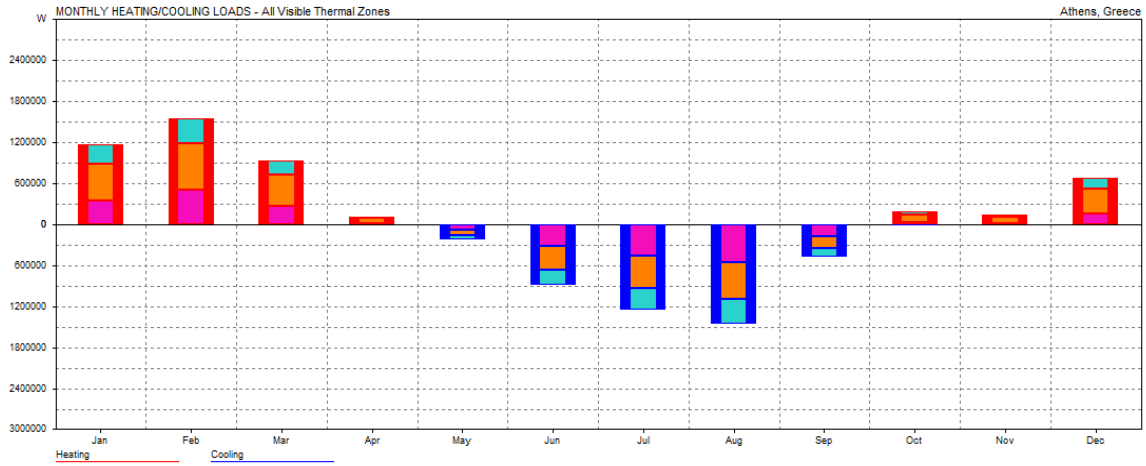
| | Ποσοστό εντός θερμικής άνεσης | | Μεταβολή |
|---|---|---|---|
| Ζώνες | χωρίς Trombe | με εφαρμογή Trombe | |
| Υπόγειο-Αποθήκη | 44,60% | 44,60% | 0% |
| Υπόγειο-Γκαράζ | 35,90% | 35,90% | 0% |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 37,20% | 38,50% | 1,30% |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 36,70% | 36,40% | -0,30% |
| Α' όροφος | 37,70% | 37,70% | 0% |

*Πίνακας 11.3*

Φαίνεται ότι η εφαρμογή του τοίχου Trombe δεν προκαλέι σημαντική αύξηση στο ποσοστό των ωρών εντός θερμικής άνεσης μέσα στο έτος. Η ζώνη με τη μεγαλύτερη βελτίωση της θερμοκρασίας της είναι το «Ισόγειο-Καθιστικό» ενώ η ζώνη «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο» έχεις χειρότερες θερμοκρασιακές συνθήκες απ'ότι πριν, εξ'αιτίας των αυξημένων θερμικών κερδών κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η συνολική βελτίωση των συνθηκών για όλη την κατοικία είναι 1%.

### 11.1.2. Μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού (mixed system)

Έγινε ενεργειακή ανάλυση με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού και εφαρμογή τοίχου Trombe προκειμένου να υπολογιστούν τα μηνιαία απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης αλλά και της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας. Οι παράμετροι της θερμικής ανάλυσης είναι ίδιες με προηγουμένως (περίπτωση χωρίς παθητικό ηλιακό σύστημα). Υπενθυμίζεται ότι το σύστημα λειτουργεί στις δύο ζώνες του ισογείου και στον α-όροφο.




*Εικόνα 11.7 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τις τρεις θερμικές ζώνες*

- Ισόγειο-Καθιστικό
- Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο
- Ά όροφος

Βλ. και Παράρτημα Πίνακες 30, 31, 32, 33 σελ. 189, 190 και Εικόνες 9, 10, 11 σελ. 192, 193

| ΖΩΝΕΣ | ΘΕΡΜΑΝΣΗ (Wh) | ΨΥΞΗ (Wh) | ΣΥΝΟΛΟ |
|---|---|---|---|
| Ισόγειο-Καθιστικό | 1323416 | 1584945 | 2908360 |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 2351426 | 1611714 | 3963140 |
| Α' όροφος | 1114800 | 1098794 | 2213594 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 4789642 | 4295454 | 9085096 |

*Πίνακας 11.4*

Ο Πίνακας 11.4 περιλαμβάνει για κάθε ζώνη την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση και ψύξη κατά τη διάρκεια του έτους.

| | με εφαρμογή Trombe | χωρίς Trombe | Μεταβολή |
|---|---|---|---|
| ΘΕΡΜΑΝΣΗ | 52,72% | 57,16% | -4,44% |
| ΨΥΞΗ | 47,28% | 42,84% | 4,44% |

*Πίνακας 11.5*

Ο Πίνακας 11.5 δείχνει το ποσοστό της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe. Πριν την εφαρμογή το 57,16% της συνολικής

κατανάλωσης προοριζόταν για θέρμανση και το υπόλοιπο 42,84% για ψύξη, ενώ μετά την εφαρμογή του τοίχου τα αντίστοιχα ποσοστά ανέρχονται σε 57,16% και 42,84%. Βλέπουμε δηλαδή ότι η αναλογία τους άλλαξε κατά 4,44% υπέρ της ψύξης,

| | Συνολική κατανάλωση ενέργειας σε ένα έτος | | |
|---|---|---|---|
| ΖΩΝΕΣ | με εφαρμογή Trombe | χωρίς Trombe | Μεταβολή |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 2908360 | 2747536 | 160824 |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 3963140 | 4210004 | -246864 |
| Α' όροφος | 2213594 | 2151539 | 62055 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 9085096 | 9109079 | -23983 |

*Πίνακας 11.6*

Στον Πίνακα 11.6 παρατηρούμε πως η εφαρμογή του τοίχου Trombe προκαλεί αύξηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στο «Ισόγειο-Καθιστικό» κατά 5,85% (160824Wh) και στον «Ά-όροφο» κατά 2,88% (62055Wh) και μείωση στο «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο» κατά 6,23% (246864Wh) από όπου και προήλθε η συνολική μείωση της καταναλωσης ενέργειας.

Συνολικά η μείωση της κατανάλωσης για ένα έτος με την εφαρμογή του τοίχου Trombe είναι 0,26% ή 23983Wh.

| | ΘΕΡΜΑΝΣΗ (Wh) | | |
|---|---|---|---|
| ΖΩΝΕΣ | με εφαρμογή Trombe | χωρίς Trombe | |
| Ισόγειο-Καθιστικό | 1323416 | 1382651 | -59234 |
| Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο | 2351426 | 2730926 | -379500 |
| Α' όροφος | 1114800 | 1093449 | 21351 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 4789642 | 5207026 | -417384 |

*Πίνακας 11.7*

Ο Πίνακας 11.7 παρουσιάζει την μεταβολή στην κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας μόνο για θέρμανση για κάθε θερμαινόμενη ζώνη αλλά και συνολικά για ένα έτος μετά την εφαρμογή του τοίχου Trombe. Εδώ φαίνεται πως υπάρχει μία ετήσια μείωση των 417384Wh στις απαιτήσεις της κατοικίας για θέμανση, δηλαδή μείωση περίπου 8%. Δηλαδή το παθητικό ηλιακό σύστημα που εφαρμόστηκε, ο τοίχος Trombe-Michel, είναι αποτελεσματικός κατά τους χειμερινούς μήνες. Αυτό είναι λογικό, γιατί για να γίνει αποτελεσματικός και την καλοκαιρινή περίοδο απαιτείται να χρησιμοποιηθούν συστήματα ηλιοπροστασίας και σκίασης. Έτσι λοιπόν, στην συγκεκριμένη περίπτωση τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά αν κριθεί η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση. Αντίθετα, τα συνολικά ετήσια ποτελέσματα δεν είναι αντιπροσωπευτικά καθώς δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο σύστημα σκίασης για την θερινή περίοδο έτσι ώστε να μειωθούν τα θερμικά κέρδη αυτής της περιόδου και να μειωθούν αντίστοιχα οι απαιτήσεις για ψύξη.

# 12. Σύγκριση αποτελεσμάτων λογισμικών προγραμμάτων ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ και ECOTECT για ετήσια κατανάλωση ενέργειας

Στο κεφάλαιο αυτό συγκρίνονται οι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα δύο διαφορετικών λογισμικών προγραμμάτων στο ίδιο κτίριο. Συγκεκριμένα γίνεται ανάλυση για όλο το έτος και εξάγονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη και θέρμανση.

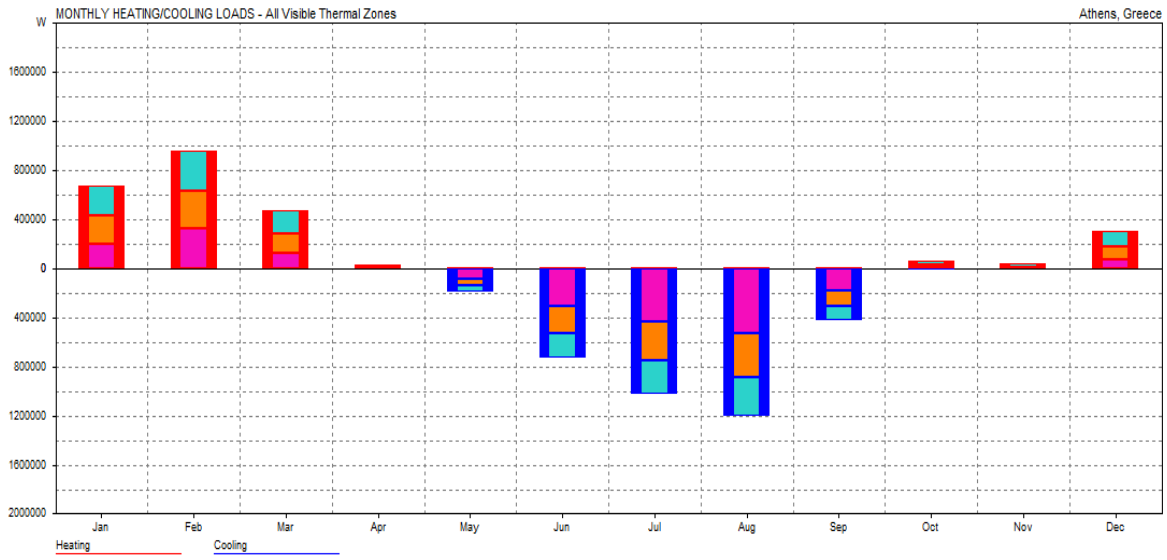
## 12.1. Αποτελέσματα Ecotect

Για την εξαγωγή συγκρίσιμων αποτελεσμάτων στα δύο προγράμματα κρίθηκε απαραίτητο να τροποποιηθούν οι συντελεστές απωλειών θερμότητας (U-Value) για όλα τα δομικά στοιχεία της κατοικίας που αρχικά είχαν χρησιμοποιηεί στο Ecotect, και να ταυτιστούν με αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη με το ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.

Συγκεκριμένα U-Value:
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με αέρα: 0,447 W/m2K
Εξωτερική τοιχοποιία υπογείου (αποθήκης): 0,400 W/m2K
Εξωτερική τοιχοποιία υπογείου (γκαράζ): 0,387 W/m2K
Δάπεδο υπογείου: 1,902 W/m2K
Στέγη ‘Α-ορόφου: 0,380 W/m2K
Ταβάνι υπνοδωματίου: 0,351 W/m2K
Γκαραζόπορτα: 5,810 W/m2K
Πόρτες εξωτερικές: 3,000 W/m2K
Παράθυρα υπογείου: 3,247 W/m2K
Για τα κουφώματα χρησιμοποιήθηκαν ως συντελεστές απωλειών θερμότητας (U-Values) οι : 2,506 W/m2K, 2,579 W/m2K, 2,716 W/m2K, 2,697 W/m2K, 2,485 W/m2K, 2,547 W/m2K

Εφαρμόζοντας μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού (mixed mode system) στις δύο ζώνες του ισογείου και στον ά-όροφο έγινε **θερμική ανάλυση** του κτιρίου και υπολογίστηκαν τα **μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης.**

Στην εικόνα 12.1 φαίνονται σε διαγραμματική μορφή τα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης για όλο το έτος, για τις τρεις ζώνες στις οποίες εφαρμόστηκε το μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού.




*Εικόνα 12.1 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τις τρεις θερμικές ζώνες*

- Ισόγειο-Καθιστικό
- Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο
- Ά όροφος

Βλ. και Παράρτημα Εικόνες 12, 13, 14 σελ. 193, 194 και Πίνακες 34, 35, 36 σελ. 194, 195

| | ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (KWh) | | |
|---|---|---|---|
| ΜΗΝΕΣ | ΘΕΡΜΑΝΣΗ | ΨΥΞΗ | ΣΥΝΟΛΟ |
| Ιανουάριος | 676,497 | 1,237 | 677,734 |
| Φεβρουάριος | 960,038 | 3 | 963,037 |
| Μάρτιος | 473,702 | 0,698 | 474,399 |
| Απρίλιος | 29,653 | 1,572 | 31,225 |
| Μάϊος | 6,533 | 184,842 | 191,375 |
| Ιούνιος | 11,211 | 724,531 | 735,742 |
| Ιούλιος | 13,667 | 1021,231 | 1034,898 |
| Αύγουστος | 15,577 | 1207,472 | 1223,049 |
| Σεπτέμβριος | 9,141 | 419,064 | 428,205 |
| Οκτώβριος | 64,707 | 12,69 | 77,397 |
| Νοέμβριος | 39,946 | 0 | 39,946 |
| Δεκέμβριος | 304,861 | 0,405 | 305,266 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 2605,532 | 3576,742 | 6182,274 |

*Πίνακας 12.1 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας για θέρμανση και ψύξη με βάση το πρόγραμμα Ecotect*

## 12.2. Αποτελέσματα ΚΕΝΑΚ

Τα αντίστοιχα αποτελέσματα ενεργειακών απαιτήσεων για την εξοχική κατοικία που εξήχθησαν από την ενεργειακή της κατάξη με βάση το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ φαίνονται στον Πίνακα 12.2

| | ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (KWh) | | |
|---|---|---|---|
| ΜΗΝΕΣ | ΘΕΡΜΑΝΣΗ | ΨΥΞΗ | ΣΥΝΟΛΟ |
| Ιανουάριος | 849,505 | 0 | 849,505 |
| Φεβρουάριος | 677,695 | 0 | 677,695 |
| Μάρτιος | 477,25 | 0 | 477,25 |
| Απρίλιος | 47,725 | 0 | 47,725 |
| Μάϊος | 0 | 190,9 | 190,9 |
| Ιούνιος | 0 | 1107,22 | 1107,22 |
| Ιούλιος | 0 | 1699,01 | 1699,01 |
| Αύγουστος | 0 | 1670,375 | 1670,375 |
| Σεπτέμβριος | 0 | 410,435 | 410,435 |
| Οκτώβριος | 0 | 0 | 0 |
| Νοέμβριος | 162,265 | 0 | 162,265 |
| Δεκέμβριος | 582,245 | 0 | 582,245 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 2796,685 | 5077,94 | 7874,625 |

*Πίνακας 12.2 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας για θέρμανση και ψύξη με βάση το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ*

## 12.3. Σύγκριση προγραμμάτων

| | ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (KWh) | | |
|---|---|---|---|
| | ECOTECT | ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ | |
| ΘΕΡΜΑΝΣΗ | 2605,532 | 2796,685 | |
| ΨΥΞΗ | 3576,742 | 5077,94 | |
| ΣΥΝΟΛΟ | 6182,274 | 7874,625 | |

*Πίνακας 12.3 Σύγκριτική παρουσίαση ενεργειακών απαιτήσεων κατοικίας με τα δύο λογισμικά προγράμμα*

Στον Πίνακα 12.3 φαίνεται πως συνολικά το λογισμικό πρόγραμμα Ecotect-Analysis εξάγει μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις για το συγκεκριμένο κτίριο κατά **21,5%** σε σύγκριση με το ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.
Συγκεκριμένα οι ενεργειακές απαιτήσεις για **θέρμανση** που προκύπτουν από το Ecotect-Analysis είναι κατά **6,83%** μικρότερες και οι αντίστοιχες για **ψύξη** είναι κατά **29,56%** μικρότερες από αυτές του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.

Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός πως η μέθοδος με την οποία το ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ και το Ecotect υπολογίζουν τα απαιτούμενα μηνιαία φορτία διαφέρει σημαντικά.

Συγκεκριμένα το ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ για τον υπολογισμό των απαιτούμενων φορτίων ψύξης ενός κτιρίου χρησιμοποιεί **βαθμοώρες ψύξης,** οι οποίες προκύπτουν από τη μέση ωριαία θερμοκρασία αέρα μιας περιοχής τους θερινούς μήνες και μια θερμοκρασία αναφοράς η οποία συνήθως λαμβάνεται ίση με 26°C. (Πίνακας 3.8 ΤΟΤΕΕ-20701-3 “Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών).

Αντιθέτως με το Ecotect-Analysis τα απαιτούμενα φορτία ψύξης προκύπτουν για λειτουργία του συστήματος ψύξης για εσωτερικές θερμοκρασίες ανώτερες των 26°C.

## *Συμπεράσματα Διπλωματικής Εργασίας*

- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αυξάνουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό ενός κτιρίου.

- Η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων αξιοποιείται κυρίως για ενεργειακά οφέλη κατά τους χειμερινούς μήνες, επόμένως οδηγεί σε μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση.

- Τους θερινούς μήνες, τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει να συνδυάζονται με απλές τεχνικές δροσισμού όπως ηλιοπροστασία και φυσικός αερισμός.

- Στα κτίσματα με παθητικό ηλιακό σύστημα (θερμοκήπιο, Trombe) η νότια πλευρά είναι θερμότερη από τις υπόλοιπες πλευρές (1-2ºC) αυξάνοντας και τη θερμοκρασία του αέρα (περισσότερο τις πιο κρύες μέρες).

- Η απόδοση ενός παθητικού ηλιακού συτήματος τους χειμερινούς μήνες αυξάνεται με την αύξηση της ηλιοφάνειας.

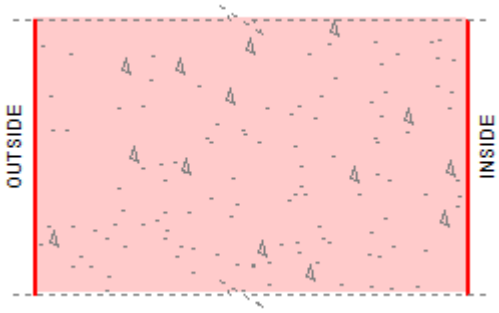
- Η εφαρμογή του τοίχου Trombe στην υπο μελέτη κατοικία επέφερε μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση 417,384KWh, δηλαδή μείωση περίπου 8%.

- Οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις (για ψύξη και θέρμανση) που προκύπτουν από την εφαρμογή του Ecotect-Analysis είναι κατά 23% μικρότερες από αυτές του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.

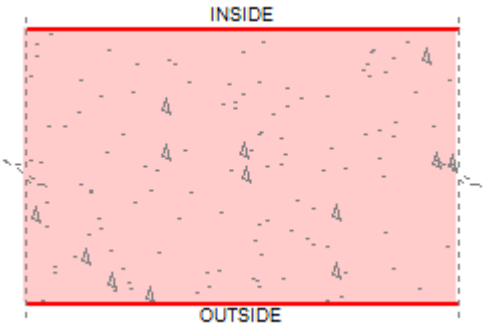
- Τα αποτελέσματα των απαιτούμενων φορτίων ψύξης που προκύπτουν από τα λογισμικά Ecotect-Analysis και ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ δεν συγκλίνουν λόγω διαφορετικής μεθόδου υπολογισμού τους.

- Η θερμική ανάλυση των προκατασκευασμένων κτισμάτων με το Ecotect-Analysis προσεγγίζει ικανοποιητικά τις πραγματικές μετρήσεις. (κτίσμα με θερμοκήπιο: θερμότερο και κτίσμα με απλό παράθυρο δροσερότερο στην περίοδο των μετρήσεων).

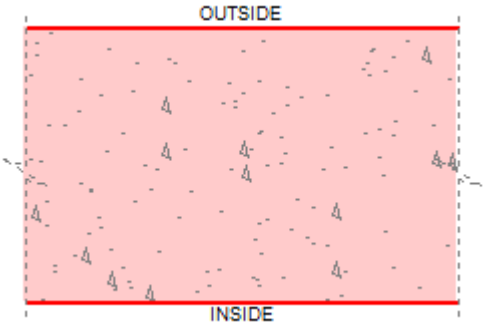
# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ




Εικόνα 1 Τομή Τοίχου Trombe προκατασκευασμένου κτίσματος




Εικόνα 2 Τομή δαπέδου προκατασκευασμένοων κτισμάτων




Εικόνα 3 Τομή ταβανιού προκατασκευασμένων κτισμάτων

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 11.2 | 11.5 | -0.3 |
| 1 | 11.3 | 13.0 | -1.7 |
| 2 | 11.3 | 12.3 | -1.0 |
| 3 | 11.3 | 12.3 | -1.0 |
| 4 | 11.3 | 12.0 | -0.7 |
| 5 | 11.3 | 11.9 | -0.6 |
| 6 | 11.2 | 11.5 | -0.3 |
| 7 | 11.2 | 11.1 | 0.1 |
| 8 | 11.6 | 12.4 | -0.8 |
| 9 | 11.8 | 14.1 | -2.3 |
| 10 | 11.9 | 14.4 | -2.5 |
| 11 | 11.9 | 15.1 | -3.2 |
| 12 | 12.1 | 17.1 | -5.0 |
| 13 | 12.1 | 17.3 | -5.2 |
| 14 | 12.1 | 17.5 | -5.4 |
| 15 | 12.0 | 18.5 | -6.5 |
| 16 | 11.8 | 16.9 | -5.1 |
| 17 | 11.7 | 15.3 | -3.6 |
| 18 | 11.5 | 12.7 | -1.2 |
| 19 | 11.4 | 13.0 | -1.6 |
| 20 | 11.3 | 11.1 | 0.2 |
| 21 | 11.3 | 12.3 | -1.0 |
| 22 | 11.2 | 11.1 | 0.1 |
| 23 | 11.2 | 11.5 | -0.3 |

Πίνακας 1 Ωριαίες θερμοκρασίες για μια τυπική χειμωνιάτικη μέρα ($3^{η}$ Φεβρουαρίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με το απλό παράθυρο

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 10.7 | 11.5 | -0.8 |
| 1 | 10.9 | 13.0 | -2.1 |
| 2 | 10.9 | 12.3 | -1.4 |
| 3 | 10.8 | 12.3 | -1.5 |
| 4 | 10.8 | 12.0 | -1.2 |
| 5 | 10.8 | 11.9 | -1.1 |
| 6 | 10.7 | 11.5 | -0.8 |
| 7 | 10.6 | 11.1 | -0.5 |
| 8 | 13.2 | 12.4 | 0.8 |
| 9 | 14.8 | 14.1 | 0.7 |
| 10 | 14.9 | 14.4 | 0.5 |
| 11 | 15.3 | 15.1 | 0.2 |
| 12 | 15.2 | 17.1 | -1.9 |
| 13 | 14.8 | 17.3 | -2.5 |
| 14 | 14.1 | 17.5 | -3.4 |
| 15 | 13.2 | 18.5 | -5.3 |
| 16 | 12.2 | 16.9 | -4.7 |
| 17 | 11.8 | 15.3 | -3.5 |
| 18 | 11.2 | 12.7 | -1.5 |
| 19 | 11.1 | 13.0 | -1.9 |
| 20 | 10.8 | 11.1 | -0.3 |
| 21 | 10.8 | 12.3 | -1.5 |
| 22 | 10.7 | 11.1 | -0.4 |
| 23 | 10.6 | 11.5 | -0.9 |

Πίνακας 2 Ωριαίες θερμοκρασίες για μια τυπική χειμωνιάτικη μέρα (3$^{η}$ Φεβρουαρίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με το θερμοκήπιο

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 11.4 | 11.5 | -0.1 |
| 1 | 11.4 | 13.0 | -1.6 |
| 2 | 11.5 | 12.3 | -0.8 |
| 3 | 11.5 | 12.3 | -0.8 |
| 4 | 11.4 | 12.0 | -0.6 |
| 5 | 11.4 | 11.9 | -0.5 |
| 6 | 11.4 | 11.5 | -0.1 |
| 7 | 11.3 | 11.1 | 0.2 |
| 8 | 11.4 | 12.4 | -1.0 |
| 9 | 11.8 | 14.1 | -2.3 |
| 10 | 12.2 | 14.4 | -2.2 |
| 11 | 12.3 | 15.1 | -2.8 |
| 12 | 12.9 | 17.1 | -4.2 |
| 13 | 13.1 | 17.3 | -4.2 |
| 14 | 13.0 | 17.5 | -4.5 |
| 15 | 12.9 | 18.5 | -5.6 |
| 16 | 12.8 | 16.9 | -4.1 |
| 17 | 12.6 | 15.3 | -2.7 |
| 18 | 12.2 | 12.7 | -0.5 |
| 19 | 11.8 | 13.0 | -1.2 |
| 20 | 11.7 | 11.1 | 0.6 |
| 21 | 11.5 | 12.3 | -0.8 |
| 22 | 11.5 | 11.1 | 0.4 |
| 23 | 11.4 | 11.5 | -0.1 |

Πίνακας 3 Ωριαίες θερμοκρασίες για μια τυπική χειμωνιάτικη μέρα ($3^{η}$ Φεβρουαρίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 3.4 | 3.2 | 0.2 |
| 1 | 3.3 | 1.0 | 2.3 |
| 2 | 3.3 | 1.5 | 1.8 |
| 3 | 3.3 | 2.6 | 0.7 |
| 4 | 3.4 | 1.9 | 1.5 |
| 5 | 3.3 | 2.6 | 0.7 |
| 6 | 3.3 | 2.0 | 1.3 |
| 7 | 3.4 | 1.7 | 1.7 |
| 8 | 3.3 | 1.0 | 2.3 |
| 9 | 3.3 | 0.6 | 2.7 |
| 10 | 3.2 | -0.4 | 3.6 |
| 11 | 3.2 | 0.2 | 3.0 |
| 12 | 3.3 | 1.2 | 2.1 |
| 13 | 3.3 | 0.1 | 3.2 |
| 14 | 3.3 | 1.2 | 2.1 |
| 15 | 3.3 | 1.0 | 2.3 |
| 16 | 3.3 | 1.1 | 2.2 |
| 17 | 3.3 | 1.5 | 1.8 |
| 18 | 3.2 | 0.4 | 2.8 |
| 19 | 3.3 | 2.3 | 1.0 |
| 20 | 3.3 | 2.4 | 0.9 |
| 21 | 3.3 | 2.3 | 1.0 |
| 22 | 3.2 | 0.4 | 2.8 |
| 23 | 3.2 | 0.3 | 2.9 |

Πίνακας 4 Ωριαίες θερμοκρασίες για την πλέον ψυχρή μέρα (24$^{η}$ Φεβρουαρίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με το απλό παράθυρο

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 3.2 | 3.2 | -0.0 |
| 1 | 2.9 | 1.0 | 1.9 |
| 2 | 2.8 | 1.5 | 1.3 |
| 3 | 2.9 | 2.6 | 0.3 |
| 4 | 3.0 | 1.9 | 1.1 |
| 5 | 3.0 | 2.6 | 0.4 |
| 6 | 3.0 | 2.0 | 1.0 |
| 7 | 3.5 | 1.7 | 1.8 |
| 8 | 3.3 | 1.0 | 2.3 |
| 9 | 3.3 | 0.6 | 2.7 |
| 10 | 3.4 | -0.4 | 3.8 |
| 11 | 3.6 | 0.2 | 3.4 |
| 12 | 3.8 | 1.2 | 2.6 |
| 13 | 3.7 | 0.1 | 3.6 |
| 14 | 3.8 | 1.2 | 2.6 |
| 15 | 3.5 | 1.0 | 2.5 |
| 16 | 2.7 | 1.1 | 1.6 |
| 17 | 2.8 | 1.5 | 1.3 |
| 18 | 2.6 | 0.4 | 2.2 |
| 19 | 2.8 | 2.3 | 0.5 |
| 20 | 3.0 | 2.4 | 0.6 |
| 21 | 3.0 | 2.3 | 0.7 |
| 22 | 2.7 | 0.4 | 2.3 |
| 23 | 2.5 | 0.3 | 2.2 |

Πίνακας 5 Ωριαίες θερμοκρασίες για την πλέον ψυχρή μέρα (24$^{η}$ Φεβρουαρίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με το θερμοκήπιο

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 3.4 | 3.2 | 0.2 |
| 1 | 3.3 | 1.0 | 2.3 |
| 2 | 3.1 | 1.5 | 1.6 |
| 3 | 3.2 | 2.6 | 0.6 |
| 4 | 3.3 | 1.9 | 1.4 |
| 5 | 3.2 | 2.6 | 0.6 |
| 6 | 3.3 | 2.0 | 1.3 |
| 7 | 3.3 | 1.7 | 1.6 |
| 8 | 3.2 | 1.0 | 2.2 |
| 9 | 3.1 | 0.6 | 2.5 |
| 10 | 3.1 | -0.4 | 3.5 |
| 11 | 3.1 | 0.2 | 2.9 |
| 12 | 3.2 | 1.2 | 2.0 |
| 13 | 3.3 | 0.1 | 3.2 |
| 14 | 3.4 | 1.2 | 2.2 |
| 15 | 3.4 | 1.0 | 2.4 |
| 16 | 3.3 | 1.1 | 2.2 |
| 17 | 3.2 | 1.5 | 1.7 |
| 18 | 3.2 | 0.4 | 2.8 |
| 19 | 3.1 | 2.3 | 0.8 |
| 20 | 3.3 | 2.4 | 0.9 |
| 21 | 3.3 | 2.3 | 1.0 |
| 22 | 3.2 | 0.4 | 2.8 |
| 23 | 3.0 | 0.3 | 2.7 |

Πίνακας 6 Ωριαίες θερμοκρασίες για την πλέον ψυχρή μέρα (24$^{η}$ Φεβρουαρίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 26.7 | 23.2 | 3.5 |
| 1 | 26.7 | 21.9 | 4.8 |
| 2 | 26.6 | 21.6 | 5.0 |
| 3 | 26.6 | 21.6 | 5.0 |
| 4 | 26.6 | 22.0 | 4.6 |
| 5 | 27.0 | 21.6 | 5.4 |
| 6 | 27.2 | 23.0 | 4.2 |
| 7 | 27.4 | 25.5 | 1.9 |
| 8 | 27.5 | 25.2 | 2.3 |
| 9 | 27.7 | 28.2 | -0.5 |
| 10 | 27.7 | 27.8 | -0.1 |
| 11 | 27.8 | 29.4 | -1.6 |
| 12 | 27.8 | 30.0 | -2.2 |
| 13 | 27.9 | 31.6 | -3.7 |
| 14 | 28.0 | 31.3 | -3.3 |
| 15 | 27.9 | 31.3 | -3.4 |
| 16 | 27.6 | 29.1 | -1.5 |
| 17 | 27.3 | 27.4 | -0.1 |
| 18 | 27.1 | 25.7 | 1.4 |
| 19 | 27.0 | 23.8 | 3.2 |
| 20 | 26.8 | 23.5 | 3.3 |
| 21 | 26.8 | 22.8 | 4.0 |
| 22 | 26.7 | 22.7 | 4.0 |
| 23 | 26.7 | 22.7 | 4.0 |

Πίνακας 7 Ωριαίες θερμοκρασίες για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα (12$^{η}$ Ιουνίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με το απλό παράθυρο

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 25.1 | 23.2 | 1.9 |
| 1 | 24.9 | 21.9 | 3.0 |
| 2 | 24.8 | 21.6 | 3.2 |
| 3 | 24.7 | 21.6 | 3.1 |
| 4 | 24.8 | 22.0 | 2.8 |
| 5 | 27.5 | 21.6 | 5.9 |
| 6 | 28.8 | 23.0 | 5.8 |
| 7 | 29.8 | 25.5 | 4.3 |
| 8 | 30.6 | 25.2 | 5.4 |
| 9 | 31.6 | 28.2 | 3.4 |
| 10 | 31.5 | 27.8 | 3.7 |
| 11 | 31.5 | 29.4 | 2.1 |
| 12 | 31.4 | 30.0 | 1.4 |
| 13 | 31.1 | 31.6 | -0.5 |
| 14 | 31.1 | 31.3 | -0.2 |
| 15 | 30.5 | 31.3 | -0.8 |
| 16 | 28.9 | 29.1 | -0.2 |
| 17 | 27.3 | 27.4 | -0.1 |
| 18 | 26.0 | 25.7 | 0.3 |
| 19 | 25.5 | 23.8 | 1.7 |
| 20 | 25.3 | 23.5 | 1.8 |
| 21 | 25.1 | 22.8 | 2.3 |
| 22 | 25.0 | 22.7 | 2.3 |
| 23 | 25.0 | 22.7 | 2.3 |

Πίνακας 8 Ωριαίες θερμοκρασίες για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα (12η Ιουνίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με το θερμοκήπιο

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 27.0 | 23.2 | 3.8 |
| 1 | 27.0 | 21.9 | 5.1 |
| 2 | 26.8 | 21.6 | 5.2 |
| 3 | 26.8 | 21.6 | 5.2 |
| 4 | 26.8 | 22.0 | 4.8 |
| 5 | 26.9 | 21.6 | 5.3 |
| 6 | 26.9 | 23.0 | 3.9 |
| 7 | 27.2 | 25.5 | 1.7 |
| 8 | 27.6 | 25.2 | 2.4 |
| 9 | 28.1 | 28.2 | -0.1 |
| 10 | 28.7 | 27.8 | 0.9 |
| 11 | 29.0 | 29.4 | -0.4 |
| 12 | 29.4 | 30.0 | -0.6 |
| 13 | 29.6 | 31.6 | -2.0 |
| 14 | 29.7 | 31.3 | -1.6 |
| 15 | 29.4 | 31.3 | -1.9 |
| 16 | 29.1 | 29.1 | -0.0 |
| 17 | 28.5 | 27.4 | 1.1 |
| 18 | 28.2 | 25.7 | 2.5 |
| 19 | 27.9 | 23.8 | 4.1 |
| 20 | 27.5 | 23.5 | 4.0 |
| 21 | 27.3 | 22.8 | 4.5 |
| 22 | 27.1 | 22.7 | 4.4 |
| 23 | 27.0 | 22.7 | 4.3 |

Πίνακας 9 Ωριαίες θερμοκρασίες για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα (12$^{η}$ Ιουνίου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 31.4 | 27.0 | 4.4 |
| 1 | 31.4 | 27.0 | 4.4 |
| 2 | 31.4 | 28.4 | 3.0 |
| 3 | 31.4 | 27.8 | 3.6 |
| 4 | 31.3 | 26.6 | 4.7 |
| 5 | 31.3 | 27.4 | 3.9 |
| 6 | 31.9 | 28.3 | 3.6 |
| 7 | 32.0 | 29.6 | 2.4 |
| 8 | 32.3 | 34.0 | -1.7 |
| 9 | 32.5 | 35.3 | -2.8 |
| 10 | 32.7 | 36.7 | -4.0 |
| 11 | 32.8 | 37.7 | -4.9 |
| 12 | 33.0 | 39.4 | -6.4 |
| 13 | 33.0 | 39.3 | -6.3 |
| 14 | 33.0 | 38.3 | -5.3 |
| 15 | 32.8 | 38.7 | -5.9 |
| 16 | 32.5 | 34.8 | -2.3 |
| 17 | 32.2 | 34.0 | -1.8 |
| 18 | 32.0 | 32.6 | -0.6 |
| 19 | 32.0 | 32.1 | -0.1 |
| 20 | 31.8 | 29.5 | 2.3 |
| 21 | 31.7 | 30.1 | 1.6 |
| 22 | 31.6 | 28.9 | 2.7 |
| 23 | 31.5 | 27.9 | 3.6 |

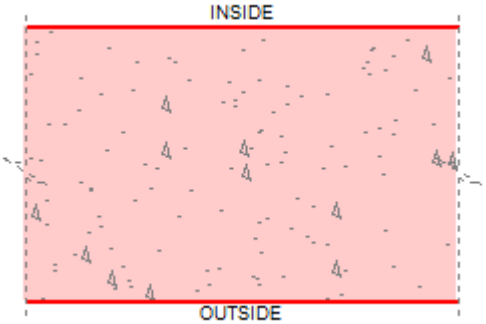
Πίνακας 10 Ωριαίες θερμοκρασίες για την πλέον θερμή μέρα ($1^{η}$ Αυγούστου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με το απλό παράθυρο

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 29.5 | 27.0 | 2.5 |
| 1 | 29.5 | 27.0 | 2.5 |
| 2 | 29.7 | 28.4 | 1.3 |
| 3 | 29.8 | 27.8 | 2.0 |
| 4 | 29.5 | 26.6 | 2.9 |
| 5 | 29.5 | 27.4 | 2.1 |
| 6 | 33.1 | 28.3 | 4.8 |
| 7 | 34.5 | 29.6 | 4.9 |
| 8 | 36.0 | 34.0 | 2.0 |
| 9 | 36.7 | 35.3 | 1.4 |
| 10 | 37.5 | 36.7 | 0.8 |
| 11 | 37.4 | 37.7 | -0.3 |
| 12 | 37.7 | 39.4 | -1.7 |
| 13 | 37.4 | 39.3 | -1.9 |
| 14 | 36.7 | 38.3 | -1.6 |
| 15 | 35.5 | 38.7 | -3.2 |
| 16 | 33.9 | 34.8 | -0.9 |
| 17 | 31.7 | 34.0 | -2.3 |
| 18 | 31.1 | 32.6 | -1.5 |
| 19 | 30.9 | 32.1 | -1.2 |
| 20 | 30.4 | 29.5 | 0.9 |
| 21 | 30.3 | 30.1 | 0.2 |
| 22 | 30.1 | 28.9 | 1.2 |
| 23 | 29.9 | 27.9 | 2.0 |

Πίνακας 11 Ωριαίες θερμοκρασίες για την πλέον θερμή μέρα ($1^{η}$ Αυγούστου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με το θερμοκήπιο

| HOUR | INSIDE | OUTSIDE | TEMP.DIF |
|---|---|---|---|
| | (C) | (C) | (C) |
| ----- | ------- | -------- | --------- |
| 0 | 31.6 | 27.0 | 4.6 |
| 1 | 31.6 | 27.0 | 4.6 |
| 2 | 31.6 | 28.4 | 3.2 |
| 3 | 31.7 | 27.8 | 3.9 |
| 4 | 31.5 | 26.6 | 4.9 |
| 5 | 31.4 | 27.4 | 4.0 |
| 6 | 31.7 | 28.3 | 3.4 |
| 7 | 31.9 | 29.6 | 2.3 |
| 8 | 32.2 | 34.0 | -1.8 |
| 9 | 33.0 | 35.3 | -2.3 |
| 10 | 33.7 | 36.7 | -3.0 |
| 11 | 34.3 | 37.7 | -3.4 |
| 12 | 34.7 | 39.4 | -4.7 |
| 13 | 34.9 | 39.3 | -4.4 |
| 14 | 34.8 | 38.3 | -3.5 |
| 15 | 34.5 | 38.7 | -4.2 |
| 16 | 34.2 | 34.8 | -0.6 |
| 17 | 33.5 | 34.0 | -0.5 |
| 18 | 33.2 | 32.6 | 0.6 |
| 19 | 32.9 | 32.1 | 0.8 |
| 20 | 32.6 | 29.5 | 3.1 |
| 21 | 32.1 | 30.1 | 2.0 |
| 22 | 32.1 | 28.9 | 3.2 |
| 23 | 31.9 | 27.9 | 4.0 |

Πίνακας 12 Ωριαίες θερμοκρασίες για την πλέον θερμή μέρα (1η Αυγούστου) για το εσωτερικό στο κτίσμα με τον τοίχο Trombe




Εικόνα 4 Τομή δαπέδου γκαράζ της εξοχικής διώροφης κατοικίας στη Σαρωνίδα

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 0 | 0.0% |
| 6.0 | 0 | 0.0% |
| 8.0 | 38 | 0.4% |
| 10.0 | 130 | 1.5% |
| 12.0 | 302 | 3.4% |
| 14.0 | 552 | 6.3% |
| 16.0 | 447 | 5.1% |
| 18.0 | 1120 | 12.8% |
| 20.0 | 1117 | 12.8% |
| 22.0 | 676 | 7.7% |
| 24.0 | 370 | 4.2% |
| 26.0 | 625 | 7.1% |
| 28.0 | 610 | 7.0% |
| 30.0 | 992 | 11.3% |
| 32.0 | 860 | 9.8% |
| 34.0 | 784 | 8.9% |
| 36.0 | 84 | 1.0% |
| 38.0 | 53 | 0.6% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3908 | 44.6% |

Πίνακας 13 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη 'Υπόγειο-Αποθήκη' της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 11 | 0.1% |
| 6.0 | 84 | 1.0% |
| 8.0 | 113 | 1.3% |
| 10.0 | 531 | 6.1% |
| 12.0 | 489 | 5.6% |
| 14.0 | 698 | 8.0% |
| 16.0 | 1214 | 13.9% |
| 18.0 | 904 | 10.3% |
| 20.0 | 452 | 5.2% |
| 22.0 | 453 | 5.2% |
| 24.0 | 719 | 8.2% |
| 26.0 | 614 | 7.0% |
| 28.0 | 1092 | 12.5% |
| 30.0 | 838 | 9.6% |
| 32.0 | 447 | 5.1% |
| 34.0 | 87 | 1.0% |
| 36.0 | 14 | 0.2% |
| 38.0 | 0 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3142 | 35.9% |

Πίνακας 14 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη ‘Υπόγειο-Γκαράζ’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 4 | 0.0% |
| 4.0 | 45 | 0.5% |
| 6.0 | 107 | 1.2% |
| 8.0 | 362 | 4.1% |
| 10.0 | 459 | 5.2% |
| 12.0 | 593 | 6.8% |
| 14.0 | 1013 | 11.6% |
| 16.0 | 1020 | 11.6% |
| 18.0 | 660 | 7.5% |
| 20.0 | 509 | 5.8% |
| 22.0 | 609 | 7.0% |
| 24.0 | 636 | 7.3% |
| 26.0 | 844 | 9.6% |
| 28.0 | 905 | 10.3% |
| 30.0 | 546 | 6.2% |
| 32.0 | 352 | 4.0% |
| 34.0 | 73 | 0.8% |
| 36.0 | 21 | 0.2% |
| 38.0 | 2 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3258 | 37.2% |

Πίνακας 15 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη ‘Ισόγειο-Καθιστικό’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 28 | 0.3% |
| 4.0 | 116 | 1.3% |
| 6.0 | 261 | 3.0% |
| 8.0 | 516 | 5.9% |
| 10.0 | 472 | 5.4% |
| 12.0 | 981 | 11.2% |
| 14.0 | 1147 | 13.1% |
| 16.0 | 733 | 8.4% |
| 18.0 | 387 | 4.4% |
| 20.0 | 538 | 6.1% |
| 22.0 | 626 | 7.1% |
| 24.0 | 782 | 8.9% |
| 26.0 | 883 | 10.1% |
| 28.0 | 853 | 9.7% |
| 30.0 | 348 | 4.0% |
| 32.0 | 71 | 0.8% |
| 34.0 | 18 | 0.2% |
| 36.0 | 0 | 0.0% |
| 38.0 | 0 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3216 | 36.7% |

Πίνακας 16 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη ‘Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 29 | 0.3% |
| 6.0 | 100 | 1.1% |
| 8.0 | 263 | 3.0% |
| 10.0 | 461 | 5.3% |
| 12.0 | 539 | 6.2% |
| 14.0 | 966 | 11.0% |
| 16.0 | 1088 | 12.4% |
| 18.0 | 738 | 8.4% |
| 20.0 | 496 | 5.7% |
| 22.0 | 606 | 6.9% |
| 24.0 | 590 | 6.7% |
| 26.0 | 872 | 10.0% |
| 28.0 | 867 | 9.9% |
| 30.0 | 632 | 7.2% |
| 32.0 | 387 | 4.4% |
| 34.0 | 97 | 1.1% |
| 36.0 | 27 | 0.3% |
| 38.0 | 2 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3302 | 37.7% |

Πίνακας 17 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη ‘Ά-Όροφος’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| | HEATING | COOLING | TOTAL |
|---|---|---|---|
| MONTH | (Wh) | (Wh) | (Wh) |
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 1273321 | 0 | 1273321 |
| Feb | 1632812 | 0 | 1632812 |
| Mar | 1013089 | 0 | 1013089 |
| Apr | 128733 | 0 | 128733 |
| May | 5108 | 181230 | 186339 |
| Jun | 0 | 784620 | 784620 |
| Jul | 0 | 1149925 | 1149925 |
| Aug | 0 | 1363287 | 1363287 |
| Sep | 0 | 415896 | 415896 |
| Oct | 229192 | 7095 | 236287 |
| Nov | 173772 | 0 | 173772 |
| Dec | 750999 | 0 | 750999 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 5207026 | 3902053 | 9109079 |

Πίνακας 18 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα για ψύξη, θέρμανση και συνολικές (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| | HEATING | COOLING | TOTAL |
|---|---|---|---|
| MONTH | (Wh) | (Wh) | (Wh) |
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 358313 | 0 | 358313 |
| Feb | 507225 | 0 | 507225 |
| Mar | 275810 | 0 | 275810 |
| Apr | 12848 | 0 | 12848 |
| May | 0 | 60329 | 60329 |
| Jun | 0 | 260842 | 260842 |
| Jul | 0 | 399868 | 399868 |
| Aug | 0 | 496810 | 496810 |
| Sep | 0 | 144330 | 144330 |
| Oct | 34059 | 2704 | 36763 |
| Nov | 15092 | 0 | 15092 |
| Dec | 179304 | 0 | 179304 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 1382651 | 1364885 | 2747536 |

Πίνακας 19 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της ζώνης ‘Ισόγειο-Καθιστικό’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα για ψύξη, θέρμανση και συνολικές (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| | HEATING | COOLING | TOTAL |
|---|---|---|---|
| MONTH | (Wh) | (Wh) | (Wh) |
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 635717 | 0 | 635717 |
| Feb | 765726 | 0 | 765726 |
| Mar | 528160 | 0 | 528160 |
| Apr | 93367 | 0 | 93367 |
| May | 4700 | 63315 | 68015 |
| Jun | 0 | 305350 | 305350 |
| Jul | 0 | 443365 | 443365 |
| Aug | 0 | 516201 | 516201 |
| Sep | 0 | 150847 | 150847 |
| Oct | 151843 | 0 | 151843 |
| Nov | 126944 | 0 | 126944 |
| Dec | 424468 | 0 | 424468 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 2730926 | 1479078 | 4210004 |

Πίνακας 20 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της ζώνης ‘Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα για ψύξη, θέρμανση και συνολικές (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| | HEATING | COOLING | TOTAL |
|---|---|---|---|
| MONTH | (Wh) | (Wh) | (Wh) |
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 279290 | 0 | 279290 |
| Feb | 359863 | 0 | 359863 |
| Mar | 209117 | 0 | 209117 |
| Apr | 22518 | 0 | 22518 |
| May | 409 | 57586 | 57995 |
| Jun | 0 | 218429 | 218429 |
| Jul | 0 | 306691 | 306691 |
| Aug | 0 | 350274 | 350274 |
| Sep | 0 | 120719 | 120719 |
| Oct | 43291 | 4391 | 47682 |
| Nov | 31736 | 0 | 31736 |
| Dec | 147226 | 0 | 147226 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 1093449 | 1058090 | 2151539 |

Πίνακας 21 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της ζώνης ‘Ά-Όροφος’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα για ψύξη, θέρμανση και συνολικές (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 0 | 0.0% |
| 6.0 | 0 | 0.0% |
| 8.0 | 0 | 0.0% |
| 10.0 | 0 | 0.0% |
| 12.0 | 0 | 0.0% |
| 14.0 | 0 | 0.0% |
| 16.0 | 0 | 0.0% |
| 18.0 | 4621 | 52.8% |
| 20.0 | 650 | 7.4% |
| 22.0 | 625 | 7.1% |
| 24.0 | 905 | 10.3% |
| 26.0 | 1959 | 22.4% |
| 28.0 | 0 | 0.0% |
| 30.0 | 0 | 0.0% |
| 32.0 | 0 | 0.0% |
| 34.0 | 0 | 0.0% |
| 36.0 | 0 | 0.0% |
| 38.0 | 0 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 8760 | 100.0% |

Πίνακας 22 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών για τη ζώνη 'Ισόγειο-Καθιστικό' της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 0 | 0.0% |
| 6.0 | 0 | 0.0% |
| 8.0 | 0 | 0.0% |
| 10.0 | 0 | 0.0% |
| 12.0 | 0 | 0.0% |
| 14.0 | 0 | 0.0% |
| 16.0 | 0 | 0.0% |
| 18.0 | 4748 | 54.2% |
| 20.0 | 628 | 7.2% |
| 22.0 | 632 | 7.2% |
| 24.0 | 899 | 10.3% |
| 26.0 | 1853 | 21.2% |
| 28.0 | 0 | 0.0% |
| 30.0 | 0 | 0.0% |
| 32.0 | 0 | 0.0% |
| 34.0 | 0 | 0.0% |
| 36.0 | 0 | 0.0% |
| 38.0 | 0 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 8760 | 100.0% |

Πίνακας 23 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών για τη ζώνη ‘Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 0 | 0.0% |
| 6.0 | 0 | 0.0% |
| 8.0 | 0 | 0.0% |
| 10.0 | 0 | 0.0% |
| 12.0 | 0 | 0.0% |
| 14.0 | 0 | 0.0% |
| 16.0 | 0 | 0.0% |
| 18.0 | 4500 | 51.4% |
| 20.0 | 618 | 7.1% |
| 22.0 | 601 | 6.9% |
| 24.0 | 860 | 9.8% |
| 26.0 | 2181 | 24.9% |
| 28.0 | 0 | 0.0% |
| 30.0 | 0 | 0.0% |
| 32.0 | 0 | 0.0% |
| 34.0 | 0 | 0.0% |
| 36.0 | 0 | 0.0% |
| 38.0 | 0 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 8760 | 100.0% |

Πίνακας 24 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών για τη ζώνη ‘Α-Όροφος’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 0 | 0.0% |
| 6.0 | 0 | 0.0% |
| 8.0 | 38 | 0.4% |
| 10.0 | 130 | 1.5% |
| 12.0 | 309 | 3.5% |
| 14.0 | 548 | 6.3% |
| 16.0 | 454 | 5.2% |
| 18.0 | 1122 | 12.8% |
| 20.0 | 1121 | 12.8% |
| 22.0 | 666 | 7.6% |
| 24.0 | 371 | 4.2% |
| 26.0 | 630 | 7.2% |
| 28.0 | 604 | 6.9% |
| 30.0 | 1002 | 11.4% |
| 32.0 | 857 | 9.8% |
| 34.0 | 773 | 8.8% |
| 36.0 | 88 | 1.0% |
| 38.0 | 47 | 0.5% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3910 | 44.6% |

Πίνακας 25 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη 'Υπόγειο-Αποθήκη' της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με προσάρτηση τοίχου Trombe στη νότια όψη (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 0 | 0.0% |
| 6.0 | 65 | 0.7% |
| 8.0 | 103 | 1.2% |
| 10.0 | 426 | 4.9% |
| 12.0 | 506 | 5.8% |
| 14.0 | 473 | 5.4% |
| 16.0 | 1171 | 13.4% |
| 18.0 | 1092 | 12.5% |
| 20.0 | 586 | 6.7% |
| 22.0 | 364 | 4.2% |
| 24.0 | 605 | 6.9% |
| 26.0 | 642 | 7.3% |
| 28.0 | 1031 | 11.8% |
| 30.0 | 787 | 9.0% |
| 32.0 | 788 | 9.0% |
| 34.0 | 73 | 0.8% |
| 36.0 | 48 | 0.5% |
| 38.0 | 0 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3289 | 37.5% |

Πίνακας 26 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη ‘Υπόγειο-Γκαράζ’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με προσάρτηση τοίχου Trombe στη νότια όψη (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 24 | 0.3% |
| 6.0 | 80 | 0.9% |
| 8.0 | 170 | 1.9% |
| 10.0 | 511 | 5.8% |
| 12.0 | 482 | 5.5% |
| 14.0 | 883 | 10.1% |
| 16.0 | 1044 | 11.9% |
| 18.0 | 824 | 9.4% |
| 20.0 | 554 | 6.3% |
| 22.0 | 586 | 6.7% |
| 24.0 | 565 | 6.4% |
| 26.0 | 847 | 9.7% |
| 28.0 | 802 | 9.2% |
| 30.0 | 726 | 8.3% |
| 32.0 | 418 | 4.8% |
| 34.0 | 202 | 2.3% |
| 36.0 | 30 | 0.3% |
| 38.0 | 12 | 0.1% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3376 | 38.5% |

Πίνακας 27 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη ‘Ισόγειο-Καθιστικό’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με προσάρτηση τοίχου Trombe στη νότια όψη (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 26 | 0.3% |
| 4.0 | 113 | 1.3% |
| 6.0 | 249 | 2.8% |
| 8.0 | 498 | 5.7% |
| 10.0 | 483 | 5.5% |
| 12.0 | 941 | 10.7% |
| 14.0 | 1143 | 13.0% |
| 16.0 | 752 | 8.6% |
| 18.0 | 415 | 4.7% |
| 20.0 | 530 | 6.1% |
| 22.0 | 613 | 7.0% |
| 24.0 | 782 | 8.9% |
| 26.0 | 845 | 9.6% |
| 28.0 | 854 | 9.7% |
| 30.0 | 387 | 4.4% |
| 32.0 | 102 | 1.2% |
| 34.0 | 25 | 0.3% |
| 36.0 | 2 | 0.0% |
| 38.0 | 0 | 0.0% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3185 | 36.4% |

Πίνακας 28 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη ‘Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με προσάρτηση τοίχου Trombe στη νότια όψη (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| TEMP. | HOURS | PERCENT |
|---|---|---|
| -------- | -------- | --------- |
| 0.0 | 0 | 0.0% |
| 2.0 | 0 | 0.0% |
| 4.0 | 28 | 0.3% |
| 6.0 | 94 | 1.1% |
| 8.0 | 257 | 2.9% |
| 10.0 | 465 | 5.3% |
| 12.0 | 527 | 6.0% |
| 14.0 | 953 | 10.9% |
| 16.0 | 1099 | 12.5% |
| 18.0 | 747 | 8.5% |
| 20.0 | 498 | 5.7% |
| 22.0 | 602 | 6.9% |
| 24.0 | 588 | 6.7% |
| 26.0 | 870 | 9.9% |
| 28.0 | 849 | 9.7% |
| 30.0 | 663 | 7.6% |
| 32.0 | 385 | 4.4% |
| 34.0 | 106 | 1.2% |
| 36.0 | 24 | 0.3% |
| 38.0 | 5 | 0.1% |
| 40.0 | 0 | 0.0% |
| 42.0 | 0 | 0.0% |
| 44.0 | 0 | 0.0% |
| 46.0 | 0 | 0.0% |
| -------- | -------- | --------- |
| COMFORT | 3305 | 37.7% |

Πίνακας 29 Διακύμανση Θερμοκρασίας σε ετήσια βάση και ποσοστά των αντίστοιχων θερμοκρασιών επί του συνόλου των ωρών, ώρες εντός θερμικής άνεσης και ποσοστό ωρών εντός θερμικής άνεσης για τη ζώνη ‘Ά-Όροφος της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με προσάρτηση τοίχου Trombe στη νότια όψη (χωρίς σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| | HEATING | COOLING | TOTAL |
|---|---|---|---|
| MONTH | (Wh) | (Wh) | (Wh) |
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 1275480 | 0 | 1275480 |
| Feb | 1691011 | 0 | 1691011 |
| Mar | 1030141 | 0 | 1030141 |
| Apr | 142172 | 0 | 142172 |
| May | 3783 | 264060 | 267843 |
| Jun | 0 | 991240 | 991240 |
| Jul | 0 | 1393852 | 1393852 |
| Aug | 0 | 1611750 | 1611750 |
| Sep | 0 | 533395 | 533395 |
| Oct | 218400 | 9871 | 228271 |
| Nov | 152450 | 0 | 152450 |
| Dec | 731200 | 0 | 731200 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 5244636 | 4804167 | 10048802 |

Πίνακας 30 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με την προσθήκη του τοίχου Trombe στη νότια όψη, για ψύξη, θέρμανση και συνολικές (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| | HEATING | COOLING | TOTAL |
|---|---|---|---|
| MONTH | (Wh) | (Wh) | (Wh) |
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 381657 | 0 | 381657 |
| Feb | 557625 | 0 | 557625 |
| Mar | 298795 | 0 | 298795 |
| Apr | 20026 | 0 | 20026 |
| May | 0 | 96989 | 96989 |
| Jun | 0 | 368047 | 368047 |
| Jul | 0 | 529700 | 529700 |
| Aug | 0 | 632066 | 632066 |
| Sep | 0 | 204044 | 204044 |
| Oct | 37509 | 5985 | 43495 |
| Nov | 15471 | 0 | 15471 |
| Dec | 185835 | 0 | 185835 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 1496918 | 1836831 | 3333749 |

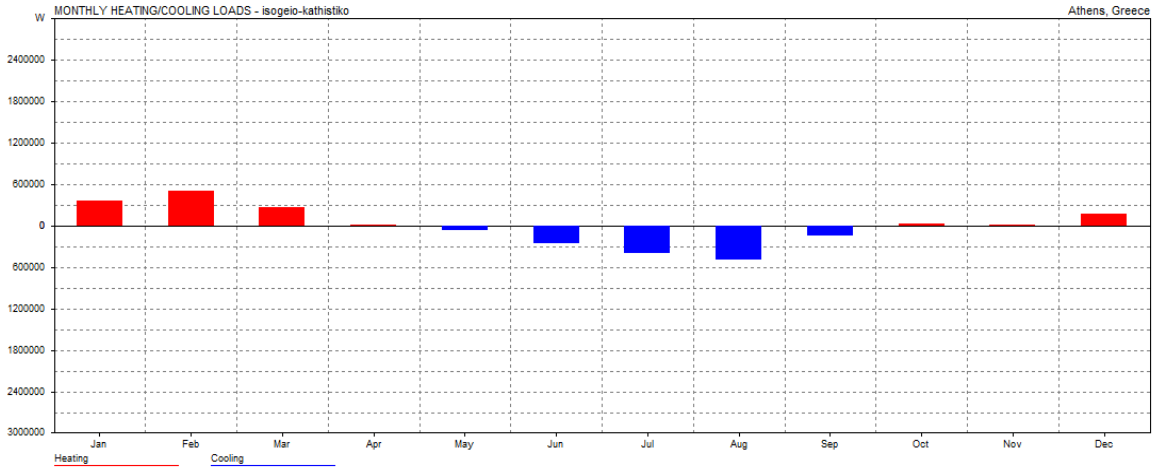
Πίνακας 31 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της ζώνης ‘Ισόγειο-Καθιστικό’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με την προσθήκη του τοίχου Trombe στη νότια όψη, για ψύξη, θέρμανση και συνολικές (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|---|---|---|---|
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 615214 | 0 | 615214 |
| Feb | 774145 | 0 | 774145 |
| Mar | 522771 | 0 | 522771 |
| Apr | 99704 | 0 | 99704 |
| May | 3379 | 109175 | 112554 |
| Jun | 0 | 403986 | 403986 |
| Jul | 0 | 556539 | 556539 |
| Aug | 0 | 628783 | 628783 |
| Sep | 0 | 207942 | 207942 |
| Oct | 137879 | 0 | 137879 |
| Nov | 105415 | 0 | 105415 |
| Dec | 398681 | 0 | 398681 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 2657188 | 1906424 | 4563612 |

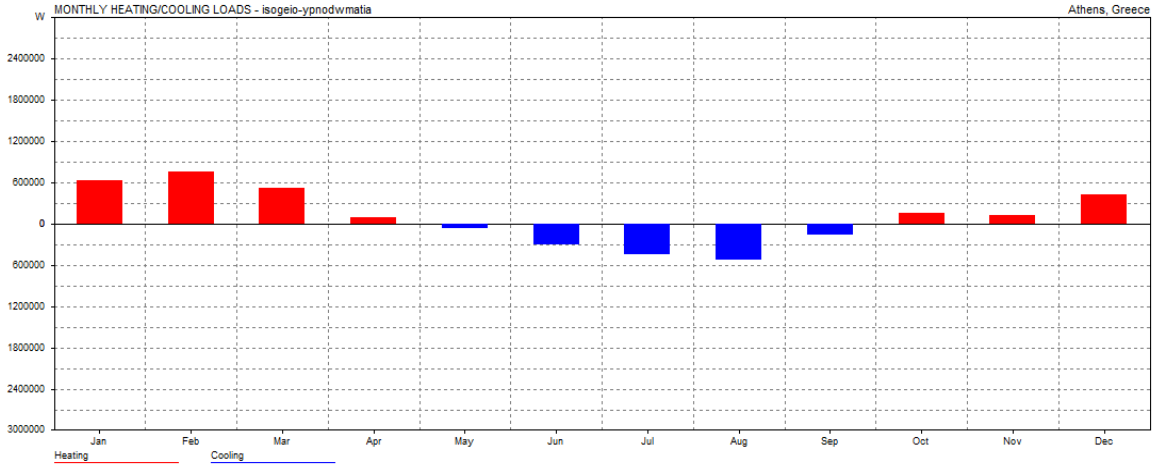
Πίνακας 32 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της ζώνης ‘Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με την προσθήκη του τοίχου Trombe στη νότια όψη, για ψύξη, θέρμανση και συνολικές (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|---|---|---|---|
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 278611 | 0 | 278611 |
| Feb | 359243 | 0 | 359243 |
| Mar | 208575 | 0 | 208575 |
| Apr | 22442 | 0 | 22442 |
| May | 404 | 57896 | 58300 |
| Jun | 0 | 219207 | 219207 |
| Jul | 0 | 307611 | 307611 |
| Aug | 0 | 350900 | 350900 |
| Sep | 0 | 121410 | 121410 |
| Oct | 43012 | 3885 | 46897 |
| Nov | 31564 | 0 | 31564 |
| Dec | 146684 | 0 | 146684 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 1090534 | 1060910 | 2151443 |

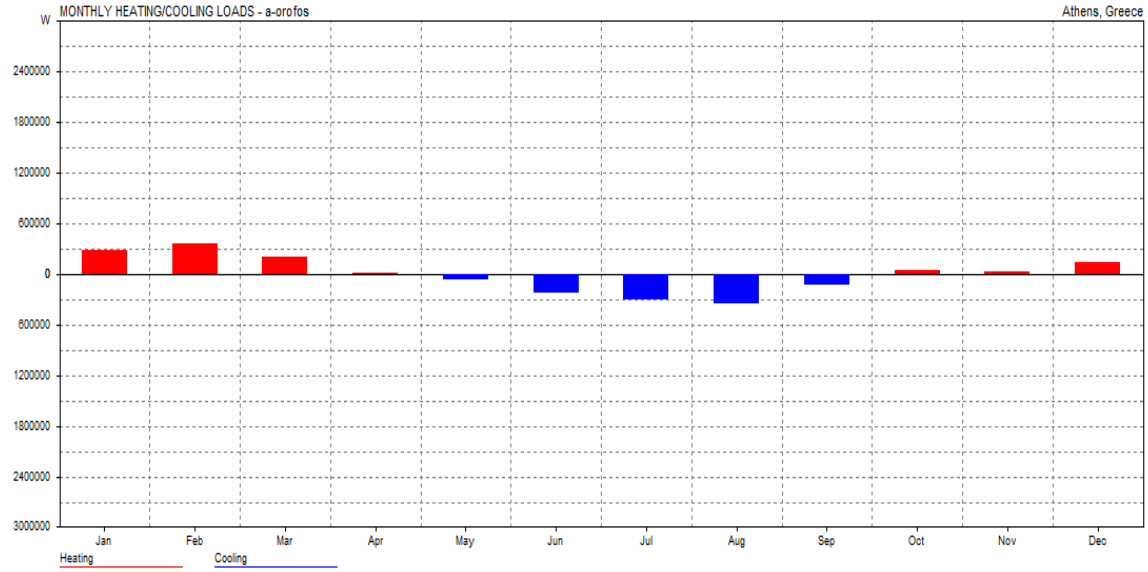
Πίνακας 33 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της ζώνης ‘Ά-Όροφος’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με την προσθήκη του τοίχου Trombe στη νότια όψη, για ψύξη, θέρμανση και συνολικές (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



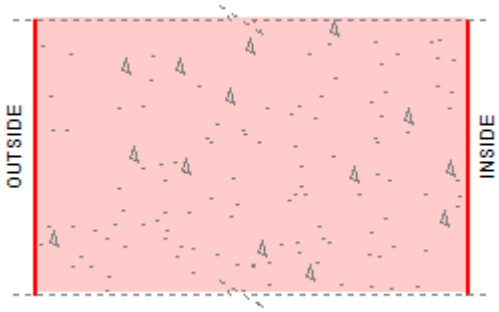

Εικόνα 5 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη 'Ισόγειο-Καθιστικό' της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



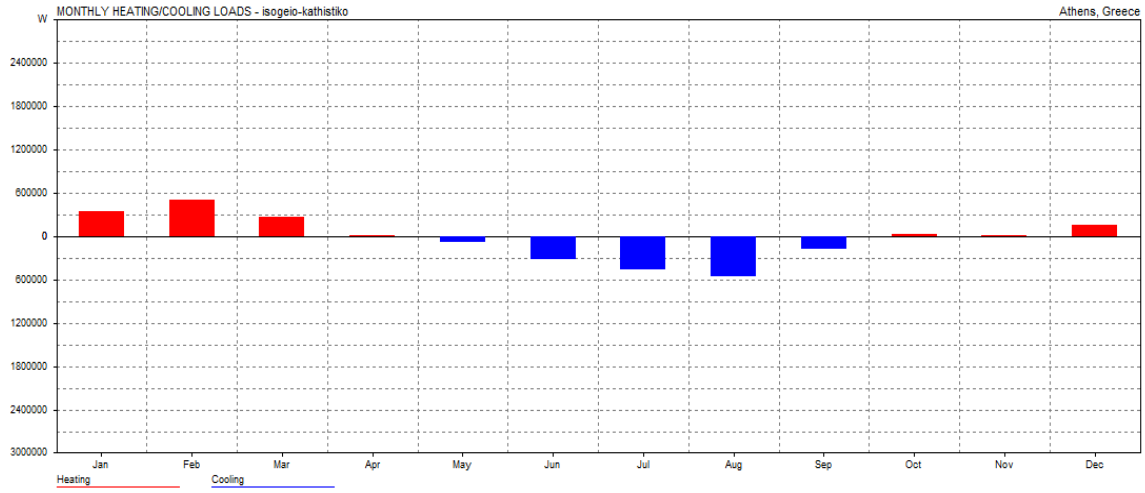

Εικόνα 6 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη 'Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο' της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



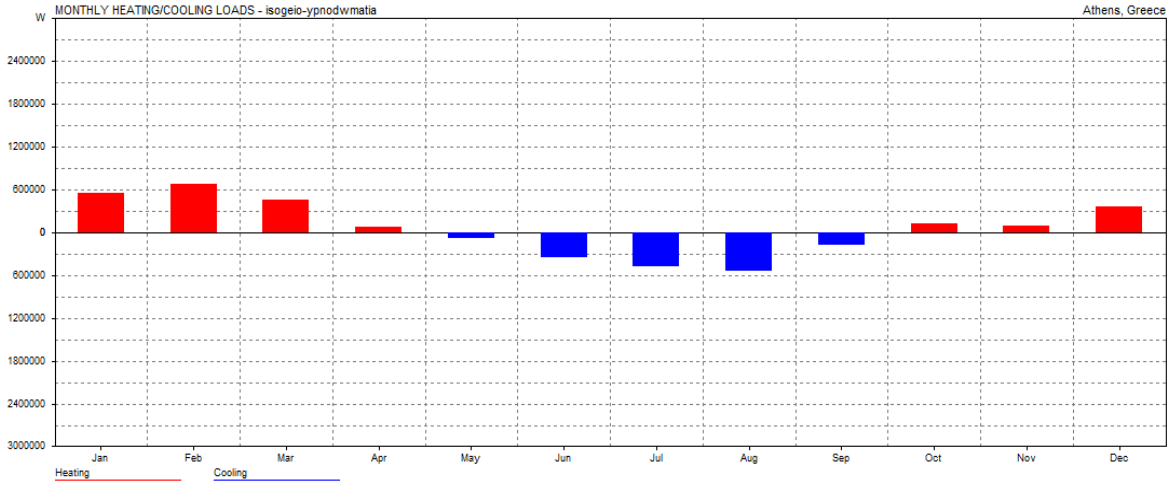

Εικόνα 7 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη 'Ά-όροφος' της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



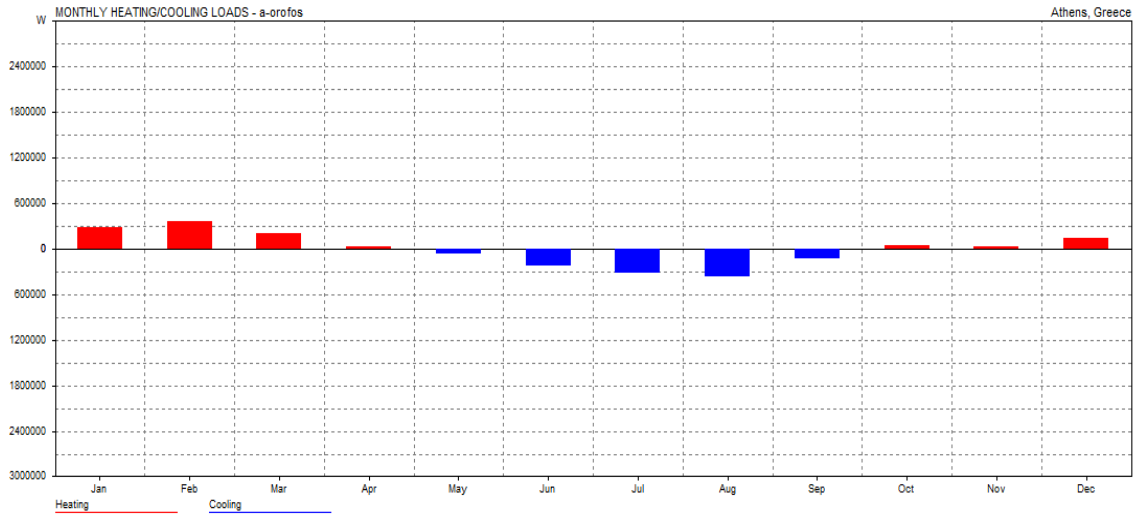

Εικόνα 8 Τομή τοίχου Trombe



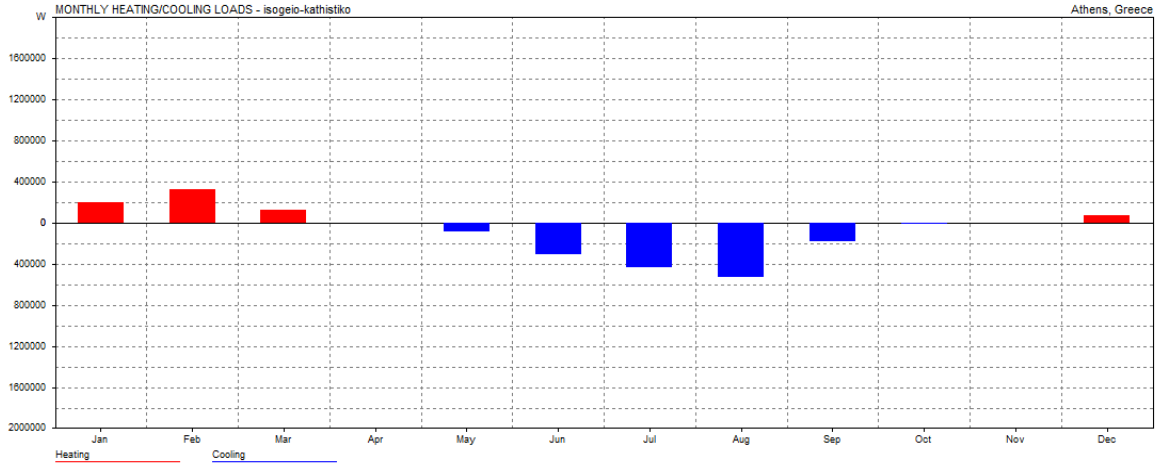

Εικόνα 9 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη 'Ισόγειο-Καθιστικό' της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με την προσθήκη του τοίχου Trombe στη νότια όψη (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



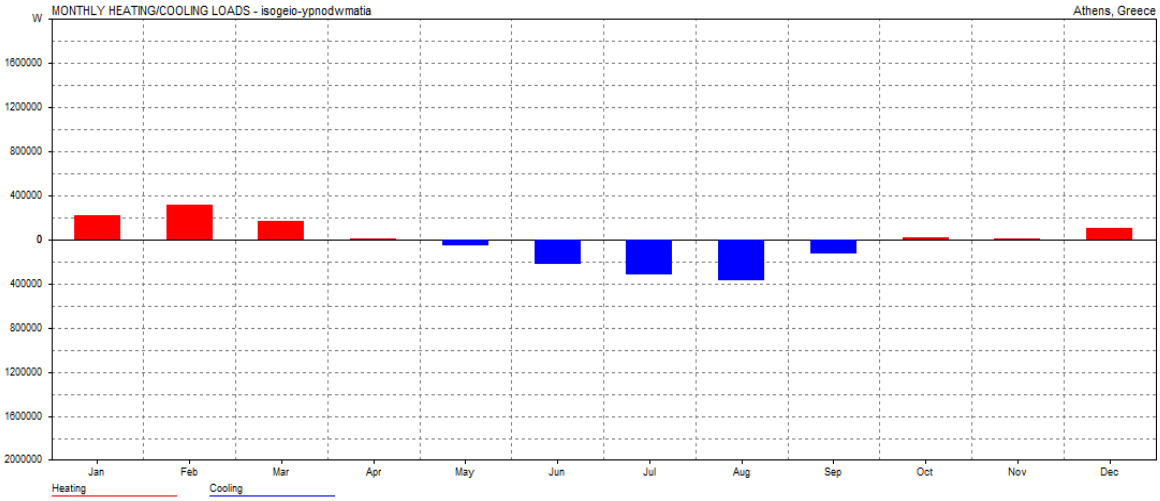

Εικόνα 10 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη «Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο» της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με την προσθήκη του τοίχου Trombe στη νότια όψη (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)



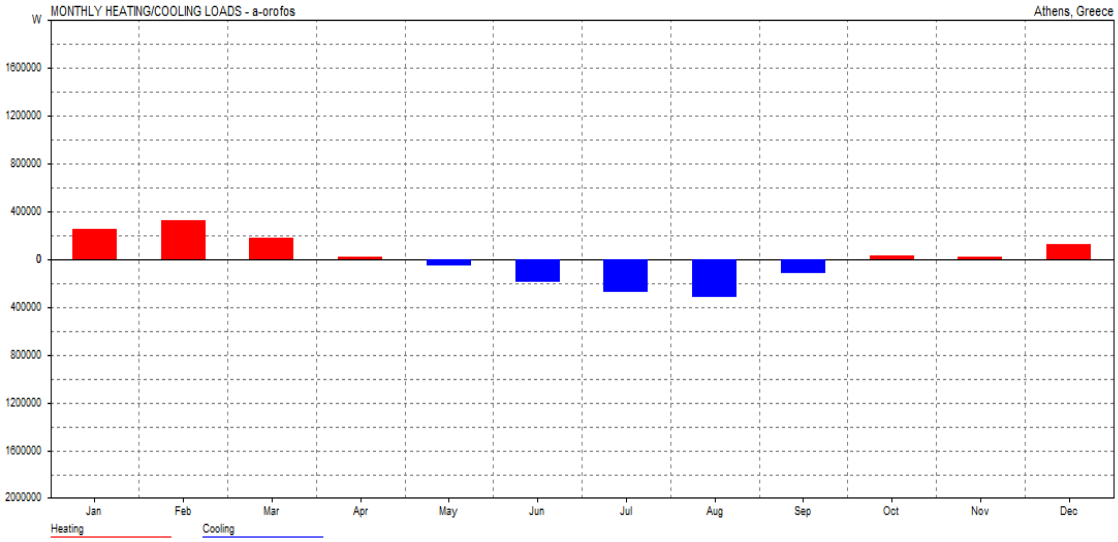

Εικόνα 11 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη «Ά-όροφος» της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με την προσθήκη του τοίχου Trombe στη νότια όψη (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)




Εικόνα 12 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη ‘Ισόγειο-Καθιστικό’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)




Εικόνα 13 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη ‘Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)




Εικόνα 14 Μηνιαία φορτία θέρμανσης,ψύξης για τη ζώνη ‘Ά-Όροφος’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|---|---|---|---|
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 203170 | 0 | 203170 |
| Feb | 323548 | 0 | 323548 |
| Mar | 125567 | 0 | 125567 |
| Apr | 1387 | 1572 | 2959 |
| May | 0 | 83101 | 83101 |
| Jun | 0 | 310041 | 310041 |
| Jul | 0 | 434616 | 434616 |
| Aug | 0 | 524181 | 524181 |
| Sep | 0 | 179273 | 179273 |
| Oct | 4947 | 8690 | 13637 |
| Nov | 1206 | 0 | 1206 |
| Dec | 72381 | 0 | 72381 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 732207 | 1541474 | 2273681 |

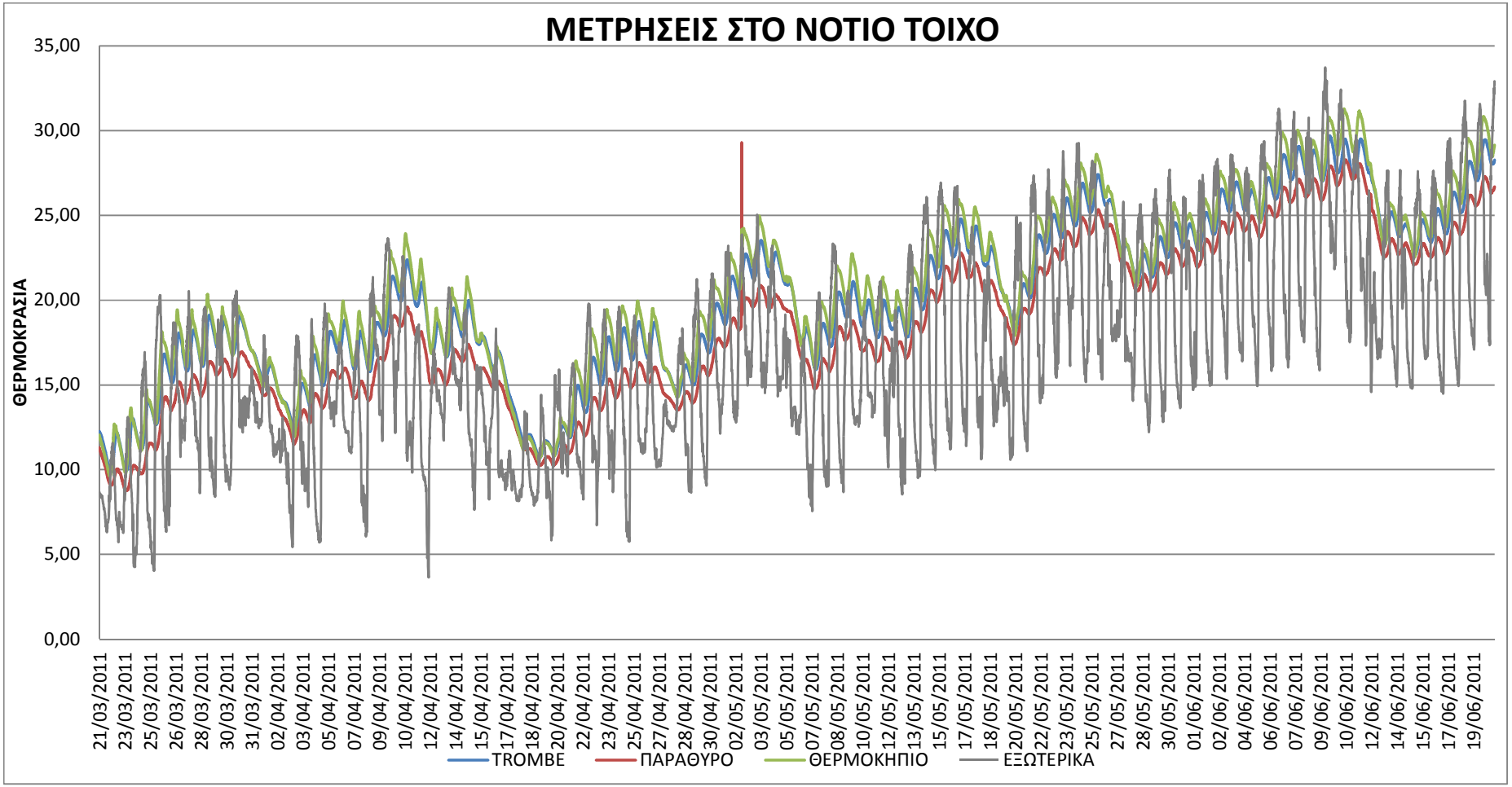
Πίνακας 34 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη, θέρμανση και τις συνολικές της ζώνης ‘Ισόγειο-Καθιστικό’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|---|---|---|---|
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 225129 | 0 | 225129 |
| Feb | 311982 | 0 | 311982 |
| Mar | 163704 | 0 | 163704 |
| Apr | 10153 | 0 | 10153 |
| May | 0 | 50267 | 50267 |
| Jun | 0 | 220060 | 220060 |
| Jul | 0 | 312351 | 312351 |
| Aug | 0 | 366747 | 366747 |
| Sep | 0 | 128712 | 128712 |
| Oct | 23183 | 0 | 23183 |
| Nov | 13569 | 0 | 13569 |
| Dec | 107678 | 0 | 107678 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 855399 | 1078138 | 1933536 |

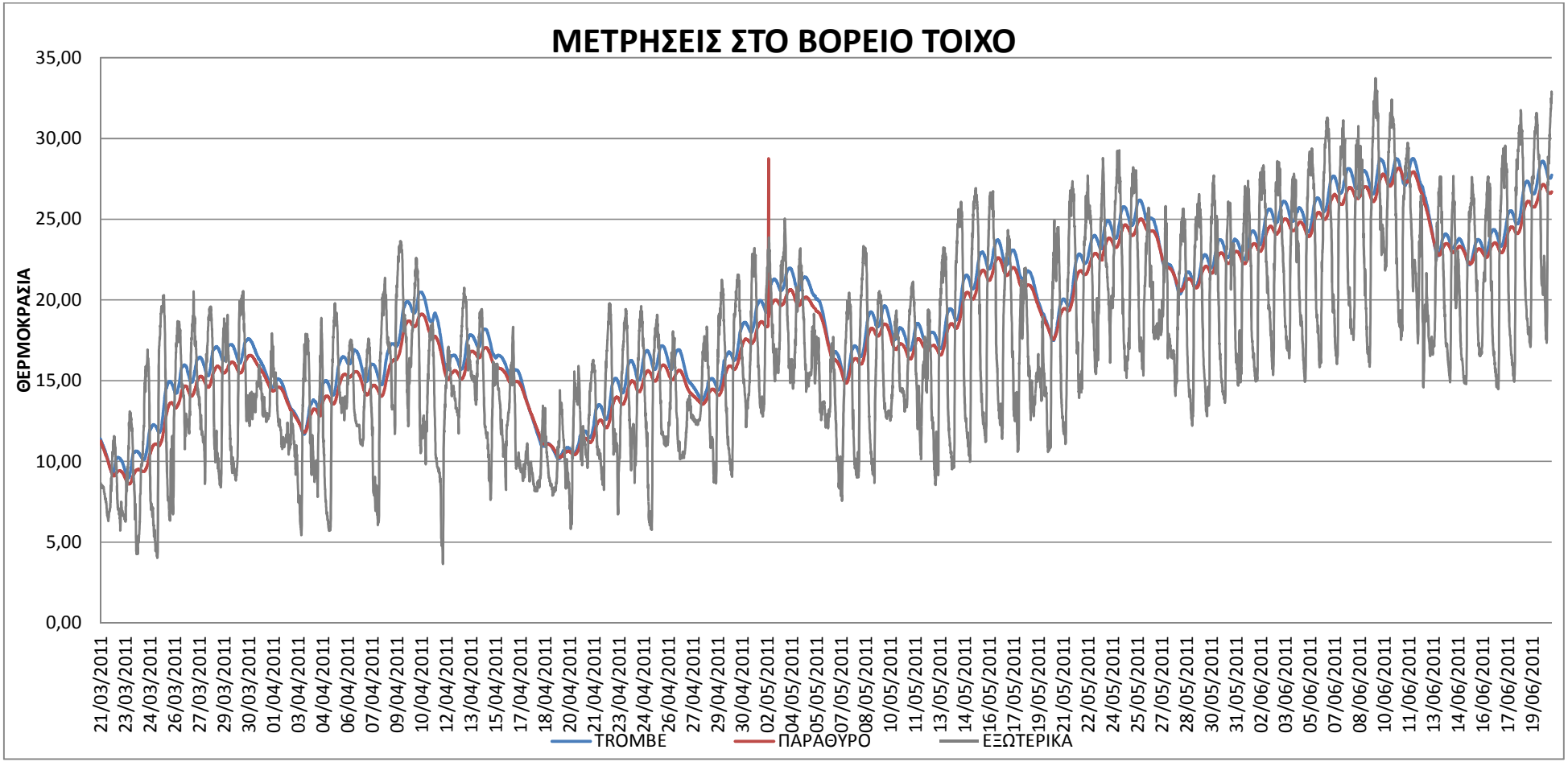
Πίνακας 35 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη, θέρμανση και τις συνολικές της ζώνης ‘Ισόγειο-Υπνοδωμάτιο’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)

| MONTH | HEATING (Wh) | COOLING (Wh) | TOTAL (Wh) |
|---|---|---|---|
| --- | --- | --- | --- |
| Jan | 248198 | 0 | 248198 |
| Feb | 324507 | 0 | 324507 |
| Mar | 184430 | 0 | 184430 |
| Apr | 16955 | 0 | 16955 |
| May | 78 | 51473 | 51552 |
| Jun | 0 | 194430 | 194430 |
| Jul | 0 | 274264 | 274264 |
| Aug | 0 | 316544 | 316544 |
| Sep | 0 | 111079 | 111079 |
| Oct | 34449 | 3999 | 38448 |
| Nov | 24760 | 0 | 24760 |
| Dec | 124802 | 0 | 124802 |
| --- | --- | --- | --- |
| TOTAL | 958179 | 951790 | 1909969 |

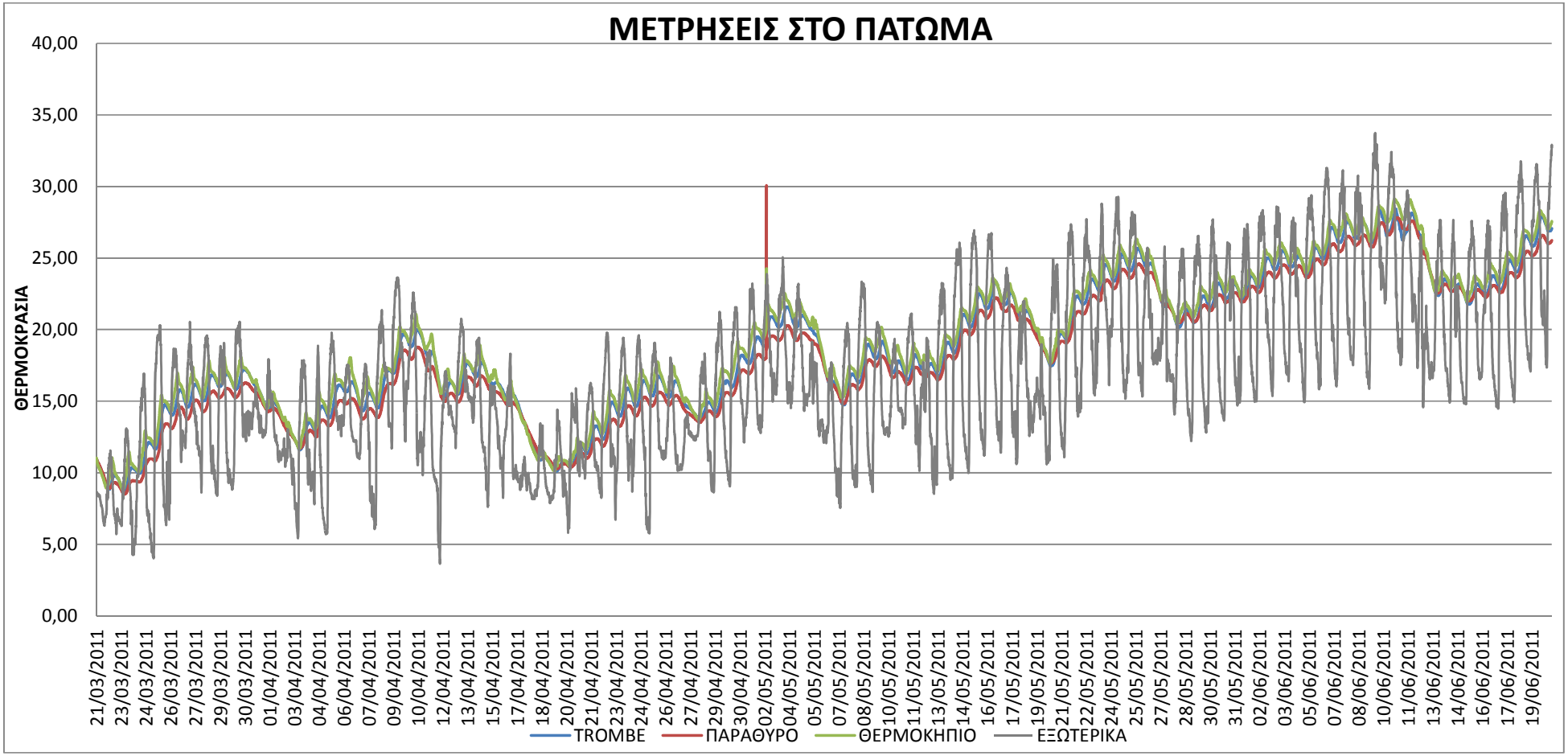
Πίνακας 36 Μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη, θέρμανση και τις συνολικές της ζώνης ‘Ά-Όροφος’ της διώροφης εξοχικής κατοικίας στη Σαρωνίδα με τις προδιαγραφές της ενεργειακής ανάλυσης του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ (με μικτό σύστημα ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού)


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΝΟΤΙΟ ΤΟΙΧΟ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
21/03/2011
23/03/2011
25/03/2011
26/03/2011
28/03/2011
30/03/2011
31/03/2011
02/04/2011
03/04/2011
05/04/2011
07/04/2011
09/04/2011
10/04/2011
12/04/2011
14/04/2011
15/04/2011
17/04/2011
18/04/2011
20/04/2011
22/04/2011
23/04/2011
25/04/2011
27/04/2011
28/04/2011
30/04/2011
02/05/2011
03/05/2011
05/05/2011
07/05/2011
08/05/2011
10/05/2011
12/05/2011
13/05/2011
15/05/2011
17/05/2011
18/05/2011
20/05/2011
22/05/2011
23/05/2011
25/05/2011
27/05/2011
28/05/2011
30/05/2011
01/06/2011
02/06/2011
04/06/2011
06/06/2011
07/06/2011
09/06/2011
10/06/2011
12/06/2011
14/06/2011
15/06/2011
17/06/2011
19/06/2011
TROMBE
ΠΑΡΑΘΥΡΟ
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ

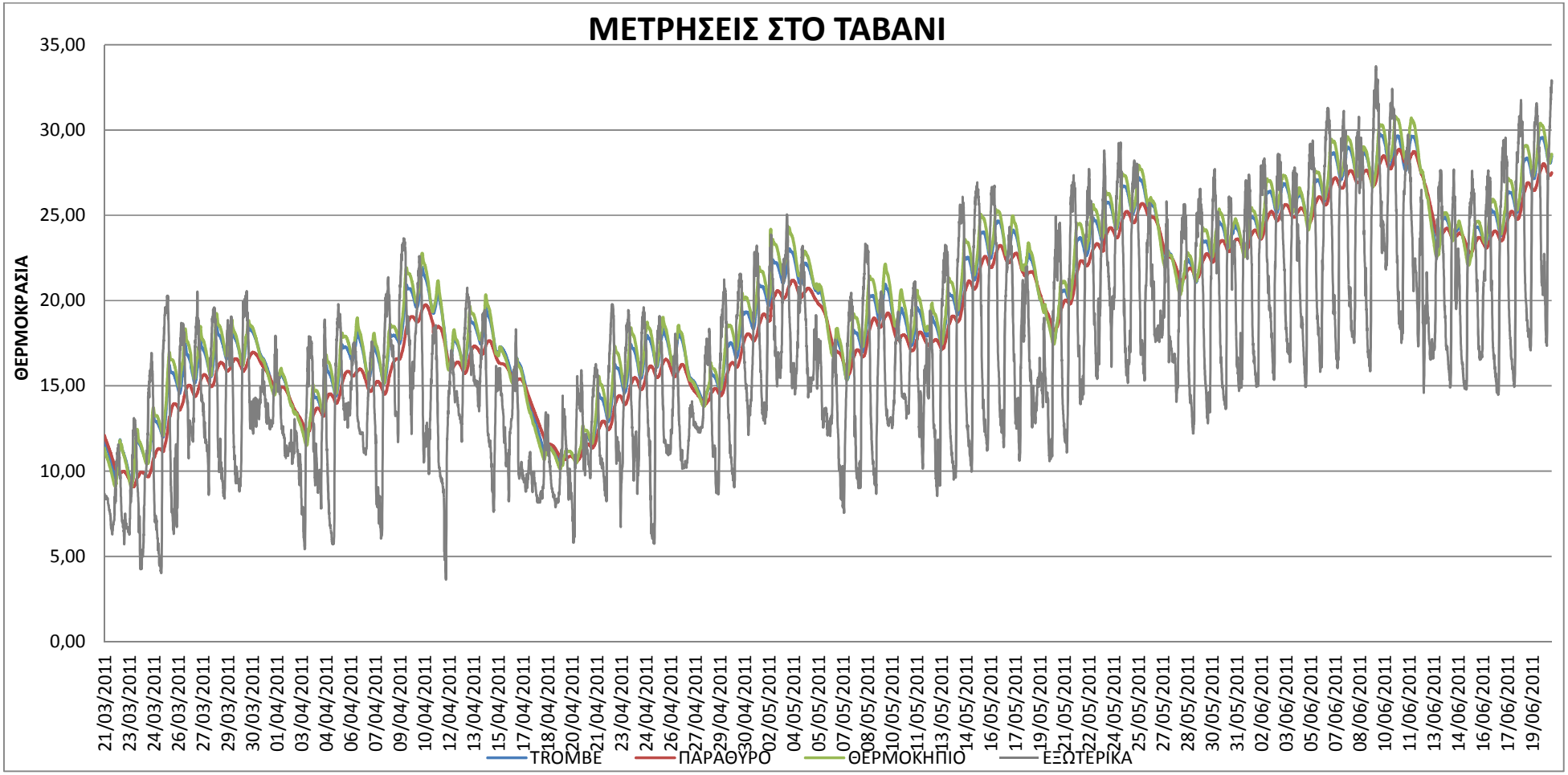
Διάγραμμα 1


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΤΟΙΧΟ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
21/03/2011
23/03/2011
24/03/2011
26/03/2011
27/03/2011
29/03/2011
30/03/2011
01/04/2011
03/04/2011
04/04/2011
06/04/2011
07/04/2011
09/04/2011
10/04/2011
12/04/2011
13/04/2011
15/04/2011
17/04/2011
18/04/2011
20/04/2011
21/04/2011
23/04/2011
24/04/2011
26/04/2011
27/04/2011
29/04/2011
30/04/2011
02/05/2011
04/05/2011
05/05/2011
07/05/2011
08/05/2011
10/05/2011
11/05/2011
13/05/2011
14/05/2011
16/05/2011
17/05/2011
19/05/2011
21/05/2011
22/05/2011
24/05/2011
25/05/2011
27/05/2011
28/05/2011
30/05/2011
31/05/2011
02/06/2011
03/06/2011
05/06/2011
07/06/2011
08/06/2011
10/06/2011
11/06/2011
13/06/2011
14/06/2011
16/06/2011
17/06/2011
19/06/2011
TROMBE
ΠΑΡΑΘΥΡΟ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ

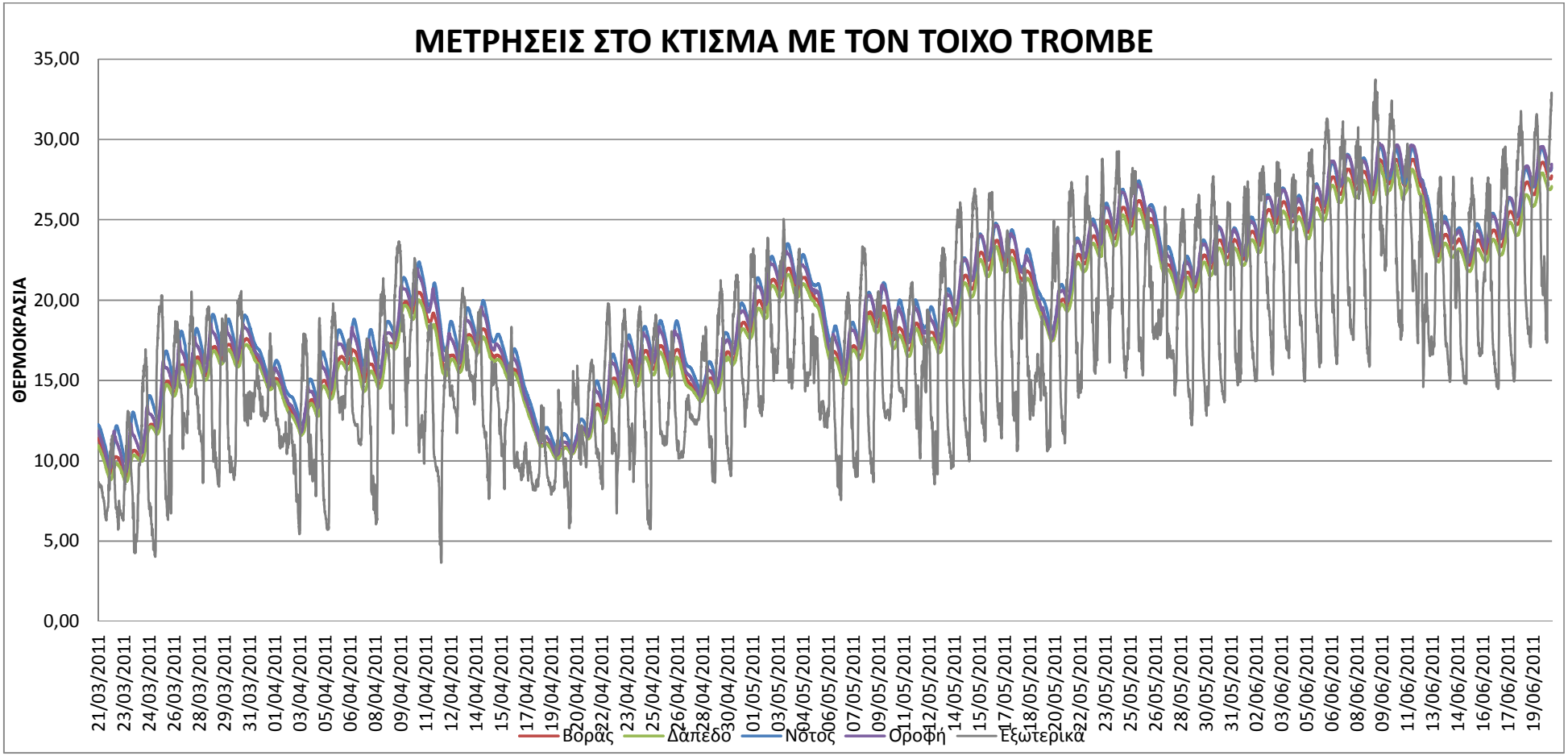
Διάγραμμα 2


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΑΤΩΜΑ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
21/03/2011
23/03/2011
24/03/2011
26/03/2011
27/03/2011
29/03/2011
30/03/2011
01/04/2011
03/04/2011
04/04/2011
06/04/2011
07/04/2011
09/04/2011
10/04/2011
12/04/2011
13/04/2011
15/04/2011
17/04/2011
18/04/2011
20/04/2011
21/04/2011
23/04/2011
24/04/2011
26/04/2011
27/04/2011
29/04/2011
30/04/2011
02/05/2011
04/05/2011
05/05/2011
07/05/2011
08/05/2011
10/05/2011
11/05/2011
13/05/2011
14/05/2011
16/05/2011
17/05/2011
19/05/2011
21/05/2011
22/05/2011
24/05/2011
25/05/2011
27/05/2011
28/05/2011
30/05/2011
31/05/2011
02/06/2011
03/06/2011
05/06/2011
07/06/2011
08/06/2011
10/06/2011
11/06/2011
13/06/2011
14/06/2011
16/06/2011
17/06/2011
19/06/2011
TROMBE
ΠΑΡΑΘΥΡΟ
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ

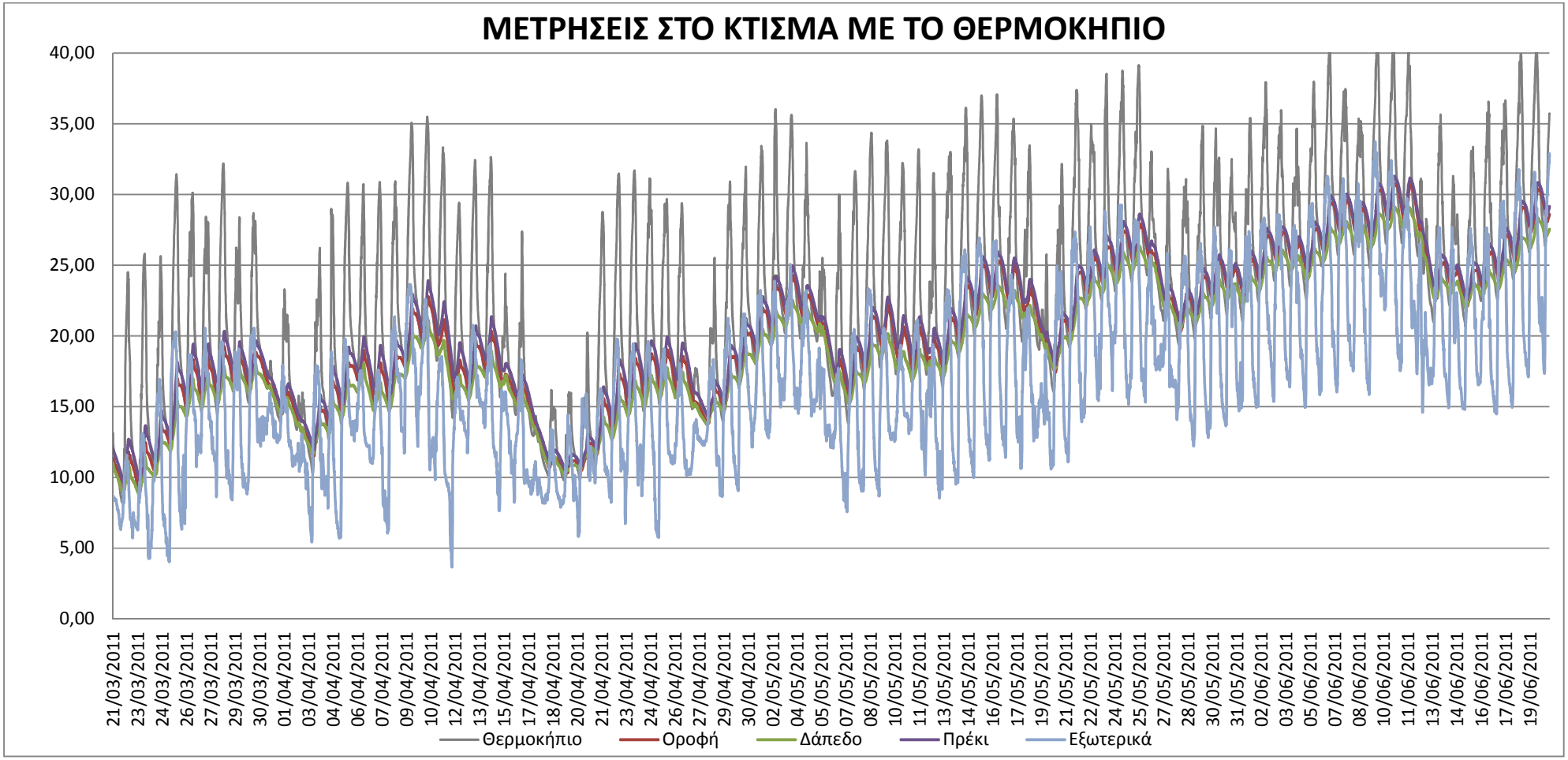
Διάγραμμα 3


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΤΑΒΑΝΙ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
21/03/2011
23/03/2011
24/03/2011
26/03/2011
27/03/2011
29/03/2011
30/03/2011
01/04/2011
03/04/2011
04/04/2011
06/04/2011
07/04/2011
09/04/2011
10/04/2011
12/04/2011
13/04/2011
15/04/2011
17/04/2011
18/04/2011
20/04/2011
21/04/2011
23/04/2011
24/04/2011
26/04/2011
27/04/2011
29/04/2011
30/04/2011
02/05/2011
04/05/2011
05/05/2011
07/05/2011
08/05/2011
10/05/2011
11/05/2011
13/05/2011
14/05/2011
16/05/2011
17/05/2011
19/05/2011
21/05/2011
22/05/2011
24/05/2011
25/05/2011
27/05/2011
28/05/2011
30/05/2011
31/05/2011
02/06/2011
03/06/2011
05/06/2011
07/06/2011
08/06/2011
10/06/2011
11/06/2011
13/06/2011
14/06/2011
16/06/2011
17/06/2011
19/06/2011
TROMBE
ΠΑΡΑΘΥΡΟ
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ

Διάγραμμα 4


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΙΣΜΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΟΙΧΟ TROMBE
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
Βοράς
Δάπεδο
Νότος
Οροφή
Εξωτερικά

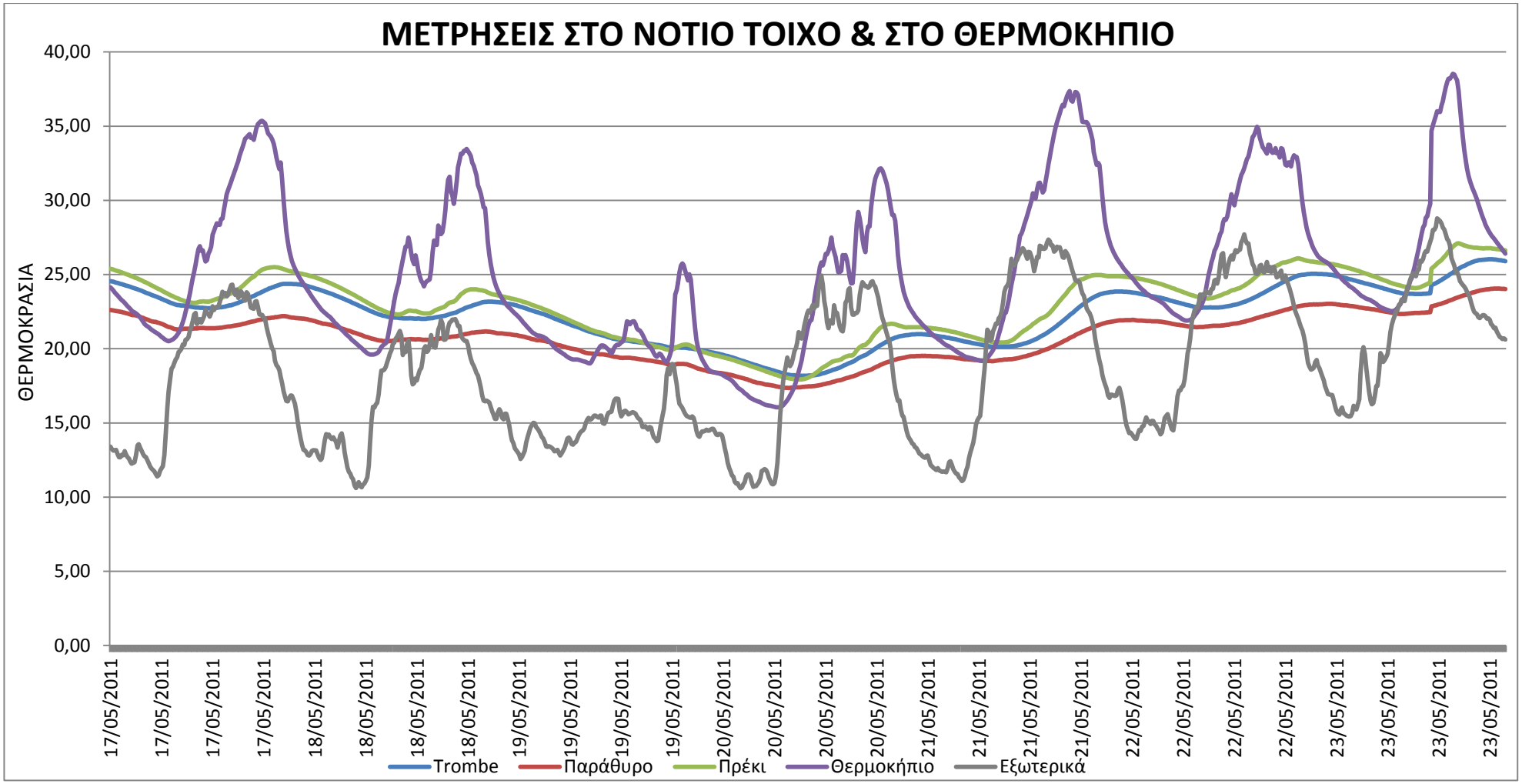
Διάγραμμα 5


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΙΣΜΑ ΜΕ ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
21/03/2011
23/03/2011
24/03/2011
26/03/2011
27/03/2011
29/03/2011
30/03/2011
01/04/2011
03/04/2011
04/04/2011
06/04/2011
07/04/2011
09/04/2011
10/04/2011
12/04/2011
13/04/2011
15/04/2011
17/04/2011
18/04/2011
20/04/2011
21/04/2011
23/04/2011
24/04/2011
26/04/2011
27/04/2011
29/04/2011
30/04/2011
02/05/2011
04/05/2011
05/05/2011
07/05/2011
08/05/2011
10/05/2011
11/05/2011
13/05/2011
14/05/2011
16/05/2011
17/05/2011
19/05/2011
21/05/2011
22/05/2011
24/05/2011
25/05/2011
27/05/2011
28/05/2011
30/05/2011
31/05/2011
02/06/2011
03/06/2011
05/06/2011
07/06/2011
08/06/2011
10/06/2011
11/06/2011
13/06/2011
14/06/2011
16/06/2011
17/06/2011
19/06/2011
Θερμοκήπιο
Οροφή
Δάπεδο
Πρέκι
Εξωτερικά

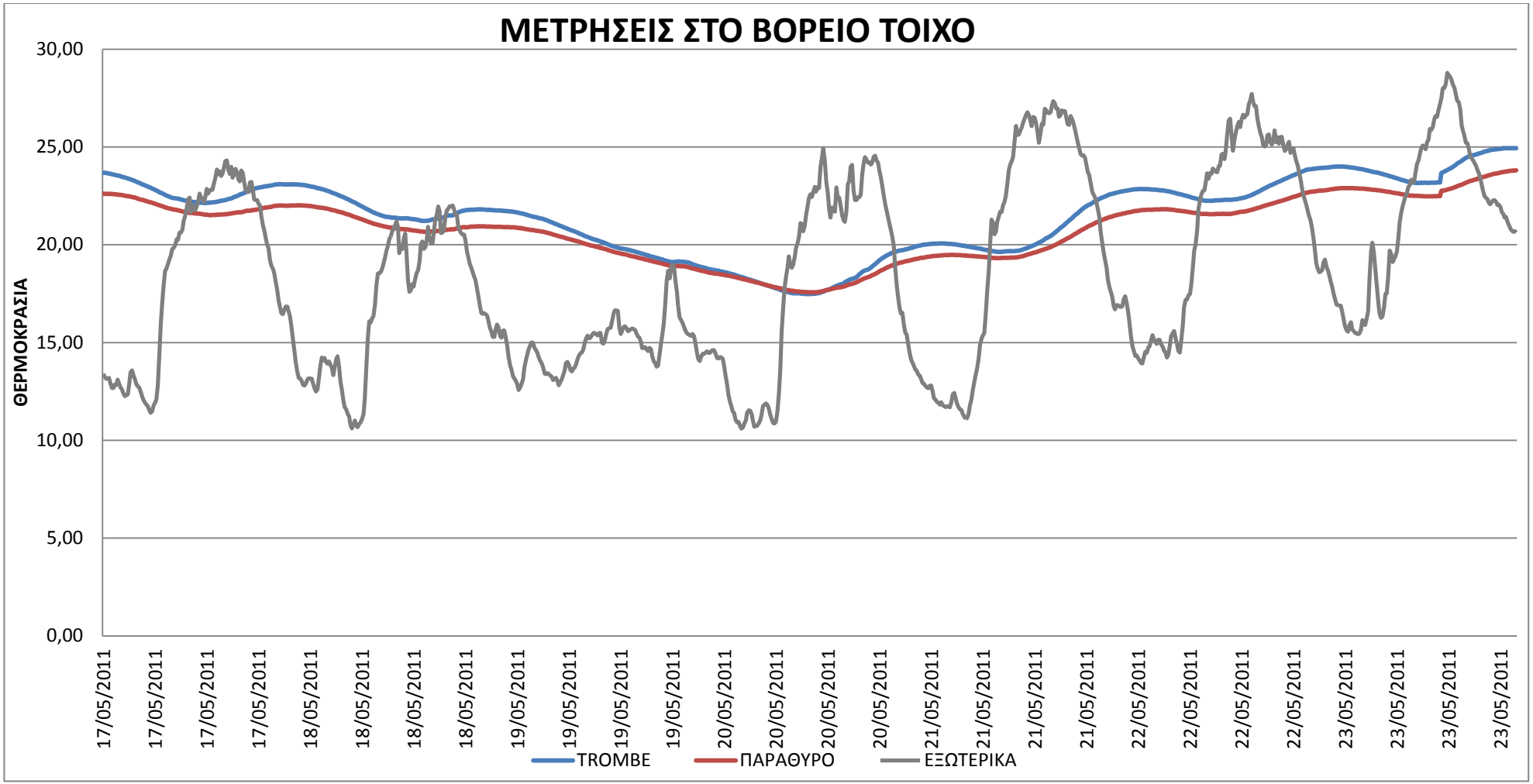
Διάγραμμα 6

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΙΣΜΑ ΜΕ ΤΟ ΑΠΛΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
21/03/2011
23/03/2011
24/03/2011
26/03/2011
27/03/2011
29/03/2011
30/03/2011
01/04/2011
02/04/2011
04/04/2011
06/04/2011
07/04/2011
09/04/2011
10/04/2011
12/04/2011
13/04/2011
15/04/2011
16/04/2011
18/04/2011
19/04/2011
21/04/2011
22/04/2011
24/04/2011
25/04/2011
27/04/2011
28/04/2011
30/04/2011
01/05/2011
03/05/2011
04/05/2011
06/05/2011
07/05/2011
09/05/2011
10/05/2011
12/05/2011
13/05/2011
15/05/2011
16/05/2011
18/05/2011
19/05/2011
21/05/2011
22/05/2011
24/05/2011
26/05/2011
27/05/2011
29/05/2011
30/05/2011
01/06/2011
02/06/2011
04/06/2011
05/06/2011
07/06/2011
08/06/2011
10/06/2011
11/06/2011
13/06/2011
14/06/2011
16/06/2011
17/06/2011
19/06/2011
Νότος
Βορράς
Δάπεδο
Οροφή
Εξωτερικά

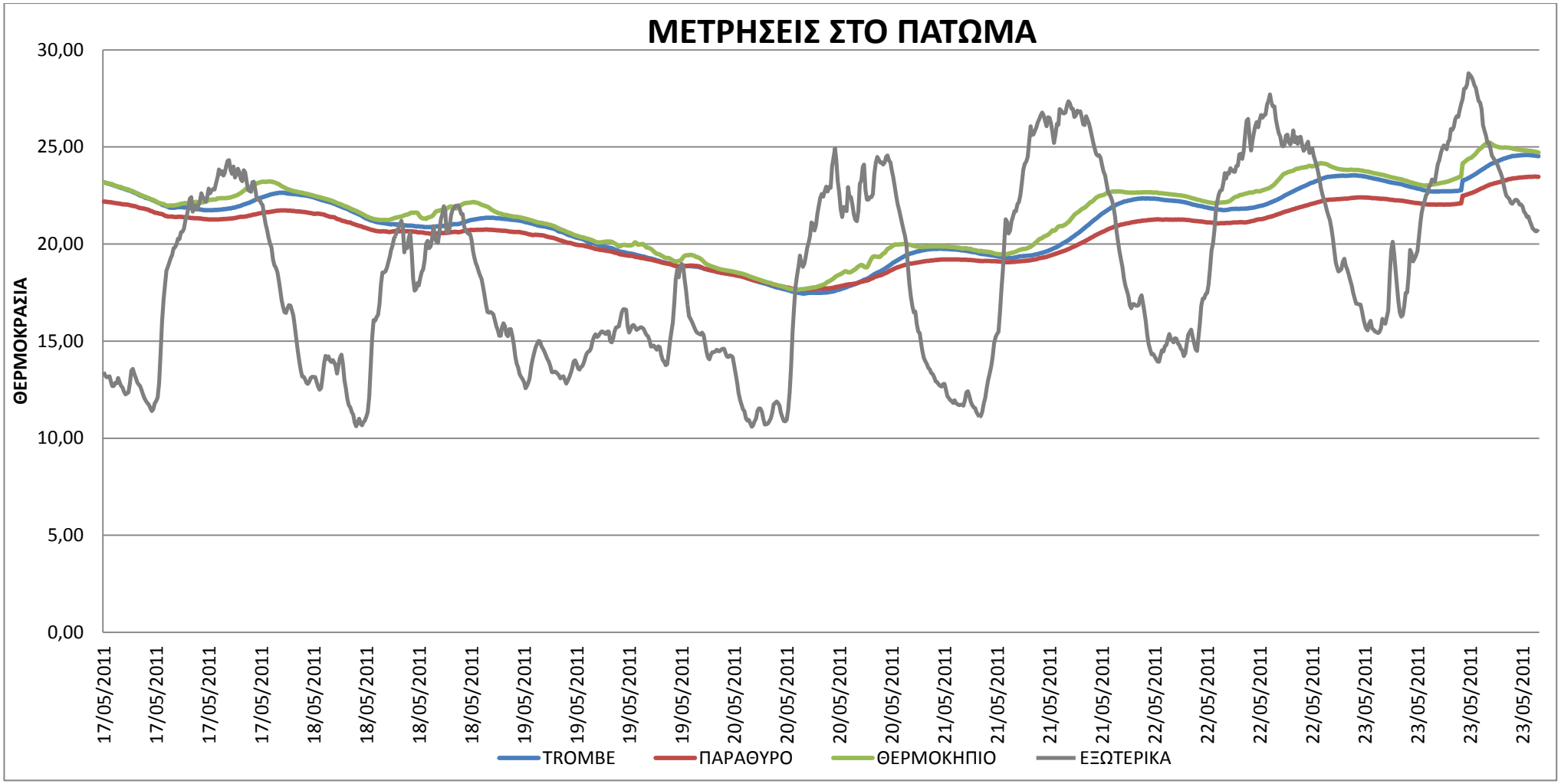
Διάγραμμα 7


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΝΟΤΙΟ ΤΟΙΧΟ & ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
17/05/2011
18/05/2011
19/05/2011
20/05/2011
21/05/2011
22/05/2011
23/05/2011
Trombe
Παράθυρο
Πρέκι
Θερμοκήπιο
Εξωτερικά

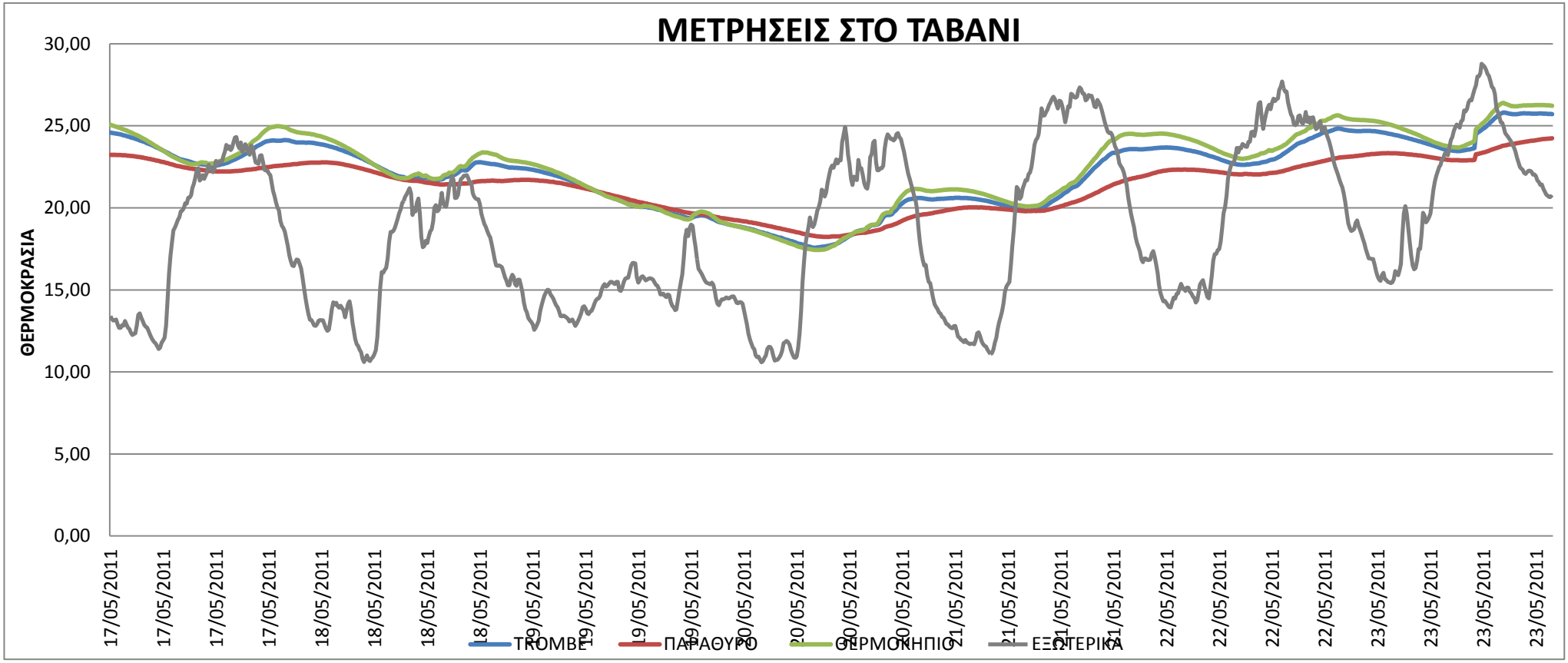
Διάγραμμα 8


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΤΟΙΧΟ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
17/05/2011
18/05/2011
19/05/2011
20/05/2011
21/05/2011
22/05/2011
23/05/2011
TROMBE
ΠΑΡΑΘΥΡΟ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ

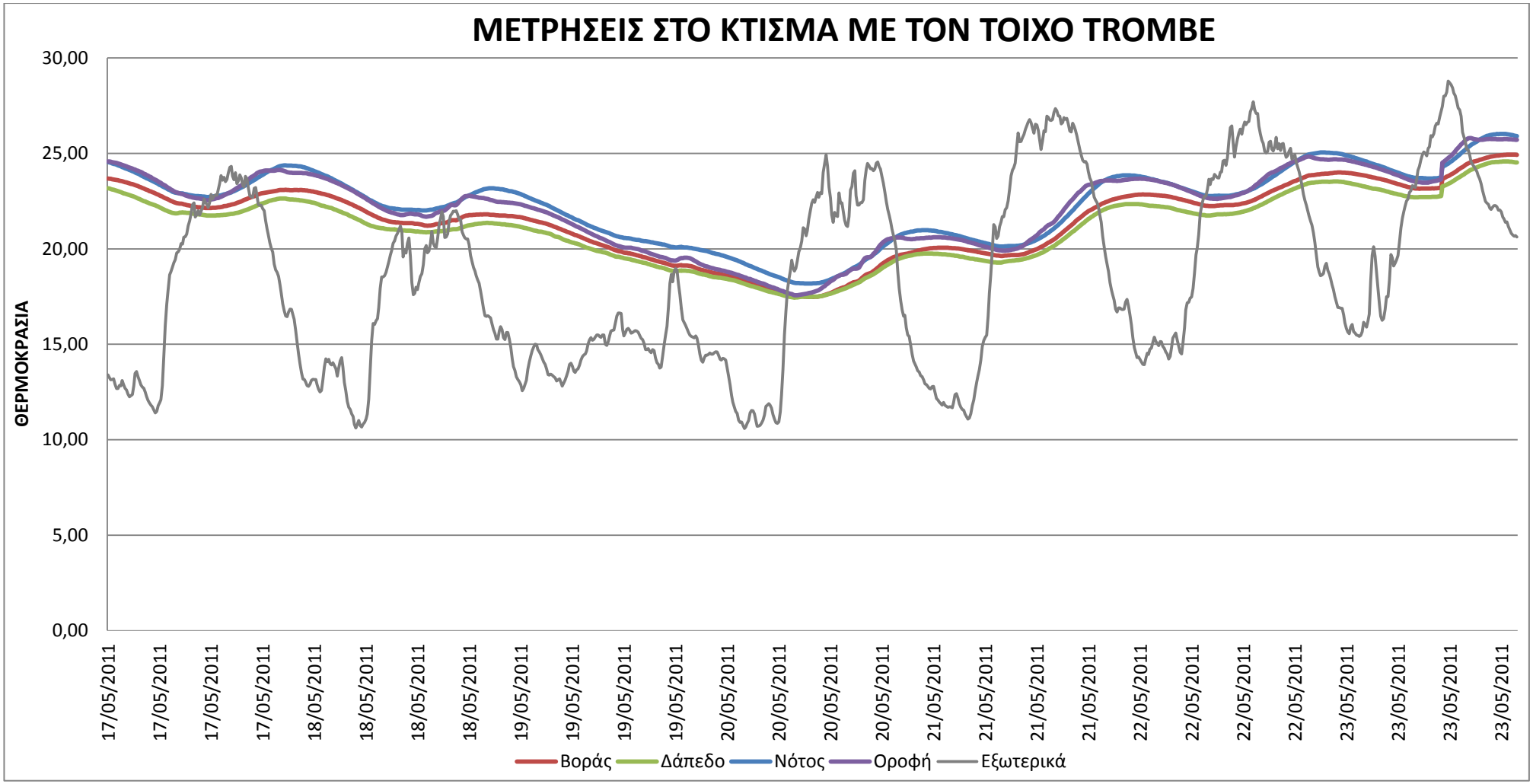
Διάγραμμα 9




Διάγραμμα 10

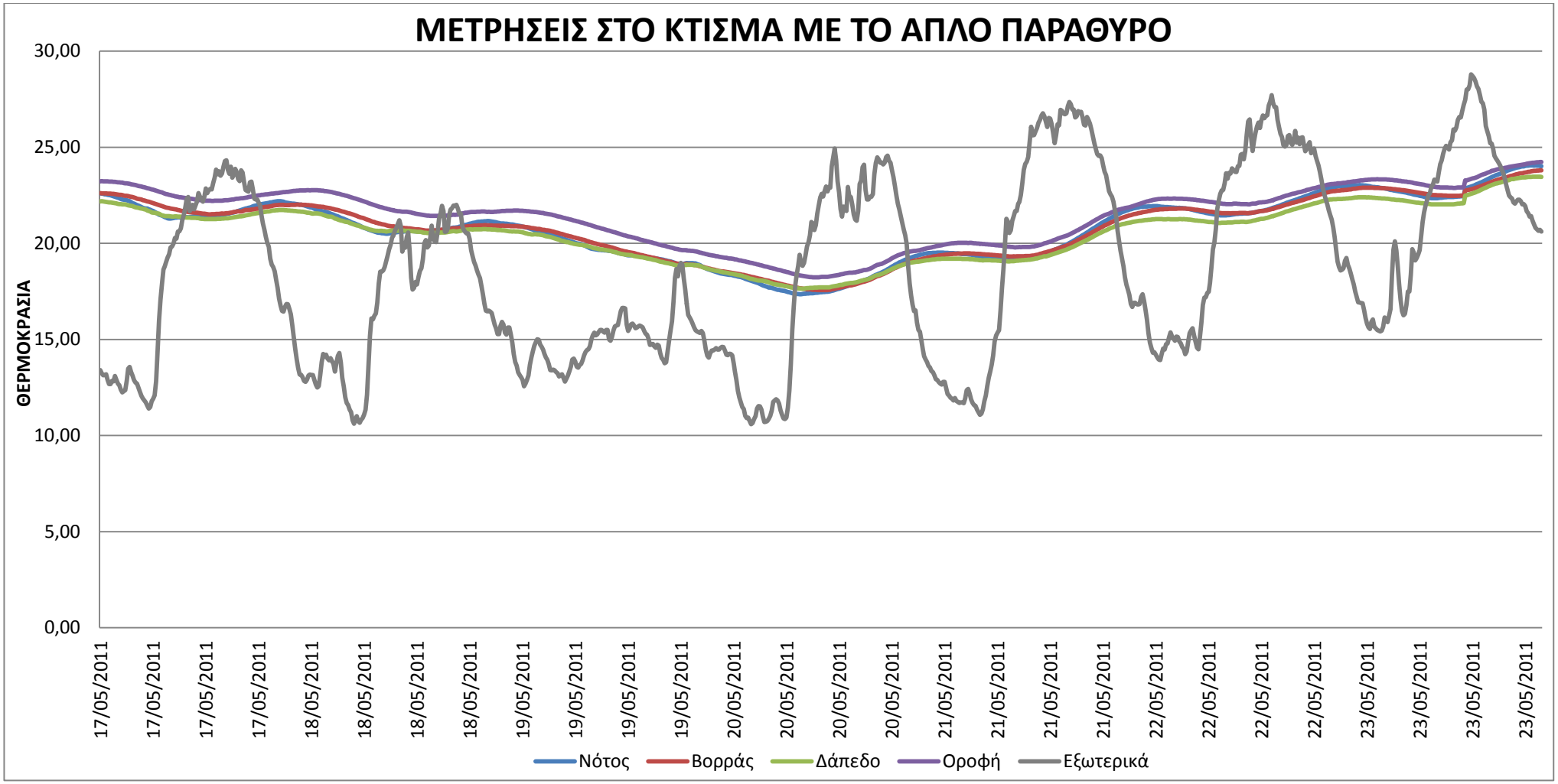



Διάγραμμα 11




Διάγραμμα 12

Διάγραμμα 13




Διάγραμμα 14