

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης  
Χανιά 2013

# Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια

---

Διπλωματική εργασία

**Ειρήνη Κρεβατσούλη**

Επιβλέπων: Παπαευθυμίου Σπυρίδων





## Περίληψη

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες είναι η αυξανόμενη ενεργειακή κατανάλωση, ιδιαίτερα στον κτηριακό τομέα που αποτελεί πλέον το αίτιο για το 40% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας. Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να εξετάσει και να συνοψίσει τις σύγχρονες τεχνολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα κτήριο, προκειμένου να εξασφαλιστούν οι απαραίτητες συνθήκες άνετης διαβίωσης (θερμικής και οπτικής). Στην εργασία θα αναλυθούν οι επιμέρους τεχνικές οι οποίες μπορούν να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας σε μία κατοικία, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση τα παρακάτω επιμέρους στοιχεία ενός κτηρίου:

- Προσανατολισμός
- Σκίαση
- Αερισμός
- Φωτισμός
- Μόνωση κελύφους
- Χρήση ενεργειακών υαλοπινάκων

Η αξιολόγηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας εφαρμοσμένων σε διάφορα κτήρια, θα πιστοποιηθεί με προσομοίωση μέσω εμπορικού πακέτου λογισμικού.

Η παρούσα έρευνα αποτέλεσε μία πρόκληση για μένα και παράλληλα έναν ερευνητικό στόχο ώστε να ενσωματωθούν οι αρχές του βιοκλιματικού - ενεργειακού σχεδιασμού σε τρεις κατοικίες. Κατά συνέπεια η έρευνα επικεντρώθηκε στην ενεργειακή συμπεριφορά ενός βιοκλιματικού κτηρίου με αρχικό στόχο την αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης των κτηρίων που μελετήθηκαν και στη συνέχεια της ενεργειακής τους αναβάθμισης. Με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και των ρύπων προς το περιβάλλον, η φιλοσοφία των προτάσεων είναι στην κατεύθυνση της χρήσης αποδοτικών συστημάτων που δεν εξαρτώνται από τη χρήση συμβατικών καυσίμων καθώς επίσης και μέτρων βελτίωσης του κτηριακού κελύφους.

## Περιεχόμενα

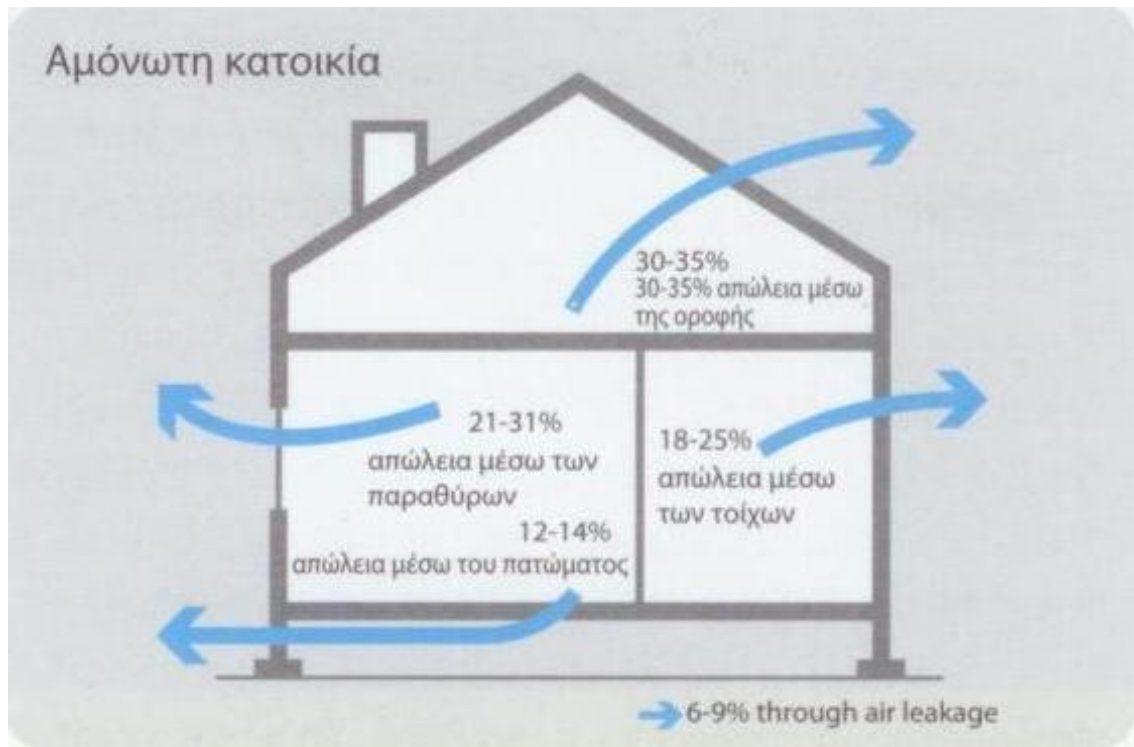
Κεφάλαιο 1.....	4
1. Παθητικό Σπίτι .....	5
Κεφάλαιο 2.....	8
2. Παράθυρα.....	9
2.1 Κουφώματα.....	9
2.1.1 Αλουμίνιο .....	9
2.1.2 Ρvc ή Συνθετικά .....	10
2.1.3 Ξύλο.....	11
2.1.4 Clad .....	12
2.1.5 Composite .....	13
2.1.6 Fiberglass.....	13
2.1.7 Ανοιγόμενο .....	14
2.1.8 Συρόμενο .....	15
2.2 Ορισμός Υαλοπίνακα .....	16
2.2.1 Μετάδοση Θερμότητας – Ηλιακό Φάσμα – Δείκτες .....	16
2.2.2 Τύπος υαλοπίνακα για έλεγχο ηλιακής ακτινοβολίας.....	20
2.2.3 Επίστρωση Low-E.....	22
2.2.4 Αέριο .....	23
2.2.5 Αποστάτες.....	24
2.2.6 Υαλοπίνακες Ασφαλείας .....	26
2.2.7 Υαλοπίνακες Αισθητικής.....	27
2.2.8 Υαλοπίνακες Μέλλοντος.....	28
Κεφάλαιο 3.....	32
3. Μόνωση .....	33
3.1 Ιδιότητες των Δομικών Στοιχείων.....	35
3.2 Συνήθεις Θερμομονωτικές Απώλειες.....	35
3.3 Θερμομονωτικά Υλικά .....	36
3.4 Θερμομόνωση Κελύφους Κτηρίου .....	40
3.4.1 Τοιχοποιία-Δοκοί-Υποστυλώματα.....	41
3.4.2 Οροφές.....	46
3.4.3 Στέγη.....	47
3.4.4 Δάπεδα.....	48
3.5 Μέγιστες Επιτρεπόμενες Τιμές Συντελεστών Θερμοπερατότητας.....	49
Κεφάλαιο 4.....	50
4. Προσανατολισμός.....	51

Κεφάλαιο 5.....	53
5. Σκίαση.....	54
5.1 Ανάλογα τη Δυνατότητα Χειρισμού .....	57
5.2 Ανάλογα με τη Θέση στο Κέλυφος.....	59
5.3 Ανάλογα τη Γεωμετρία.....	61
5.4 Συστήματα Σκίασης.....	62
Κεφάλαιο 6.....	69
6. Φωτισμός.....	70
6.1 Διαφανή Στοιχεία .....	73
6.2 Φωτοενισχυτικές Διατάξεις .....	74
6.3 Διαφανή Υλικά Ανοιγμάτων.....	79
6.4 Αδιαφανή Στοιχεία του Κελύφους.....	81
6.5 Τεχνητός Φωτισμός.....	82
Κεφάλαιο 7 .....	84
7. Αερισμός .....	85
7.1 Είδη Αερισμού .....	85
7.1.1 Φυσικός Αερισμός.....	85
7.1.2 Εξαναγκασμένος Αερισμός .....	90
7.1.3 Υβριδικά Συστήματα .....	92
Κεφάλαιο 8 .....	93
8. 4M-KENAK .....	94
8.1 Πλεονεκτήματα για το Σχεδιαστικό Περιβάλλον .....	94
8.2 Δυνατότητες που Παρέχει το Πακέτο στον Χρήστη.....	94
8.3 Βήματα που Ακολουθούνται.....	95
Κεφάλαιο 9 .....	115
9. Προσομοίωση Κτηρίων .....	116
9.1 Γενική Περιγραφή Κτηρίου 1 .....	116
9.1.1 Περιγραφή Δομικών Στοιχείων Κτηρίου .....	119
9.1.2 Περιγραφή Ικανών Επεμβάσεων για τη Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης σε Υφιστάμενο Κτήριο στα Χανιά.....	124
9.2 Γενική Περιγραφή Κτηρίου 2 .....	128
9.2.1 Περιγραφή Δομικών Στοιχείων Κτηρίου 2.....	131
9.2.2 Περιγραφή Ικανών Επεμβάσεων για τη Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης σε Υφιστάμενο Κτήριο στο Ρέθυμνο .....	138
9.3 Γενική Περιγραφή Κτηρίου 3 .....	142
9.3.1 Περιγραφή Δομικών Στοιχείων Κτηρίου 3.....	145
9.3.2 Περιγραφή Ικανών Επεμβάσεων για τη Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης σε υπό Ανέγερση Κτήριο στο Λασιθί.....	155

<i>Κεφάλαιο 10</i> .....	160
10. Συμπεράσματα.....	161
11. Βιβλιογραφία .....	162

# Κεφάλαιο 1

## 1. Παθητικό Σπίτι



Εικόνα 1 Ποσοστά απωλειών σε κατοικία.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική [1-2] αφορά στο σχεδιασμό κτηρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών-υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτηρίων. Ειδικότερα, το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους:

- εξοικονόμηση ενέργειας από την σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων,
- δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη
- διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα υψηλά τον χειμώνα (και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι), με αποτέλεσμα την μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά την χρήση του κτηρίου.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών γενικότερα όπως προκύπτει από το βιοκλιματικό σχεδιασμό επιτυγχάνεται στα πλαίσια της



συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτηρίου και της σχέσης κτηρίου- περιβάλλοντος. Η δε θερμική λειτουργία ενός κτηρίου αποτελεί μια δυναμική κατάσταση η οποία:

- Εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους (την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, τη βλάστηση, το σκιασμό από άλλα κτήρια αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτηρίου (κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία κ.λ.π) και

- Βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών στοιχείων και (κατ' επέκταση) των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από την λειτουργία του κτηρίου. Η απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που τον καθιστά ευαίσθητο σε εξωγενείς και μη τεχνικούς παράγοντες.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στηρίζεται στις παρακάτω αρχές:

- Θερμική προστασία των κτηρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτηρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτηρίου και των ανοιγμάτων του.

- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτηρίων 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 απώλειες.

- Προστασία των κτηρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.

- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτήριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός, κυρίως με τον φυσικό αερισμό τις νυχτερινές ώρες.

- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για φυσικό φωτισμό των κτηρίων, ο οποίος θα πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.

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

Τα κτήρια ευθύνονται για το 40% της κατανάλωσης ενέργειας στις περισσότερες χώρες. Η περισσότερη από αυτή την ενέργεια καταναλώνεται για τη θέρμανση και το δροσισμό τους, αλλά σπαταλιέται λόγω ανεπαρκούς μόνωσης. Η χρήση των σωστών τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας (όπως η μόνωση) μπορεί να εξοικονομήσει έως και το 80% της ενέργειας που χρειάζεται για τη θέρμανση και την ψύξη ενός κτηρίου. Σε ένα κτήριο το οποίο δεν είναι επαρκώς μονωμένο, η ζέστη περνάει μέσα από την οροφή και τους τοίχους, αυξάνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση (το χειμώνα) και δροσισμό (το καλοκαίρι). Η σωστά υπολογισμένη τοποθετημένη μόνωση βοηθάει στη δημιουργία ευχάριστης και σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Σύμφωνα με μελέτες, η μόνωση είναι ο πιο

οικονομικός τρόπος για βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτηρίων, σε κάθε κλίμα.

Ανεξάρτητα από το κλίμα ή την περιοχή, τα Παθητικά Κτήρια διατηρούν όλο το χρόνο μια άνετη και ευχάριστη θερμοκρασία με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κτήρια θερμαίνονται παθητικά, δηλαδή κάνουν αποτελεσματική χρήση του ήλιου, των εσωτερικών πηγών θερμότητας και της ανάκτησης θερμότητας, με αποτέλεσμα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης να μην είναι απαραίτητα ακόμη και τις πιο κρύες ημέρες του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το Παθητικό Κτήριο χρησιμοποιεί παθητικές τεχνικές ψύξης, όπως είναι ο σωστός σχεδιασμός σκίασης και νυχτερινού φυσικού αερισμού, προκειμένου να διατηρείται δροσερό. Σε κάθε περίπτωση, τα εξαιρετικής ποιότητας και τεχνολογίας υλικά και ο προσεκτικός σχεδιασμός εγγυώνται ότι οι θερμοκρασίες παραμένουν όλο το χρόνο, σε σταθερά και ευχάριστα για τους ενοίκους / χρήστες επίπεδα.

# Κεφάλαιο 2

## 2. Παράθυρα

Τα υαλοστάσια [3-16] αποτελούνται από τους υαλοπίνακες (τζάμια) και τα πλαίσια, στα οποία προσαρμόζονται οι υαλοπίνακες.

### 2.1 Κουφώματα

Τα εξωτερικά κουφώματα αποτελούν δομικά στοιχεία που συμπληρώνουν τα ανοίγματα των τοίχων. Περίπου το 25% της έκτασης ενός παραθύρου αντιπροσωπεύεται από το πλαίσιό του. Τα κουφώματα ως στοιχεία του εξωτερικού κτηριακού περιβλήματος πρέπει να ικανοποιούν κάποιες απαιτήσεις για την προστασία των εσωτερικών χώρων από τις εξωτερικές επιδράσεις (βροχή, κρύο και ζέστη) να επιτρέπουν το φυσικό φωτισμό, τον αερισμό των χώρων, να εξασφαλίζουν την επιθυμητή οπτική και θερμική άνεση και να επιτρέπουν τη σύνδεση του εσωτερικού με του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος δίνεται από τη σχέση:

$$U_w = (A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g) / A_w \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

όπου

$U_w$ : ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,

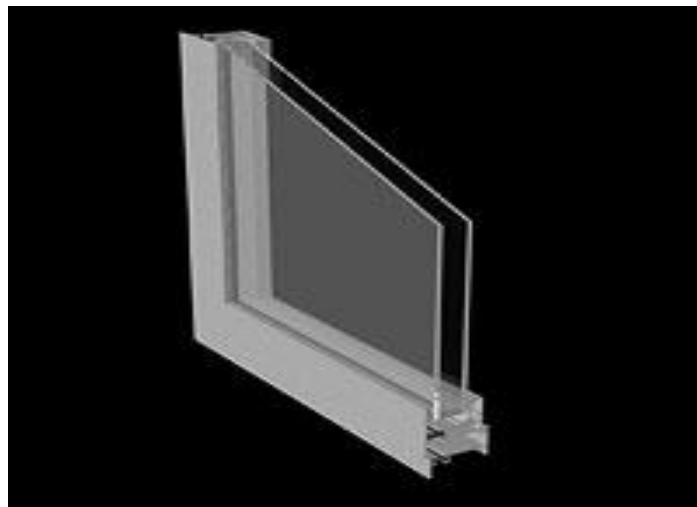
$U_f$ : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου,

$U_g$ : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα,

$A_w$ : το εμβαδό του κουφώματος,

#### 2.1.1 Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο δεν βρίσκεται στη φύση στην καθαρή του μορφή αλλά με τη μορφή οξειδίου ενώ κύριο μέταλλευμα του είναι ο βωξίτης. Μέσω της ηλεκτρολυτικής διαδικασίας όπου δαπανώνται σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας παράγονται τα διάφορα κράματα του.



Εικόνα 2 Τομή κουφώματος αλουμινίου.

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

- Ανθεκτικό στις διαβρωτικές συνθήκες του περιβάλλοντος εφόσον προστατευτεί με την ηλεκτρολυτική ανοδείωση ή με την ηλεκτροστατική βαφή.
- Δυνατότητα κατασκευής σύνθετων διατομών σε ποικίλα χρώματα.
- Δυνατότητα ανακύκλωσης με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.
- Αεροστεγανότητα & υδατοστεγανότητα.
- Ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης.
- Άκαυστο υλικό.
- Χαμηλό συντελεστή διαστολής-συστολής.
- Μεγάλη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις.
- Μεγάλο χρόνο ζωής.
- Δυνατότητα συντήρησης.

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

- Θερμικά αγωγίμο.
- Μειωμένη δυνατότητα επισκευής.
- Υγροποίηση υδρατμών.
- Ενεργοβόρα παραγωγή όπου απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες CO.
- Η εξόρυξη της πρώτης ύλης (βωξίτη) προκαλεί καταστροφή στο περιβάλλον.

Σήμερα το πρόβλημα της θερμοπερατότητας έχει βελτιωθεί με την προσθήκη θερμοδιακοπής επιβαρύνοντας όμως οικονομικά την αξία τους. Ουσιαστικά τοποθετείται ένα κομμάτι πολυαμίδιο (είδος PVC) μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού προφίλ αλουμινίου. Το πολυαμίδιο είναι κακός αγωγός της θερμότητας, περιορίζοντας έτσι τις θερμικές απώλειες διαμέσου του πλαισίου του υαλοστασίου.

#### **2.1.2 Pvc ή Συνθετικά**

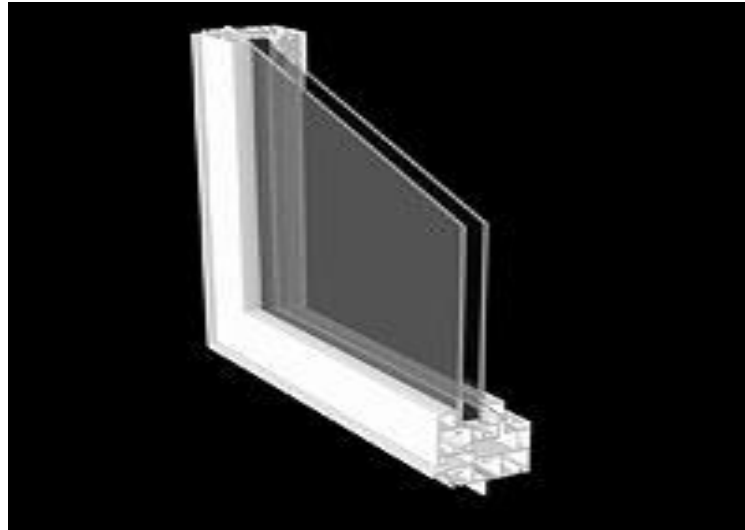
Το μεγαλύτερο ποσοστό του PVC αποτελείται από χλώριο το οποίο υπάρχει στο αλάτι και αιθυλένιο το οποίο υπάρχει στο πετρέλαιο.

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ PVC

- Μεγάλη αντοχή στις καταπονήσεις.
- Μεγάλη αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Δεν διαβρώνονται από το νερό και την υγρασία.
- Θερμομονωτικό.
- Ηχομονωτικό.
- Δυνατότητα συντήρησης.
- Δυνατότητα κατασκευής σύνθετων διατομών σε ποικίλα χρώματα.
- Οικονομικά.
- Ανακυκλώσιμα.
- Αεροστεγανότητα & υδατοστεγανότητα.

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ PVC

- Χαμηλή προστασία από διάρρηξη.
- Αυξημένο συντελεστή συστολής-διαστολής.
- Δεν είναι φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, καθώς το πολυβινυλοχλωρίδιο έχει χειρίστες περιβαλλοντικές επιδόσεις και δημιουργεί σοβαρά προβλήματα σε ολόκληρη τη διάρκεια ζωής του.



Εικόνα 3 Τομή κουφώματος PVC.

### **2.1.3 Ξύλο**

Το ξύλο υπάρχει άφθονο στη φύση και αναπτύσσεται χάρη στην ηλιακή ενέργεια.

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ

- Ελάχιστη ενέργεια για τη διάθεση, μετατροπή, κατασκευή και καταστροφή του.
- Ανακυκλώσιμο υλικό.
- Οικολογικό υλικό.
- Θερμομονωτικό υλικό.
- Ηχομονωτικό υλικό.
- Μεγάλη μηχανική αντοχή (ανάλογα το ξύλο).
- Δυνατότητα κατασκευής σύνθετων διατομών σε ποικίλα χρώματα.
- Αισθητικό αποτέλεσμα.
- Υδατοστεγανότητα.
- Δεν γίνεται υγροποίηση υδρατμών.

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ

- Χαμηλή προστασία από διάρρηξη.
- Απαιτήση τακτικής συντήρησης.
- Μειωμένη αεροστεγανότητα μέσω χαραμάδων που συντελεί όμως στον φυσικό αερισμό του κτηρίου.

- Υψηλό κόστος.
- Μειωμένη αντοχή στο χρόνο.
- Καίγεται εύκολα.



Εικόνα 4 Τομή ξύλινου κουφώματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των παραπάνω πλαισίων, όπως αυτές καθορίζονται από την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) 20701-1/2010.

Πίνακας 1 Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίων

Τύπος πλαισίου	Uf [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	7,00
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	3,50
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm	2,80
Συνθετικό πλαίσιο	2,80
Ξύλινο πλαίσιο	2,20

#### 2.1.4 Clad

Αυτού του είδους τα κουφώματα έχουν ένα ξύλινο πλαίσιο που είναι επικαλυμμένο με αλουμίνιο ή PVC από την εξωτερική πλευρά. Αυτό έχει σαν σκοπό η εξωτερική πλευρά να χρειάζεται ελάχιστη συντήρηση λόγω του αλουμινίου/PVC αλλά παράλληλα να παρέχεται κ η υψηλή θερμομονωτική αξία του ξύλου ενώ όσον αφορά την εσωτερική πλευρά να έχει την αισθητική που παρέχει το ξύλο. Πρακτικά τα clad κουφώματα παρέχουν ένα συνδυασμό πλεονεκτημάτων του ξύλου και του αλουμινίου/PVC.



Εικόνα 5 Τομή κουφώματος clad.

### 2.1.5 Composite

Αυτού του είδους τα κουφώματα παράγονται από συμπιεσμένα σωματίδια ξύλου και ρητίνη για να σχηματιστεί ένα σύνθετο υλικό. Χαρακτηρίζονται για την σταθερότητα τους και τις υψηλές θερμικές και μηχανικές ιδιότητες τους καθώς και για την αντοχή τους στο χρόνο και την υγρασία.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Αντοχή στο χρόνο.
- Αισθητικό αποτέλεσμα.
- Υψηλές θερμικές ιδιότητες.
- Σταθερότητα.
- Υψηλές μηχανικές ιδιότητες.
- Αντοχή στην υγρασία.
- Δυνατότητα κατασκευής σύνθετων διατομών σε ποικίλα χρώματα.
- Μηδενική συντήρηση.
- Εξαιρετικά λεπτό επιτρέποντας το φως να εισέλθει στο χώρο.

#### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ακριβό.
- Νέο υλικό που δεν έχει δοκιμαστεί ακόμα.

### 2.1.6 Fiberglass

Οι πρώτες ύλες για την κατασκευή του fiberglass είναι ο βόρακας, η πυριτική άμμος, ο ασβεστόλιθος, το ανθρακικό νάτριο και άλλα μέταλλα όπως ο άστριος. Αφού συγκεντρωθούν θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες μέχρι να λιώσουν σε έναν κλίβανο. Το τετηγμένο αυτό γυαλί μεταφέρεται σε ένα κανάλι όπου υπάρχουν οπές για τον σχηματισμό των ινών.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Καλή μονωτική αξία.



- Ανακυκλώσιμο.
- Μηδενικό συντελεστή συστολής-διαστολής.
- Ανθεκτικό.
- Ηχομονωτικό.
- Μεγάλο χρόνο ζωής.
- Δυνατότητα κατασκευής σύνθετων διατομών σε ποικίλα χρώματα.
- Ανθεκτικό στις διαβρωτικές συνθήκες του περιβάλλοντος.
- Οικολογικό.
- Προσφέρει αισθητική.

#### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ακριβό.



Εικόνα 6 Τομή κουφώματος fiberglass.

#### **2.1.7 Ανοιγόμενο**

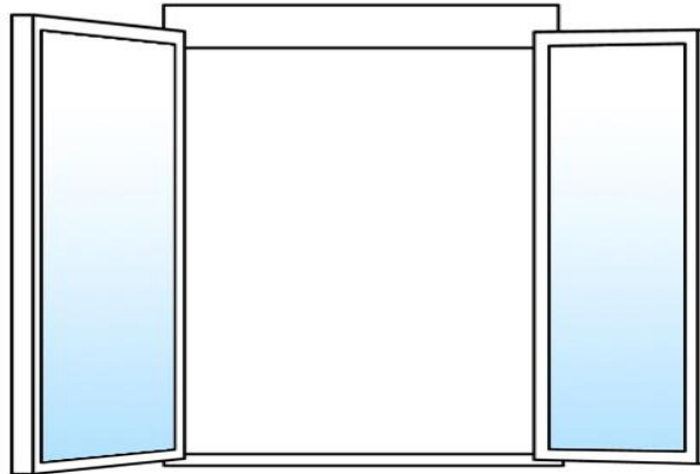
Στα ανοιγόμενα συστήματα τα φύλλα στερεώνονται στις πλαϊνές επιφάνειες του κουφώματος και περιστρέφονται γύρω από αυτόν το σταθερό άξονα τους ενώ μπορεί να τοποθετηθεί και μηχανισμός ο οποίος δίνει την δυνατότητα ανάκλησης.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

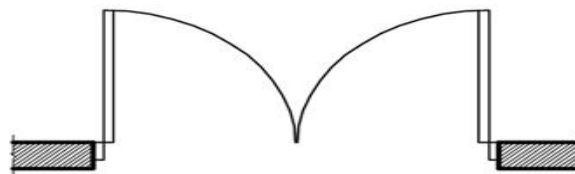
- Καλή θερμομονωτική συμπεριφορά.
- Υδατοστεγανότητα & αεροστεγανότητα.
- Καλύτερες συνθήκες διαβίωσης και εργασίας αφού παρέχουν όλο το άνοιγμα στο χρήστη άρα καλύτερο αερισμό και φωτισμό.
- Ηχομόνωση.
- Ασφάλεια.
- Ποικιλία σχεδίων.
- Δέχονται σήτα, παντζούρι και εξωτερικό ρολό ακόμα και μετά την εφαρμογή τους.

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Υψηλότερο κόστος από τα συρόμενα.
- Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ανοίγματα μεγαλύτερα των δυο μέτρων και δεσμεύουν χώρο για το άνοιγμα τους.



Όψη διπλής ανοιγόμενης πόρτας



κάτοψη

Εικόνα 7 Ανοιγόμενο κούφωμ.

### **2.1.8 Συρόμενο**

Τα συρόμενα διακρίνονται σε χωνευτά στον τοίχο, σε φιλητά όπου η κίνηση γίνεται στον ίδιο άξονα και κλείνουν στο κέντρο του κουφώματος και σε επάλληλα όπου η κίνηση γίνεται σε παράλληλους άξονες.

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Μέγιστη εκμετάλλευση της διαθέσιμης επιφάνειας.
- Χρησιμοποιούνται για μεγάλα ανοίγματα.
- Οικονομικά.
- Παρέχουν το μέγιστο δυνατό άνοιγμα (χωνευτά).
- Δέχονται σήτα, παντζούρι και εξωτερικό ρολό ακόμα και μετά την εφαρμογή τους.

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Χαμηλές θερμομονωτικές ιδιότητες.

- Εμφανίζουν μεγάλη επιφάνεια αλουμινίου η οποία μειώνει την οπτική άνεση (φιλητά).
- Χρειάζεται κατασκευή διπλής τοιχοποιίας με το απαραίτητο διάκενο για την τοποθέτηση του φύλλου (χωνευτά).



Εικόνα 8 Συρόμενο κούφωμα.

## 2.2 Ορισμός Υαλοπίνακα

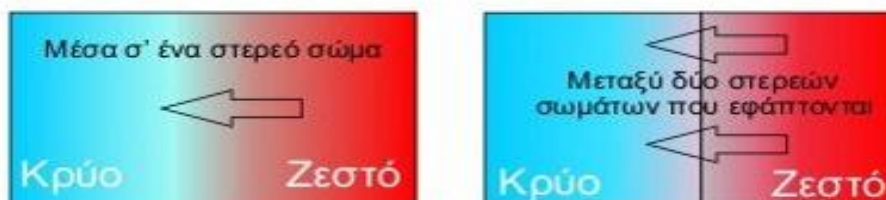
Υαλοπίνακας είναι ένας σύνδεσμος μεταξύ του εσωτερικού χώρου στον οποίο ζούμε και εργαζόμαστε και του εξωτερικού χώρου.

### 2.2.1 Μετάδοση Θερμότητας – Ηλιακό Φάσμα – Δείκτες

Η μετάδοση θερμότητας διαμέσου ενός παραθύρου γίνεται με 3 τρόπους εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας.

**Αγωγή:** Η θερμότητα μεταφέρεται από το ένα μόριο στο επόμενο μέσα στο ίδιο στερεό σώμα η σε εφάπτομενα μεταξύ τους.

### Μεταφορά θερμότητας με αγωγή (επαφή) Heat transfer by conduction



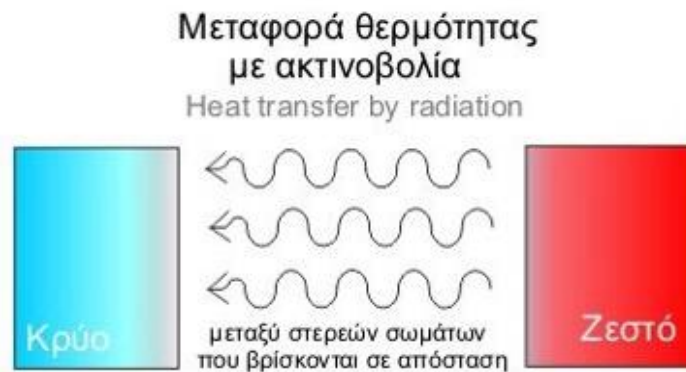
Εικόνα 9 Μεταφορά θερμότητας με αγωγή.

**Συναγωγή:** Η θερμότητα μεταφέρεται μεταξύ μιας επιφανείας ενός στερεού και ενός υγρού/αερίου σώματος με την κίνηση των μορίων μέσω της κυκλοφορίας.



Εικόνα 10 Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή.

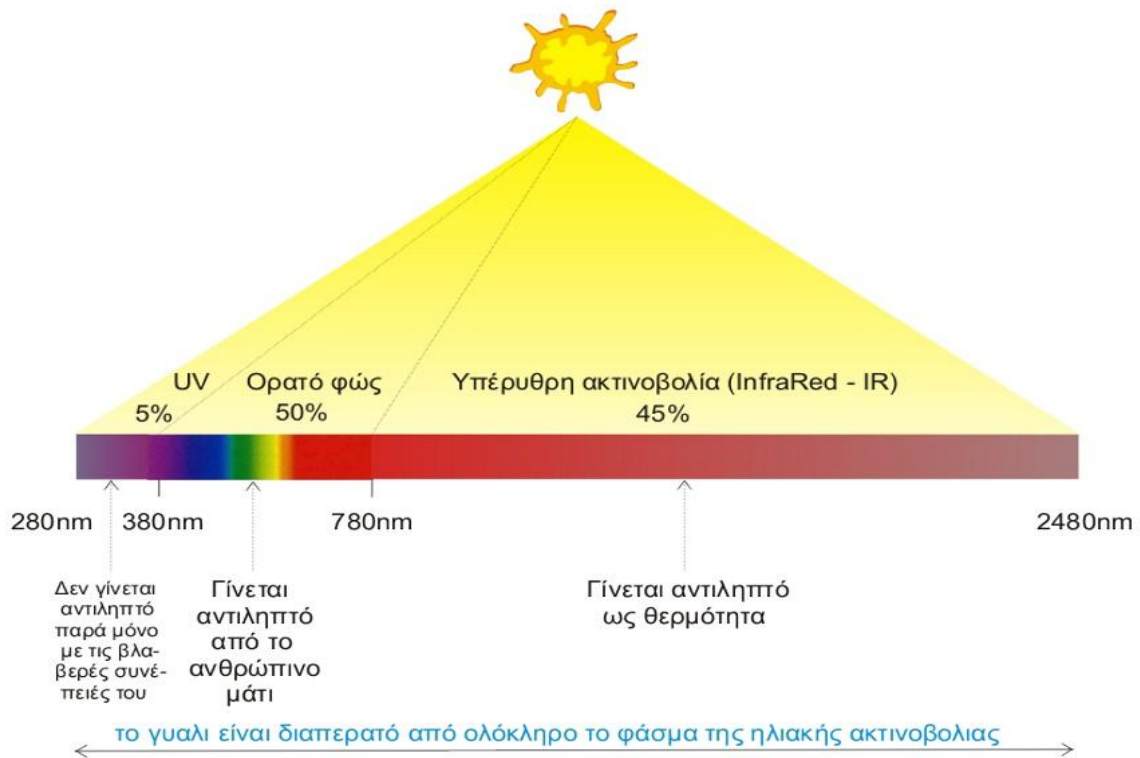
**Ακτινοβολία:** Κάθε θερμό σώμα εκπέμπει ενέργεια με την μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διασχίζουν τις ελεύθερες περιοχές (αέρα, κενό) και όταν συναντήσουν εμπόδιο αφήνουν επάνω του μέρος της ενέργειας του.



Εικόνα 11 Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία.

Το ηλιακό φάσμα που προσπίπτει στην ατμόσφαιρα της γης εκτίνεται από την υπεριώδη ακτινοβολία (UV) μέχρι την υπέρυθη ακτινοβολία (IR).

## ΗΛΙΑΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΦΑΣΜΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ Solar spectrum



Εικόνα 12 Ηλιακό ενεργειακό Φάσμα.

Το ηλιακό φάσμα χωρίζεται σε:

1. Υπεριώδης ακτινοβολία (UV).
2. Ορατό φως.
3. Υπέρυθη ακτινοβολία.

Η υπεριώδης ακτινοβολία (ultra violet):

1. Έχει μήκος κύματος 100-380nm.
2. Αποτελείται από τα τμήματα (UVA, UVB, UVC).
3. Η UVA προκαλεί δυσάρεστες συνέπειες στην υγεία και ευθύνεται για το ξεθώριασμα των αντικειμένων.
4. Η UVB & UVC προκαλούν προβλήματα στο περιβάλλον.

Το ορατό φως:

1. Χωρίζεται σε επιμέρους ζώνες τις οποίες το ανθρώπινο μάτι τις αντιλαμβάνεται ως διαφορετικά χρώματα.
2. Έχει μήκος κύματος 380-780nm.

Η υπέρυθη ακτινοβολία:

1. Είναι γνωστή ως θερμότητα ή θερμική ακτινοβολία.
2. Είναι υπεύθυνη για το 50% της θέρμανσης του πλανήτη μας.
3. Έχει μήκος κύματος μεγαλύτερο από 750nm.

Για να κατανοήσουμε πόση ποσότητα περνάει από κάθε ακτινοβολία από τους υαλοπίνακες υπάρχουν 3 αντίστοιχοι δείκτες.

Για την υπεριώδη ακτινοβολία υπάρχει ο δείκτης U factor ή θερμική διαπερατότητα.

U factor:

- Η θερμοπερατότητα ενός υαλοπίνακα εκφράζεται με τον δείκτη U.
- Μετράει τη θερμότητα η οποία δραπτετεύει συνολικά με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία (watt) μέσω ενός υαλοπίνακα ( $m^2$ ) από την θερμότερη στην ψυχρότερη πλευρά για  $1^\circ K$ . Μετριέται δηλαδή σε  $W/m^2 K$ .
- Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του δείκτη U τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στη ροή θερμότητας.
- Επηρεάζεται κυρίως από το συνολικό αριθμό των υαλοπινάκων, τη διάσταση τους, τον τύπο του αερίου μέσα στην κοιλότητα τους, την ταχύτητα του αέρα και το υλικό από το οποίο αποτελείται το κούφωμα.

Για το ορατό φως υπάρχει ο δείκτης VT:

VT:

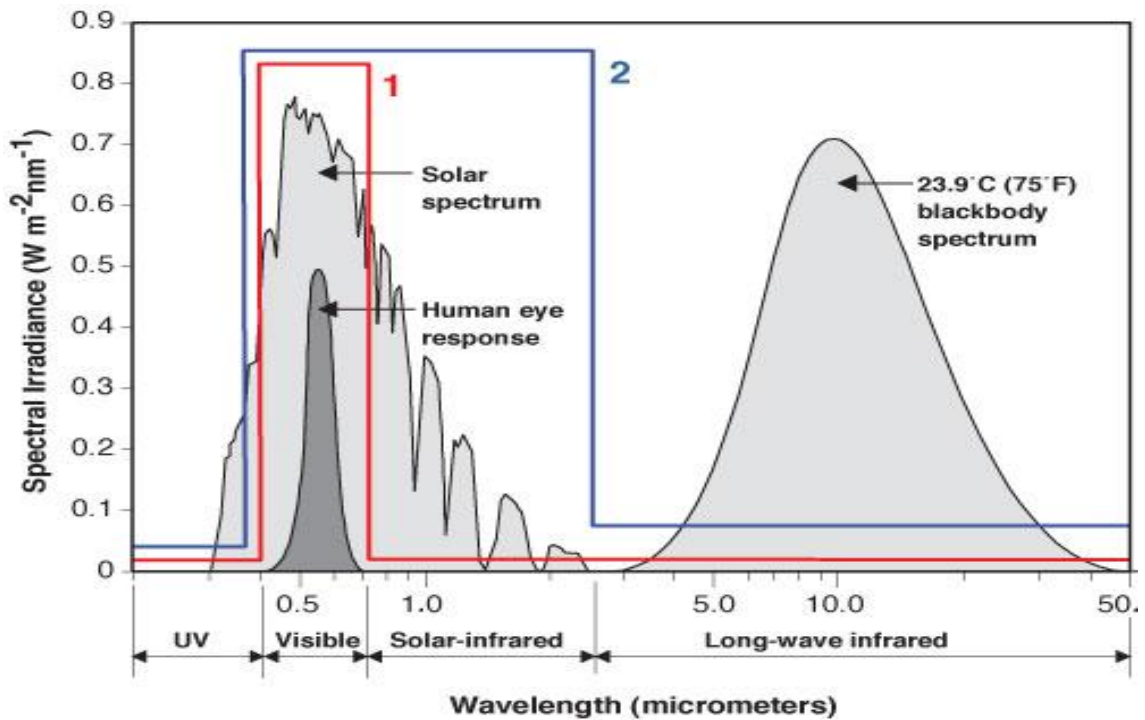
- Η ορατή διαπερατότητα είναι η ποσότητα του φωτός που περνάει μέσα από ένα υλικό.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του VT τόσο περισσότερο φως περνάει σε ένα χώρο.
- Η ορατή διαπερατότητα κυμαίνεται από 10% - 90%.
- Επηρεάζεται από τον τύπο υαλοπινάκων, τον αριθμό των υαλοπινάκων, και τυχόν επικαλύψεις γυαλιού

Για τη υπεριώδη ακτινοβολία υπάρχει ο δείκτης SHGC (solar heat gain coefficient):

SHGC:

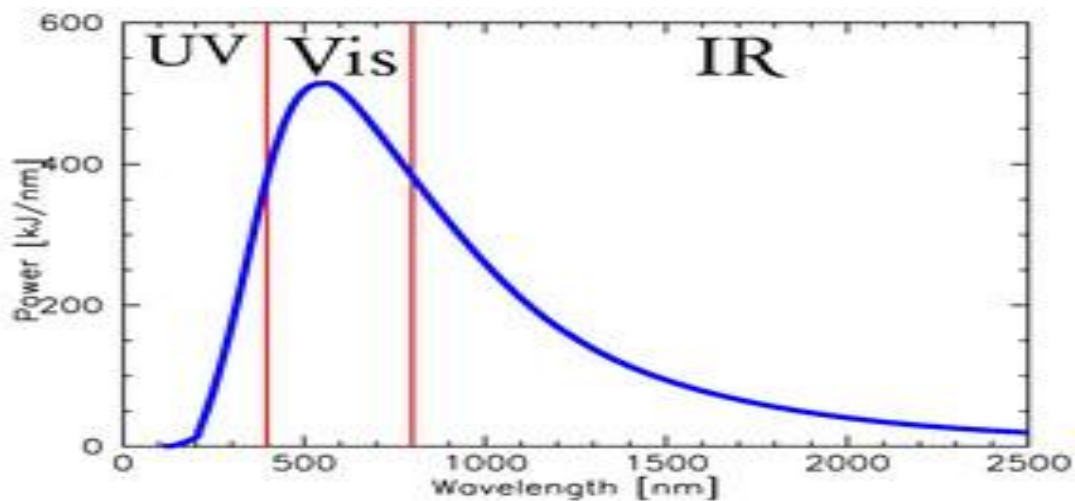
- Ο συντελεστής κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας είναι η ποσότητα της θερμότητας από τον ήλιο η οποία περνάει μέσα από τον υαλοπίνακα σε ένα κτήριο.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή τόσο μεγαλύτερη θερμότητα εισέρχεται από το τζάμι.
- Επηρεάζεται από τον τύπο υαλοπινάκων, τον αριθμό των υαλοπινάκων, και τυχόν επικαλύψεις γυαλιού.
- Κυμαίνεται από 20% (εξαιρετικά ανακλαστικές επιστρώσεις) μέχρι 80% (για διαφανές υαλοπίνακα).

Συνοψίζοντας εμείς επιθυμούμε την ελάχιστη τιμή σε δείκτη U και στον SHGC και την μέγιστη στο δείκτη VT. Άρα το ιδανικό ηλιακό φάσμα θα ήταν όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 13 Ιδανικό Ηλιακό Φάσμα.

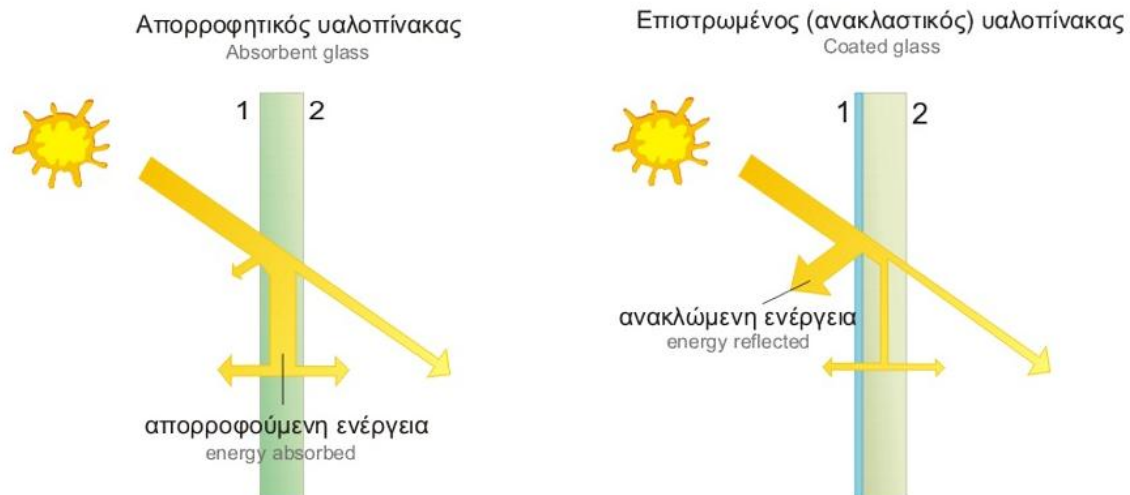
Όμως επειδή οι δείκτης αλληλοεπηρεάζονται το ηλιακό φάσμα είναι κάπως έτσι:



Εικόνα 14 Υφιστάμενο Ηλιακό Φάσμα.

### 2.2.2 Τύπος υαλοπίνακα για έλεγχο ηλιακής ακτινοβολίας

Οι άνθρωποι μπορούν να παρέμβουν στους υαλοπίνακες και να μεταβάλλουν α) την ποσότητα του εισερχόμενου φυσικού φωτός και β) την ποσότητα της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας (θερμότητας). Τα τζάμια που ελέγχουν την ηλιακή ακτινοβολία είναι α) οι απορροφητικοί υαλοπίνακες και β) οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες.



Εικόνα 15 Διαχείριση Ηλιακής ακτινοβολίας από απορροφητικούς – ανακλαστικούς υαλοπίνακες.

### 2.2.2.1 Απορροφητικοί

- Οι απορροφητικοί υαλοπίνακες έχουν την ιδιότητα να συγκρατούν μεγαλύτερο μέρος ηλιακής ακτινοβολίας η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα αυξάνοντας την θερμοκρασία αυτών.
- Επιτυγχάνεται μείωση του διερχόμενου φωτός που συνεπάγεται μείωση της ηλιακής ενέργειας.
- Τοποθετούνται από την εξωτερική πλευρά ενός διπλού υαλοπίνακα ώστε η συσσωρευμένη θερμότητα να διαχέεται προς το περιβάλλον.
- Όταν απορροφούν την υπεριώδη ή την υπέρυθη ακτινοβολία δεν υπάρχει καμία αλλαγή στην οπτική εμφάνιση ενώ όταν απορροφούν ορατό φως το γυαλί εμφανίζεται σκοτεινότερο.
- Μειονέκτημα αυτών είναι ο κίνδυνος θερμικού σοκ το οποίο προκαλείται από την ανομοιόμορφη έκθεση της επιφάνειας του γυαλιού στην ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό οδηγεί σε μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές και τελικά στην θραύση του.

### 2.2.2.2 Ανακλαστικοί

- Αυτού του είδους οι υαλοπίνακες έχουν επιστρωθεί με λεπτά, αόρατα στρώματα μεταλλικών οξειδίων που έχουν την ικανότητα να ανακλούν μεγάλο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.
- Έχουν σκοπό τη μείωση του θερμικού κέρδους.
- Λειτουργούν σαν καθρέπτης στη μεριά που υπάρχει περισσότερο φως.
- Υπάρχουν αρκετοί χρωματισμοί οι οποίοι πετυχαίνονται συνδυάζοντας διαφορετικά πάχη επιστρώσεων και διαφορετικά υλικά επίστρωσης.
- Ανάλογα με τη μέθοδο επίστρωσης οι επιστρωμένοι υαλοπίνακες χωρίζονται σε 2 κατηγορίες:



1. Σε υαλοπίνακες σκληρής επίστρωσης των οποίων η επίστρωση γίνεται κατά τη διάρκεια της παραγωγής τους γι' αυτό επικαλούνται και online. Προτέρημα αυτών είναι ότι είναι ανθεκτικοί σε μηχανικές καταπονήσεις.

2. Σε υαλοπίνακες μαλακής επίστρωσης των οποίων η επίστρωση γίνεται σε χωριστή φάση από την παραγωγή γι' αυτό και αποκαλούνται offline. Μειονέκτημα αυτών είναι η ευαισθησία τους σε μηχανικές καταπονήσεις. Έτσι απαιτούν προσοχή και τοποθέτηση από την εσωτερική πλευρά.

- Το αποτέλεσμα εξαρτάται από τον τύπο του υαλοπίνακα, την ποιότητα της επιφάνειας του υαλοπίνακα, την παρουσία επιστρώσεων και την γωνία πρόσπτωσης του φωτός.

### 2.2.3 Επίστρωση Low-E

- Η Low-e επίστρωση είναι ένα μικροσκοπικώς λεπτό, αόρατο στρώμα μετάλλων ή μεταλλικών οξειδίων.

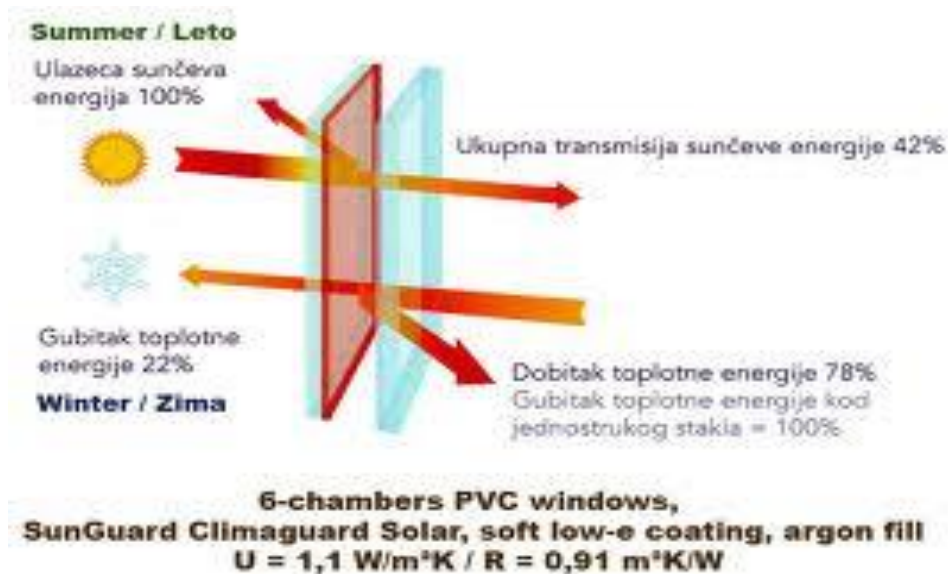
- Χρησιμοποιείται κυρίως για την μείωση του παράγοντα U αφού μειώνοντας την εκπομπή του παραθύρου βελτιώνονται οι μονωτικές του ικανότητες.

- Υπάρχουν διάφοροι τύποι low-e επίστρωσης π.χ για να επιτρέπουν υψηλό ηλιακό κέρδος, μέτριο ηλιακό κέρδος ή χαμηλό ηλιακό κέρδος ανάλογα με το κλίμα που επικρατεί σε έναν τόπο.

- Ένας κοινός υαλοπίνακας επανεκπέμπει την θερμότητα που αποκτά προς την ψυχρότερη περιοχή π.χ προς τα έξω το χειμώνα με αποτέλεσμα να χάνεται ενέργεια. Η ιδιότητα αυτή των σωμάτων λέγεται ικανότητα εκπομπής και εκφράζεται με την τιμή  $e$  η οποία δηλώνει το ποσοστό της επανεκπεμπόμενης ενέργειας.

- Πρακτικά οι επιστρωμένοι υαλοπίνακες συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας το χειμώνα αφού επανεκπέμπουν στο εσωτερικό του χώρου την ενέργεια ενώ παράλληλα το καλοκαίρι επανεκπέμπουν προς το περιβάλλον την ενέργεια απωθώντας τη ζέστη απ' το εσωτερικό του κτηρίου.

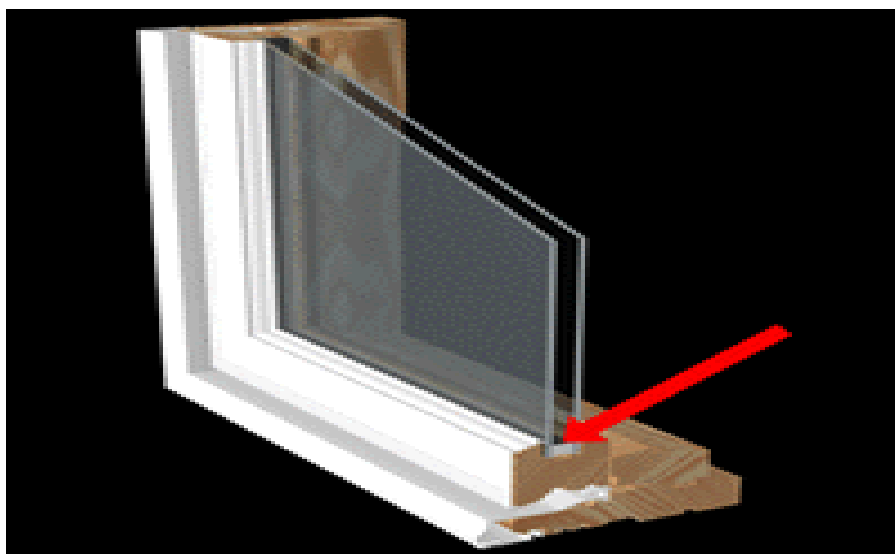
- Τα low-e  $2^{ns}$  γενιάς παρέχουν ένα χαμηλό συντελεστή U αλλά είναι σχεδιασμένα να αντανakλούν την ηλιακή υπέρυθη ακτινοβολία μειώνοντας έτσι τον συντελεστή SHGC ενώ παρέχει υψηλά επίπεδα ορατού φωτός.



Εικόνα 16 Διαχείριση ηλιακής ακτινοβολίας από υαλοπίνακες με επίστρωση low-e τον χειμώνα και το καλοκαίρι.

#### 2.2.4 Αέριο

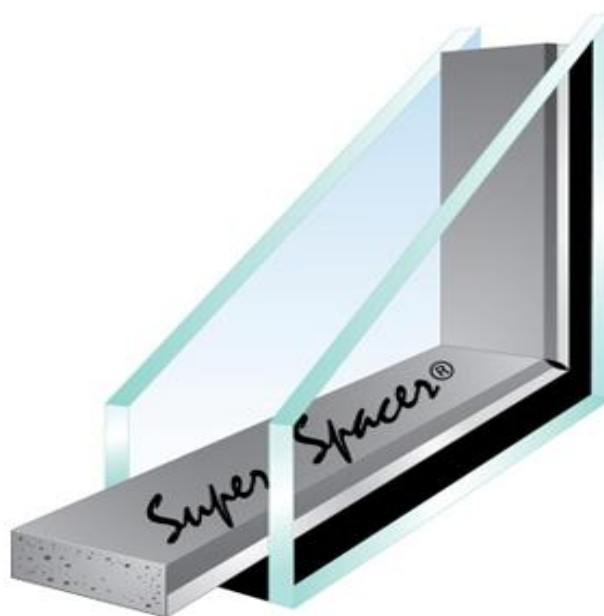
Μια βελτίωση που μπορεί να γίνει για την θερμική απόδοση των υαλοστασίων είναι να μειωθεί η αγωγιμότητα του αέρα μεταξύ των υαλοπινάκων. Ο ξηρός αέρας που είναι εγκλωβισμένος στο διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων μπορεί να αντικατασταθεί με αέριο λιγότερο αγωγίμο ώστε να αυξάνεται η θερμική αντίσταση. Μ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται η συνολική μεταφορά θερμότητας από τον εξωτερικό στον εσωτερικό χώρο. Οι κατασκευαστές σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούν συνήθως αργόν και κρυπτόν. Και τα δυο είναι μη τοξικά, άοσμα και αδρανή. Το κρυπτόν έχει καλύτερη θερμική απόδοση ( $9,5 \text{ mW/m K}$ ) από το αργόν ( $18 \text{ mW/m K}$ ) αλλά είναι πιο ακριβό. Τέλος ένα άλλο αέριο το οποίο δεν είναι ευρέως διαδεδομένο λόγω της υψηλής του τιμής είναι το κηπον όπου παρέχει όμως την καλύτερη θερμική απόδοση ( $5,5 \text{ mW / m K}$ ).



Εικόνα 17 Τοποθέτηση αερίου στο διάκενο.

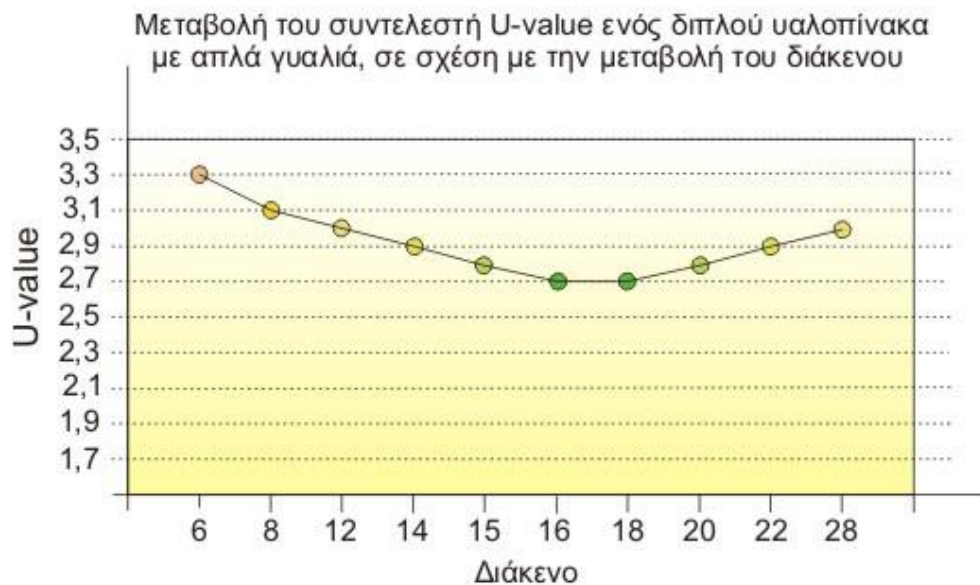
### 2.2.5 Αποστάτες

Αποστάτες είναι τα συστατικά που χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό των υαλοπινάκων. Παραδοσιακά, οι αποστάτες κατασκευάζονται από μέταλλα, ιδιαίτερα από αλουμίνιο, τα οποία όμως έχουν πολύ υψηλή θερμική αγωγιμότητα. Επί του παρόντος οι διαχωριστές κατασκευάζονται από λιγότερο αγώγιμα υλικά για να παρέχουν μεγαλύτερη θερμική μόνωση. Σήμερα οι πιο συνηθισμένοι αποστάτες είναι κατασκευασμένοι από αφρό, από θερμοπλαστικό και από fiberglass. Χαρακτηριστικό των παραπάνω υλικών είναι η χαμηλή τους θερμική αγωγιμότητα, η στεγανότητα τους και η μείωση της υγρασίας λόγω των ξηραντικών ουσιών που περιέχουν.



Εικόνα 18 Αποστάτες υαλοπινάκων.

Όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω όσο μεγαλώνει το διάκενο τόσο βελτιώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του διπλού υαλοπίνακα. Αυτό όμως συμβαίνει μέχρι ένα ορισμένο σημείο που είναι τα 16-18mm. Αρα διάκενο πάνω από 18mm όχι μόνο δεν ωφελεί αλλά αντιθέτως μειώνει την θερμομονωτική ικανότητα του υαλοστασίου.



Εικόνα 19 Διάγραμμα μεταβολής συντελεστή U-Value σε σχέση με το διάκενο.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τους συντελεστές θερμοπερατότητας διπλών και τριπλών υαλοστασίων με διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο.

Πίνακας 2 Συντελεστές θερμοπερατότητας υαλοστασίων.

Υαλοστάσια			Συντελεστής θερμοπερατότητας U για διαφορετικούς τύπους αερίων				
Τύπος	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (ε)	Διαστάσεις (mm)	Αέρας (air)	Αργό (Argon)	Κρυπτόν (Krypton)	Ξένον (Xenon)
Διπλά υαλοστάσια	Χωρίς προστασία (συνήθεις υαλοπίνακες)	0.89	4-6-4	3.3	3.0	2.8	2.6
			4-8-4	3.1	2.9	2.7	2.6
			4-12-4	2.8	2.7	2.6	2.6
			4-16-4	2.7	2.6	2.6	2.6
			4-20-4	2.7	2.6	2.6	2.6
	Με προστασία στη μία πλευρά	< 0.2	4-6-4	2.7	2.3	1.9	1.6
			4-8-4	2.4	2.1	1.7	1.6
			4-12-4	2	1.8	1.6	1.6
			4-16-4	1.8	1.6	1.6	1.6
			4-20-4	1.8	1.7	1.6	1.6
Τριπλά υαλοστάσια	Χωρίς προστασία (συνήθεις υαλοπίνακες)	0.89	4-6-4-6-4	2.3	2.1	1.8	1.7
			4-8-4-8-4	2.1	1.9	1.7	1.6
			4-12-4-12-4	1.9	1.8	1.6	1.6
	Με προστασία στη μία πλευρά	<0.2	4-6-4-6-4	1.8	1.5	1.1	0.9
			4-8-4-8-4	1.5	1.3	1.0	0.8
			4-12-4-12-4	1.2	1.0	0.8	0.8

### 2.2.6 Υαλοπίνακες Ασφαλείας

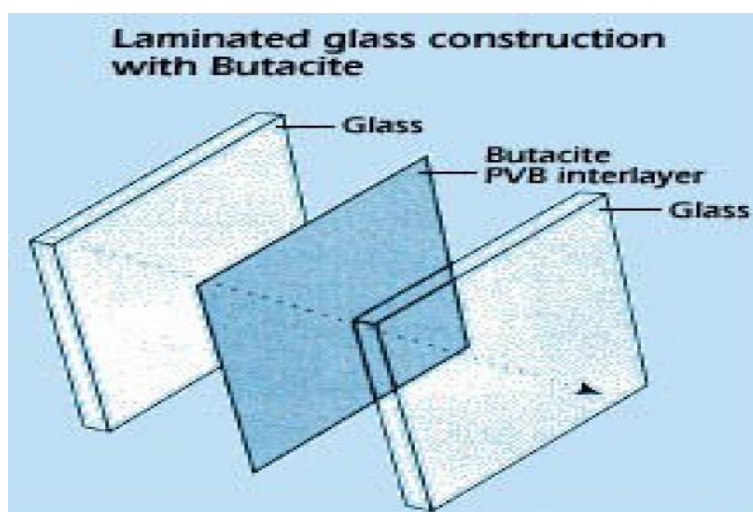
Οι υαλοπίνακες σύγχρονης τεχνολογίας μπορεί, παρά την όψη τους, να είναι εξαιρετικά ανθεκτικοί. Μπορούν να προσφέρουν προστασία από τραυματισμούς, κλοπές και όπλα.

Για την κάλυψη αυτών των αναγκών υπάρχουν 3 κατηγορίες υαλοπινάκων ασφαλείας:

- Υαλοπίνακες ασφαλείας ελασματοποιημένοι (laminated ή triplex).
- Υαλοπίνακες ασφαλείας θερμικής σκλήρυνσης (securit ή tempered).
- Υαλοπίνακες αντιβανδαλιστικοί.

#### Υαλοπίνακες ασφαλείας ελασματοποιημένοι (laminated ή triplex)

Αποτελούνται από δύο ή περισσότερα φύλλα γυαλιού κολλημένα μεταξύ τους με ένα ή περισσότερα διαστρώματα μεμβρανών πολυβινυλοβουτιράλιου (PVB) εξαιρετικής αντοχής. Σε περίπτωση θραύσης, τα θραύσματα θα παραμείνουν κολλημένα στην PVB μεμβράνη. Σε πλήρως πλαισιωμένη εγκατάσταση τα θραύσματα γυαλιού θα συγκρατούνται και το γυαλί θα διατηρεί μια παραμένουσα αντοχή έως ότου αντικατασταθεί.



Εικόνα 20 Υαλοπίνακες ασφαλείας ελασματοποιημένοι.

#### Υαλοπίνακες ασφαλείας θερμικής σκλήρυνσης (securit ή tempered)

Πρόκειται για υαλοπίνακες που έχουν υποστεί θερμική σκλήρυνση. Έτσι έχουν αυξημένη αντοχή σε διαμητικές και εφελκυστικές τάσεις καθώς επίσης και σε μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι κατά την θραύση τους διασκορπίζονται σε πολύ μικρά μη αιχμηρά τεμάχια μειώνοντας τον κίνδυνο τραυματισμού.



Εικόνα 21 Υαλοπίνακες ασφαλείας θερμικής σκλήρυνσης.

#### Υαλοπίνακες αντιβανδαλιστικοί

Αποτελούνται από υαλόφυλλα συγκολλημένα μεταξύ τους με ειδική μεμβράνη. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι συνεχίζουν να αποτελούν εμπόδιο δύσκολο να διαπεραστούν ακόμα και με επαναλαμβανόμενα χτυπήματα αποτρέποντας έτσι βανδαλισμούς και διαρρήξεις.



Εικόνα 22 Αντιβανδαλιστικοί υαλοπίνακες.

#### 2.2.7 Υαλοπίνακες Αισθητικής

Οι υαλοπίνακες αισθητικής συνδυάζουν την εξοικονόμηση ενέργειας με την αισθητική και την οπτική άνεση. Χωρίζονται σε:

- ανάγλυφοι υαλοπίνακες: είναι ημιδιαφανείς και διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία ανάγλυφων διακοσμητικών σχεδίων, στη μια ή και στις δυο πλευρές του γυαλιού. Περιορίζουν σημαντικά την οπτική επαφή, αλλά επιτρέπουν το φυσικό φωτισμό.
- έγχρωμοι υαλοπίνακες: αποκτούν με χημική επεξεργασία πράσινες, μπλε, γκρι, και μπρονζέ αποχρώσεις και περιορίζουν το φυσικό φωτισμό.
- αμμοβολή: είναι μέθοδοι κατά τις οποίες δημιουργούνται ημιδιαφανείς επιφάνειες στον υαλοπίνακα, σε οποιονδήποτε σχηματισμό, προσφέροντας παράλληλα τη δυνατότητα περιορισμού της οπτικής επαφής και του φωτισμού.
- μεταξοτυπία: είναι η μέθοδος κατά την οποία μπορεί να δημιουργηθεί οποιοδήποτε σχέδιο ή εικόνα στην επιφάνεια του υαλοπίνακα με κεραμικά χρώματα. Ο υαλοπίνακας υποβάλλεται σε υψηλή θερμοκρασία, η οποία παράλληλα αυξάνει την αντοχή του, ενώ τα χρώματα λειώνουν μερικώς μέσα στο γυαλί και σταθεροποιούνται.
- Πολυεπίπεδοι υαλοπίνακες: αποτελούνται από δυο τουλάχιστον υαλόφυλλα, μεταξύ των οποίων εφαρμόζεται ειδική μεμβράνη με την αναπαράσταση οποιοδήποτε σχεδίου, εικόνας ή χρωματισμού. Υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής διαφορετικής παράστασης στις δυο όψεις του υαλοπίνακα.

### 2.2.8 Υαλοπίνακες Μέλλοντος

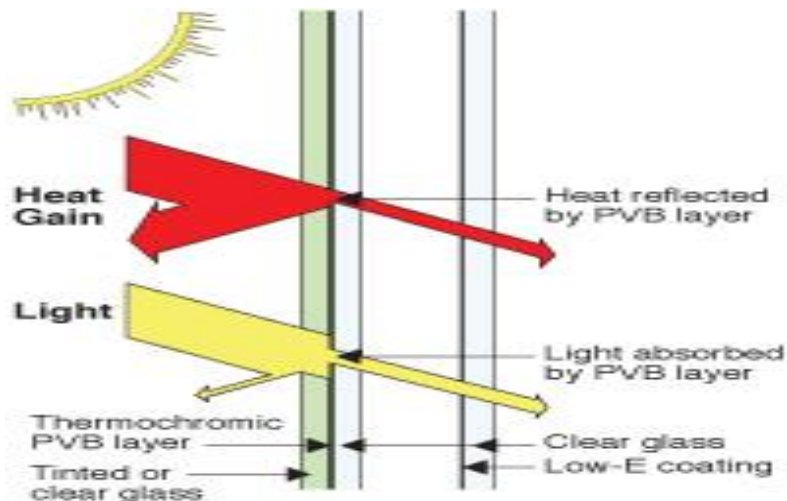
- Οι υαλοπίνακες του μέλλοντος μελετώνται πολλές δεκαετίες αλλά τα πρώτα κομμάτια κάνουν την εμφάνισή τους τα τελευταία χρόνια στην αγορά.
- Χαρακτηριστικό τους είναι ότι προσαρμόζονται στις κλιματικές αλλαγές του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου.
- Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: (φωτο- , θερμο- , και ηλεκτρο-) χρωμικοί, υγρών κρυστάλλων και αιωρούμενων σωματιδίων.

#### ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΟΙ

- Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοδιαπερατότητά τους μειώνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας.
- Περιορίζουν την αντανάκλαση του ηλίου, αλλά δεν ελέγχουν την αύξηση της θερμότητας. Αυτό συμβαίνει γιατί η ποσότητα του φωτός που χτυπά ένα παράθυρο δεν συμπίπτει κατ' ανάγκη με την ποσότητα της ηλιακής θερμότητας που απορροφά. Επειδή ο ήλιος είναι χαμηλότερα στον ουρανό κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών χτυπάνε περισσότερες ακτίνες από ό, τι το καλοκαίρι, όταν ο ήλιος βρίσκεται ψηλότερα στον ουρανό. Στην περίπτωση αυτή, γίνεται πιο σκούρο το χειμώνα που η ηλιακή θερμότητα είναι ωφέλιμη παρά το καλοκαίρι.

#### ΘΕΡΜΟΧΡΩΜΙΚΟΙ

- Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι.
- Φέρουν διαφανές φιλμ, το οποίο όταν αποκτήσει θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτή του εσωτερικού χώρου μετατρέπεται σε αδιαφανές, αντανακλώντας την ηλιακή ακτινοβολία και επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση μόνο όταν η θερμοκρασία αποκτήσει το δέον επίπεδο. Έτσι ελαχιστοποιείται το κέρδος από την ηλιακή ενέργεια τους καλοκαιρινούς μήνες, αυξάνει το φυσικό φωτισμό, αποτρέπει το ξεθώριασμα των υφασμάτων και συμβάλλει στη μείωση της αντανάκλασης.
- Επειδή δεν υπάρχει οπτική δυνατότητα μέσα από το παράθυρο όταν χάνει τη διαφάνειά του, είναι ίσως καταλληλότερο για φεγγίτες αντί για παράθυρα που παρέχουν θέα.



Εικόνα 23 Θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες.

### ΗΛΕΚΤΡΟΧΡΩΜΙΚΟΙ

- Εφαρμόζονται σε όλα τα είδη κουφωμάτων.
- Μπορούν να σκιάζονται από το εσωτερικό τους με το πάτημα ενός κουμπιού όποτε αυτό είναι επιθυμητό.
  - Η εσωτερική πλευρά του τζαμιού που βρίσκεται προς τον εξωτερικό χώρο είναι επενδυμένη με στρώματα λεπτών κεραμικών ανόργανων υλικών. Το μεταλλικό πλαίσιο στο οποίο στερεώνονται είναι σε επαφή με τα τζάμια και συνεργάζεται με τις επιστρώσεις. Από την παραπάνω μονάδα εξέρχεται ένα καλώδιο χαμηλής τάσης το οποίο ενεργοποιεί τη σκίαση όταν εφαρμόζεται ηλεκτρισμός, τότε τα ιόντα και τα ηλεκτρόνια μετακινούνται μεταξύ των στρώσεων σκουραίνοντας το τζάμι.
  - Οι επιστρώσεις αυτές συμβάλλουν σημαντικά στον περιορισμό της ποσότητας της ηλιακής ενέργειας που περνά στο εσωτερικό του κτηρίου. Επίσης λειτουργούν ως υλικά χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας και έτσι κρατούν υψηλά ποσοστά θερμότητας στο εσωτερικό του κτηρίου το χειμώνα και τέλος περιορίζουν τις ανακλάσεις στο εσωτερικό.

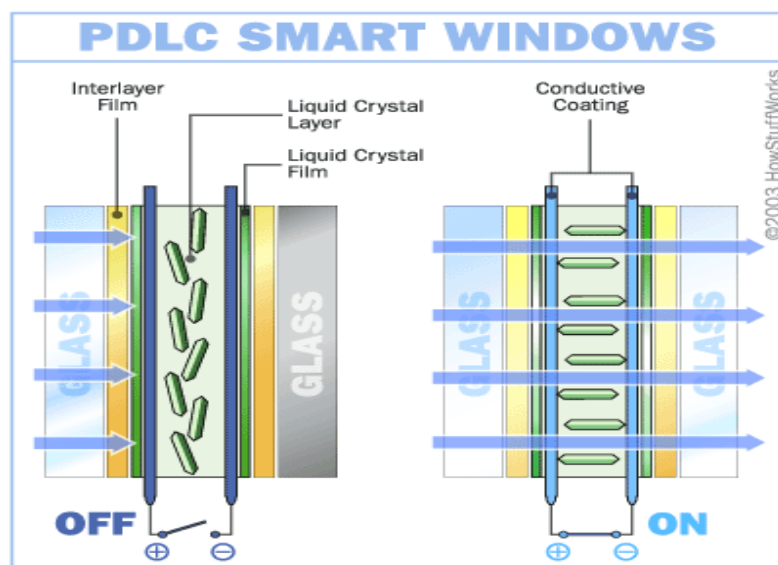




Εικόνα 24 Ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες.

### ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

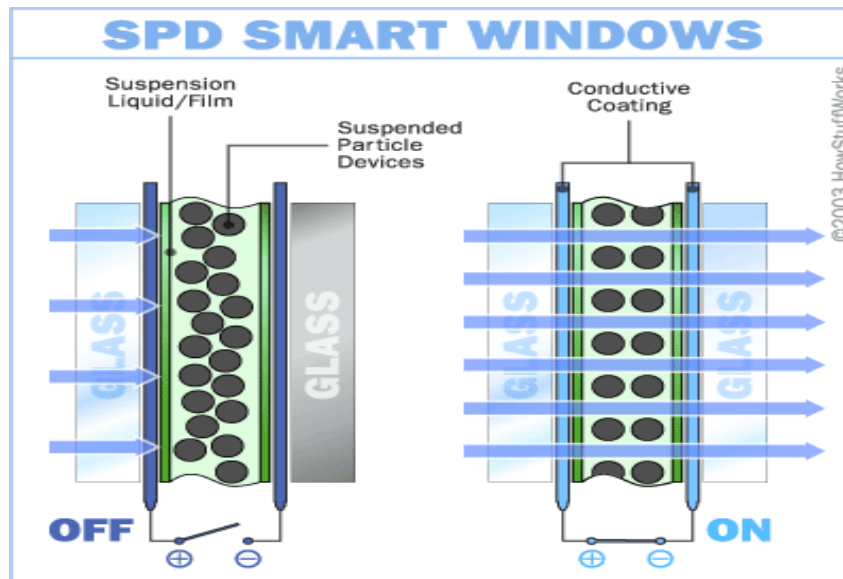
- Με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς.
- Χρησιμοποιούνται κυρίως για την προστασία της ιδιωτικής ζωής και όχι τόσο για εξοικονόμηση ενέργειας .
- Ο ελασματοποιημένος υαλοπίνακας (laminated) περιέχει δύο λευκά ή έγχρωμα γυαλιά και μία μεμβράνη υγρών κρυστάλλων ενσωματωμένη ανάμεσα σε δύο πλαστικά διαστρώματα. Χρειάζεται μόνο ένας απλός ηλεκτρικός διακόπτης που διενεργεί τη μετάβαση από το διάφανο στο αδιάφανο. Στη θέση OFF, οι υγροί κρύσταλλοι δεν είναι προσανατολισμένοι κι ευθυγραμμισμένοι κάνοντας έτσι το γυαλί αδιαφανές. Αυτό εμποδίζει την θέα, αλλά επιτρέπει φως να περάσει μέσα από το γυαλί. Όταν συνδέεται με ηλεκτρικό ρεύμα και τίθεται σε θέση ON, οι υγροί κρύσταλλοι προσανατολίζονται κι ευθυγραμμίζονται μετατρέποντας το γυαλί σε διαφανές κι επιτρέποντας την θέα μέσα από αυτό.



Εικόνα 25 Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων.

## ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

- Πρόκειται για μια ηλεκτρικά ελεγχόμενη μεμβράνη που χρησιμοποιεί ένα στρώμα υγρού στο οποίο αιωρούνται πολυάριθμα μικροσκοπικά σωματίδια. Στην ανενεργό κατάσταση όταν δηλαδή δεν υπάρχει τάση τα σωματίδια είναι τυχαία προσανατολισμένα και έτσι μπλοκάρει το φως του ήλιου. Ενώ όταν μια ηλεκτρική τάση εφαρμόζεται τα σωματίδια ευθυγραμμίζονται έτσι ώστε το φως να περάσει μέσα.



Εικόνα 26 Υαλοπίνακες αιωρούμενων σωματιδίων.

## Κεφάλαιο 3

### 3. Μόνωση

Με την πρόβλεψη για θερμομόνωση [8-9], [12], [17-20] στις κτηριακές κατασκευές λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να παρεμποδίζεται η διαφυγή της θερμικής ενέργειας από ένα χώρο προς την ατμόσφαιρα ή προς ένα άλλο, ψυχρότερο γειτονικό χώρο - ή αντίστροφα. Μ' αυτό τον τρόπο δημιουργείται αίσθημα θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτηρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η θερμομόνωση σ' ένα κτήριο, ουσιαστικά παρέχει σ' αυτό ένα «προστατευτικό περίβλημα» το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του. Το χειμώνα μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτήριο και το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό. Η μείωση των θερμικών διαφυγών από και προς τους εσωτερικούς χώρους ενός κτηρίου έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας με την οποία τροφοδοτούνται τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Πρέπει να τονιστεί όμως ότι με το φράξιμο των χαραμάδων και τον περιορισμό της διείσδυσης αέρα δεν πρέπει να εμποδίζεται ο απαραίτητος αερισμός της κατοικίας. Για την υγεία των χρηστών και την αποφυγή μούχλας είναι απαραίτητο να ανανεώνεται ο αέρας που βρίσκεται στο εσωτερικό μιας κατοικίας. Ο αερισμός των κατοικιών πρέπει να είναι γενικός και μόνιμος ακόμα και στην περίοδο που η εξωτερική θερμοκρασία υποχρεώνει να διατηρούνται κλειστά τα παράθυρα.

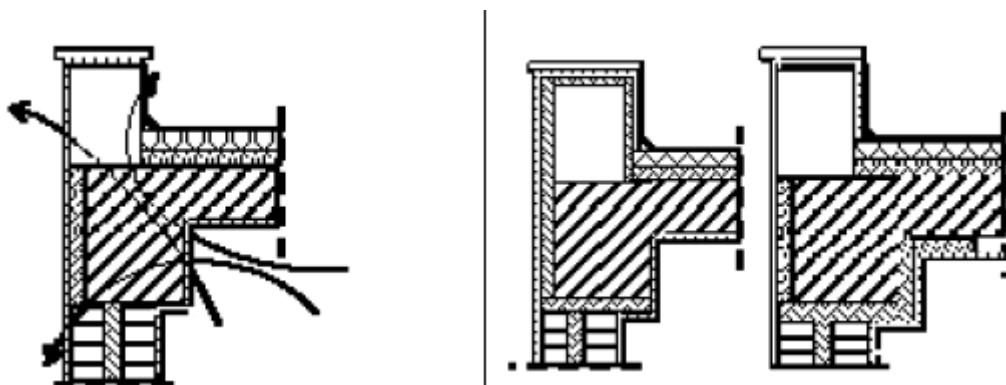
Κάτω από συνθήκες οικονομικά προσιτές, μια καλή θερμική μόνωση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος. Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης του ανθρώπινου οργανισμού.
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτηρίου.
- Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά.
- Τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα, αφού μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας ελαττώνεται αντίστοιχα και η ποσότητα των εκπεμπόμενων καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.



Εικόνα 27 Κατανόηση μόνωσης.

Ένα από τα σημαντικά σημεία κατά την μελέτη και την εφαρμογή στη φάση της κατασκευής είναι οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται από λάθος επιλογές στο συνδυασμό και στη συνεργασία των διαφορετικών υλικών και στοιχείων. Μειώνουν σημαντικά πολλές φορές τη θερμομονωτική ικανότητα της κατασκευής και ταυτόχρονα είναι πιθανό να προξενήσουν σοβαρές βλάβες ή και καταστροφή των δομικών στοιχείων. Θερμογέφυρα είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου του οποίου ο βαθμός θερμομόνωσης είναι σημαντικά κατώτερος από τη μέση τιμή θερμομόνωσης του συνόλου του στοιχείου. Το πρόβλημα της θερμογέφυρας παρουσιάζεται συνήθως στις απολήξεις των πλακών, τα όρια της εξωτερικής τοιχοποιίας, τις ποδιές ανοιγμάτων, τα ανώφλια κ.α. Στην περιοχή της θερμογέφυρας, λόγω της αυξημένης ροής της θερμότητας, παρουσιάζονται στις εσωτερικές πλευρές του τοιχώματος χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη συχνή εμφάνιση τοπικής υγρασίας και μούχλας. Δεύτερο σημαντικό σημείο είναι η υγρασία που δημιουργείται στα τοιχώματα ενός κτηρίου οι οποίοι με τη διαδικασία της συμπύκνωσης μετατρέπονται σε υγρασίες, μούχλα κ.α δημιουργώντας σημαντικά προβλήματα στους ενοίκους αλλά και στα δομικά υλικά με αποτέλεσμα σοβαρές ζημιές και σταδιακή αποσύνθεση και καταστροφή των υλικών.



Εικόνα 28 Δημιουργία θερμογεφυρών.

### 3.1 Ιδιότητες των Δομικών Στοιχείων

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους του κτηρίου και είναι οι ακόλουθες:

α. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ( $U$ ), δηλαδή η ποσότητα θερμότητας που περνά σε ένα δευτερόλεπτο μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1 m όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ των δυο επιφανειών του στοιχείου είναι 1K. Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες που έχουν τα υλικά που συνθέτουν την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου, δηλαδή:

- Το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (συντελεστής  $\lambda$ ).
- Την περιεκτικότητά τους σε υγρασία
- Το πάχος τους.

β. Ο βαθμός διαπερατότητας του αέρα διαμέσου των δομικών στοιχείων, εξαρτάται από:

- Το είδος της κατασκευής που διαμορφώνει το περίβλημα ενός χώρου.
- Την επιφάνεια των ανοιγμάτων και τον τρόπο συναρμογής των κουφωμάτων.

γ. Η ειδική θερμοχωρητικότητα ( $c$ ) των δομικών στοιχείων του κτηρίου, που συμβάλλει στον περιορισμό του ρυθμού μεταβολής της θερμοπερατότητας των στοιχείων. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, τότε η θερμότητα που συγκεντρώνουν ενόσω λειτουργεί η θέρμανση, αποβάλλεται όταν αυτή σταματήσει με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίθετο συμβαίνει το καλοκαίρι όταν οι χώροι ψύχονται. Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης – στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια - οι τοίχοι και οι οροφές ενεργούν:

- Ως συσσωρευτές θερμότητας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εξωτερική τους επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, για να την αποβάλουν και πάλι μέσα στο χώρο με ακτινοβολία.

- Ως φράγμα προστασίας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια, στις περιπτώσεις που δεν μας ενδιαφέρει η διάρκεια αποθέρμανσης ή απόψυξης των χώρων.

δ. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας, ειδικής θερμότητας και της μάζας των διαφόρων υλικών που συγκροτούν μια κατασκευή.

### 3.2 Συνήθεις Θερμομονωτικές Απώλειες

Στις σύγχρονες κατασκευές οι συνήθεις απώλειες θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον ή οι θερμικές πρόσδοδοι από αυτό προς το εσωτερικό του κτηρίου οφείλονται κυρίως:

- Στην αγωγιμότητα μέσω των αδιαφανών δομικών στοιχείων (τοίχων, δαπέδων, οροφών, στεγών).

- Στην αγωγιμότητα μέσω των διαφανών δομικών στοιχείων (υαλοπινάκων).

- Στην μεταφορά του αέρα μέσω των σχισμών, που σχηματίζονται μεταξύ κουφωμάτων και κελύφους ή μεταξύ των φύλλων των κουφωμάτων λόγω κακής συναρμογής τους.

- Στη μεταφορά του αέρα μέσω των ρωγμών ή μέσω άλλων οπών στο περίβλημα του κτηρίου.

- Στο φυσικό ή τεχνητό αερισμό των χώρων.

Πριν καταφύγει κανείς σε οποιαδήποτε μέτρα θερμομόνωσης για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών πρέπει, κατά το σχεδιασμό, να έχει υπόψη του τους βασικότερους παράγοντες που τις προκαλούν. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

- Η τοποθεσία και ο προσανατολισμός του κτηρίου μέσα στον περιβάλλοντα χώρο. Έτσι, όσο περισσότερο εκτεθειμένο είναι ένα κτήριο στους ανέμους τόσο μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας εμφανίζει. Επίσης, όσο περισσότερο προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία τόσο οι απώλειες ψύξης των εσωτερικών χώρων του είναι μεγαλύτερες.

- Το μέγεθος των επιφανειών του εξωτερικού περιβλήματος του κτηρίου που είναι άμεσα εκτεθειμένες στις καιρικές συνθήκες, σε συνάρτηση με τον όγκο του κτηρίου. Ένα ελεύθερο στο χώρο κτήριο εμφανίζει πολύ μεγαλύτερες απώλειες από ένα άλλο που είναι ενταγμένο σε ένα συνεχές σύστημα δόμησης.

- Το πόσο εκτεθειμένοι στο περιβάλλον είναι οι διάφοροι χώροι του κτηρίου. Χώροι τελείως εσωτερικοί θεωρείται ότι δεν παρουσιάζουν καμία θερμική μεταβολή. Αντίθετα, χώροι που εκτείνονται σε δύο ή περισσότερους ορόφους, όπως για παράδειγμα τα κλιμακοστάσια, παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες.

- Τα εξωτερικά κουφώματα, τα οποία, ανάλογα με το μέγεθος, τον αριθμό και τη θέση τους στις όψεις ενός κτηρίου, επηρεάζουν τη ροή της θερμότητας και η κακή συναρμογή τους επιτρέπει τη διείσδυση ρευμάτων αέρα.

### 3.3 Θερμομονωτικά Υλικά

Με τα θερμομονωτικά υλικά επιδιώκεται η βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς ενός κτηρίου. Κοινό τους χαρακτηριστικό είναι η μεγάλη αντίσταση που προβάλλουν στη ροή θερμότητας μέσω αυτών και που οφείλεται στη δομή της μάζας τους. Πρόκειται κατά κανόνα για υλικά που αποτελούνται από ένα πλέγμα μικρών, ανοικτών ή κλειστών κυψελίδων εντός των οποίων βρίσκεται εγκλωβισμένος αέρας (ή σπανιότερα άλλο αέριο) ή από ένα πυκνό πλήθος πολλών μικρών και λεπτών ινών, μεταξύ των οποίων, παρεμβάλλεται, ομοίως, αέρας. Ο αέρας θεωρείται πρακτικά ακίνητος και ο ακίνητος αέρας, παρουσιάζει πολύ μικρή αγωγιμότητα, επιτρέπει δηλ. πολύ δύσκολα τη μετάδοση της θερμότητας μέσω αυτού. Στις ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών συγκαταλέγονται:

- Η πυκνότητα.
- Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.
- Η συμπεριφορά έναντι της υγρασίας.
- Η αντοχή του σε θερμικές καταπονήσεις.
- Η επίδραση σ' αυτό της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η πυραντοχή του.

- Η ηχομονωτική του ικανότητα.
- Οι μηχανικές του αντοχές.
- Η διάρκεια ζωής του.

Σήμερα στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία θερμομονωτικών υλικών όπως:

- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Υαλοβάμβακας
- Πολυουρεθάνη
- Αφρώδες Γυαλί
- Περλιτοειδή
- Πετροβάμβακας
- Φελλός
- PVC
- Κυψελωτό σκυρόδεμα
- Θερμομονωτικά τούβλα
- Πλάκες περλιτοϋάλου

Στην Ελληνική αγορά τα θερμομονωτικά υλικά που έχουν επικρατήσει είναι τα οργανικά κυψελωτής δομής και κυρίως η διογκωμένη πολυστερίνη και η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη. Αυτά τα δύο υλικά συγκεντρώνουν το 75% περίπου της αγοράς των θερμομονωτικών που ενδεχομένως οφείλεται στο συνδυασμό δύο βασικών παραγόντων: της υψηλής θερμομονωτικής προστασίας και του χαμηλού κόστους. Στο υπόλοιπο 25% περίπου της αγοράς σημαντική είναι η θέση των ανόργανων ινωδών υλικών και κυρίως του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα.

**Διογκωμένη πολυστερίνη:** Ανήκει στη κατηγορία των αφρωδών συνθετικών υλικών. Η διογκωμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται στη δόμηση ως θερμομονωτικό προϊόν για την θερμική προστασία σχεδόν όλων των δομικών στοιχείων:

- Κατακόρυφων στοιχείων φέροντος οργανισμού (δοκών, υποστυλωμάτων, τοιχείων), κατά προτίμηση όταν δεν είναι εκτεθειμένα στην επίδραση της βροχής,
  - Τοιχοποιίας πλήρωσης,
  - Δαπέδων επί εδάφους
  - Δαπέδων επάνω από υπόγειο ή Pilotis,
  - Ψευδοροφών,
  - Δωματίων (συμβατικού τύπου) και στεγών,
  - Κεκλιμένων επιφανειών των στεγών και οριζόντιων ορόφων κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες.

Κατά κανόνα χρησιμοποιείται σε πλάκες και σπάνια, σε μορφή κόκκων (χύμα).

Προσβάλλεται από έντομα, πουλιά, τρωκτικά και από ορισμένους χημικούς διαλύτες, όπως είναι η ακετόνη, ο αιθέρας, το βενζόλιο, οι βενζίνες, η ρευστή άσφαλτος και από υλικά που περιέχουν πίσσα. Αντιθέτως δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτήρια. Λόγω των καλών θερμομονωτικών της ιδιοτήτων και του σχετικά χαμηλού κόστους της, η διογκωμένη πολυστερίνη αποτελεί ένα από τα περισσότερο προτιμώμενα θερμομονωτικά υλικά.





Εικόνα 29 Μορφή διογκωμένης πολυστερίνης.

**Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη:** Ανήκει στην κατηγορία των αφρωδών συνθετικών υλικών κυκλοφορεί στο εμπόριο ως άκαμπτο μονωτικό υλικό ορθογωνικού σχήματος. Προσβάλλεται από έντομα, πουλιά, τρωκτικά και από διάφορους χημικούς διαλύτες που έχουν επάνω της διαλυτική επίδραση ( βενζίνη, κετόνες, άσφαλτο και υλικά που περιέχουν πίσσα). Προσβάλλεται επίσης από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και γι' αυτό το λόγο πρέπει να αποθηκεύεται σε καλά προστατευμένους χώρους. Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται στη δόμηση ως θερμομονωτικό υλικό για τη θερμική προστασία σχεδόν όλων των δομικών στοιχείων:

- Κατακόρυφων στοιχείων φέροντος οργανισμού (δοκών, υποστυλωμάτων, τοιχείων ),
- Τοιχείων υπογείων που έρχονται σε επαφή με το έδαφος,
- Τοιχοποιίας πλήρωσης,
- Δαπέδων επί εδάφους,
- Δαπέδων επάνω από υπόγειο ή Pilotis,
- Ψευδοροφών
- Δωμάτων συμβατικού ή ανεστραμμένου τύπου και στεγών



Εικόνα 30 Χρήση εξηλασμένης πολυστερίνης σε κατοικία.

**Υαλοβάμβακας:** Είναι ινώδες υλικό ορυκτής προέλευσης με κύρια συστατικά το διοξείδιο του πυριτίου (χαλαζία), τον ασβεστόλιθο, τον δολομίτη και την ανθρακική σόδα. Τα προϊόντα υαλοβάμβακα έχουν κίτρινο χρώμα, που το αποκτούν κατά την επεξεργασία των ινών του γυαλιού με τη θερμοσκληρυμένη ρητίνη, ενώ ορισμένα προϊόντα του συναντώνται και σε λευκό χρώμα. Ο υαλοβάμβακας είναι άοσμος. Δεν προσβάλλεται από μικροοργανισμούς ούτε από έντομα και τρωκτικά και δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις προσβάλλεται όμως από υδροχλωρικό οξύ. Δεν φθείρεται, ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου. Ο υαλοβάμβακας εκτός από θερμομονωτικό θεωρείται και πολύ καλό ηχομονωτικό υλικό. Ως θερμομονωτικό υλικό χρησιμοποιείται για τη θερμική προστασία των διαφόρων δομικών στοιχείων των κτηριακών κατασκευών, καθώς και για την θερμική προστασία φούρνων, καυστήρων, υψικαμίνων, καπνοδόχων κ.α. Ως ηχομονωτικό υλικό χρησιμοποιείται για την ηχομόνωση τόσο επί μέρους δομικών στοιχείων και εγκαταστάσεων (σωληνώσεων, αεραγωγών, μηχανημάτων), όσο και χώρων με έντονη παραγωγή ήχου (κινηματογράφων, θεάτρων, νυχτερινών κέντρων κ.α.). Προτιμάται ως θερμομονωτικό υλικό σε ξύλινα πατώματα, επειδή μπορεί εύκολα να συμπιεστεί ανάμεσα στις δοκούς. Εφαρμόζεται σχεδόν σε όλα τα δομικά στοιχεία:

- Σε κατακόρυφα δομικά στοιχεία του φέροντος οργανισμού. Εφόσον χρησιμοποιηθεί εξωτερικά πρέπει να γίνει χρήση σκληρών πλακών και να διασφαλισθεί η προστασία τους από την υγρασία .
- Σε τοιχοποιία πλήρωσης στον πυρήνα της τοιχοποιίας ή εσωτερικά. Εφόσον χρησιμοποιηθεί εξωτερικά, πρέπει να γίνει χρήση σκληρών πλακών και να διασφαλισθεί η προστασία τους από την υγρασία.
- Σε ξύλινα δάπεδα υπό μορφή παπλώματος. Εφόσον πατούν στο έδαφος πρέπει να διασφαλισθεί η προστασία τους από την υγρασία.
- Σε δάπεδα πάνω από υπόγεια ή pilotis με τοποθέτηση του υλικού κατά προτίμηση από την κάτω πλευρά της πλάκας.
  - Σε ψευδοροφές.
  - Σε δώματα συμβατικού τύπου με τη χρήση σκληρών πλακών.
  - Σε κεκλιμένες επιφάνειες των στεγών και σε οριζόντιες οροφές κάτω από μη θερμομονωμένες στέγες κτηρίων.

Όμως ο υαλοβάμβακας προκαλεί δυσάρεστες επιπτώσεις στην υγεία. Το I.A.R.C. (διεθνές κέντρο για την έρευνα του καρκίνου) τα κατατάσσει στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά που επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού.

Ακόμη, οι συνδετικές ουσίες που χρησιμοποιούνται και που έχουν βάση τη φορμόλη και την ουρία, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες τοξικής φορμαλδεΐδης.



Εικόνα 31 Μορφή υαλοβάμβακα.

**Πετροβάμβακας:** Ο πετροβάμβακας παράγεται με την ίδια διαδικασία που παράγεται ο υαλοβάμβακας με τη διαφορά ότι ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται δολομίτης, ασβεστόλιθος, βωξίτης και πλουτώνια πετρώματα που δεν περιέχουν χαλαζία. Τα προϊόντα πετροβάμβακα στο εμπόριο συναντώνται με ένα σκούρο κιτρινοπράσινο χρώμα. Ο πετροβάμβακας είναι άοσμος. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά και δεν καταστρέφεται από χημικές ενώσεις προσβάλλεται όμως από υδροχλωρικό οξύ. Δεν φθείρεται, ούτε αποσυντίθεται με την πάροδο του χρόνου. Ο πετροβάμβακας έχει τις ίδιες ακριβώς χρήσεις που έχει και ο υαλοβάμβακας τόσο στη δόμηση, όσο και στη βιομηχανία. Επιπλέον όμως προτιμάται σε χώρους στους οποίους αναπτύσσονται υψηλότερες θερμοκρασίες, επειδή παρουσιάζει υψηλότερες αντοχές στη θερμότητα. Επιπλέον όμως βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία, κυρίως στη θερμική προστασία δεξαμενών, λεβήτων, φούρνων, αεραγωγών και στην κατασκευή πυράντοχων θυρών.



Εικόνα 32 Μορφή πετροβάμβακα.

### 3.4 Θερμομόνωση Κελύφους Κτηρίου

Τα πιο βασικά μέρη ενός κτηρίου τα οποία πρέπει να θερμομονώνονται είναι:

1. Εξωτερική τοιχοποιία-δοκοί-υποστυλώματα

2. Εξωτερικά κουφώματα
3. Οροφές και στέγες
4. Δάπεδα εκτεθειμένα στο εξωτερικό περιβάλλον
5. Δομικά στοιχεία σε επαφή με μη κλιματιζόμενους χώρους

### 3.4.1 Τοιχοποιία-Δοκοί-Υποστυλώματα

Οι βασικοί τρόποι θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων είναι οι ακόλουθοι:

Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική επιφάνεια.
- Θερμομόνωση στην εξωτερική επιφάνεια.
- Θερμομόνωση στον πυρήνα.
- Χρήση θερμομονωτικών τούβλων.

Στις περιπτώσεις θερμομόνωσης τοίχου, σε όποια θέση και να τοποθετηθεί η θερμομόνωση θα πρέπει:

- Να παρέχει επαρκή θερμική αντίσταση ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Να παρέχει ένα συνεχές θερμομονωτικό στρώμα χωρίς θερμογέφυρες.
- Να αντιστέκεται στη διείσδυση νερού.

Θερμομόνωση Δοκών - Υποστυλωμάτων:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική παρειά
- Θερμομόνωση στην εξωτερική παρειά

### Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας - δοκών – υποστυλωμάτων

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό. Χρησιμοποιείται συνήθως σε κτήρια στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης χωρίς χρονική καθυστέρηση, και δεν μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή, παραθεριστικές κατοικίες, σχολεία, κτήρια γραφείων ημερήσιας λειτουργίας κ.λπ. Η εσωτερική θερμομόνωση καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος, με γυψοσανίδα κ.λπ.

Τα πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Περιορισμένος χρόνος κατασκευής.
- Απλή και γρήγορη κατασκευή.
- Οικονομικότερη κατασκευή σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση.
- Άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης.
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.).

Τα μειονεκτήματά της είναι:

- Πρόβλημα θερμογεφυρών (κυρίως στα σημεία όπου υπάρχουν συναρμογές εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων).
  - Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης.
  - Αδυναμία προστασίας δομικών στοιχείων από συστολές - διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
    - Πιθανότητα δημιουργίας επιφανειακής υγρασίας από συμπύκνωση υδρατμών που για να αποφευχθεί απαιτείται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών (φύλλα αλουμινίου, ασφαλτόπανο, νάιλον κ.λπ.) μπροστά από το μονωτικό υλικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου.
    - Δυσκολία, στο να κρεμαστούν ράφια, πίνακες κ.λπ. μεγάλου βάρους και τοποθέτηση ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.
    - Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτήρια εμποδίζει την ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του.



Εικόνα 33 Τομή εσωτερικής θερμομόνωσης.

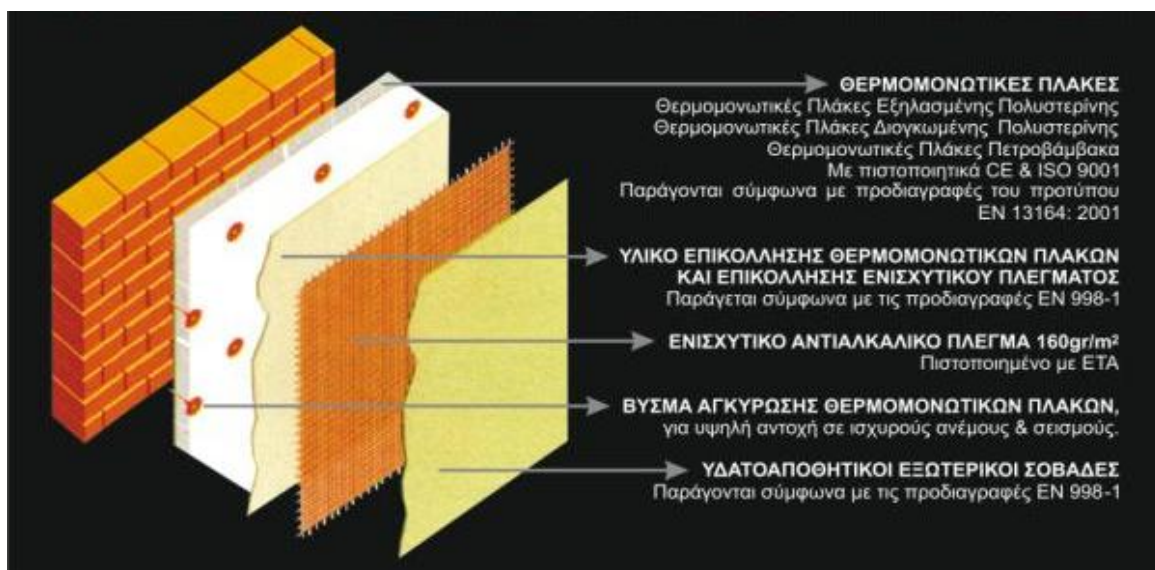
### Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας δοκών - υποστυλωμάτων

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Χρησιμοποιείται σε κτήρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή σε κατοικίες μόνιμης διαμονής, νοσοκομεία κ.λπ. Η χρήση της σε υφιστάμενα μη θερμομονωμένα κτήρια πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω δυσκολίας κατασκευής, υψηλού κόστους και αύξησης περιμέτρου του κτηρίου που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στο συντελεστή δόμησης.

Τα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων.

- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στα νότια κυρίως δομικά στοιχεία από τον ήλιο.
  - Προστασία εξωτερικών επιφανειών από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
  - Ελαχιστοποίηση έως μηδενισμός των θερμογεφυρών.
  - Σε περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτήρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του.
  - Προστασία από καιρικές συνθήκες.
- Τα μειονεκτήματα της είναι:
- Αυξημένο κόστος κατασκευής.
  - Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή (ορθή επιλογή υλικών, ορθή τοποθέτηση) για αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στην όψη.
  - Δυσκολία/Αδυναμία εφαρμογής σε κτήρια με έντονες εξωτερικές μορφολογικές όψεις.
  - Χρειάζεται ειδική προστασία των υλικών των διαφόρων στρώσεων για προστασία από τις εξωτερικές καιρικές επιδράσεις.
  - Δεν είναι πολύ εύκολη η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης στην περίπτωση που οι τοίχοι έχουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές.



Εικόνα 34 Τομή εξωτερικής θερμομόνωσης.

### Θερμομόνωση πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας

Είναι δικέλυφη κατασκευή που έχει ένα κέλυφος εσωτερικά και ένα εξωτερικά και στο ενδιάμεσο η θερμομονωτική στρώση. Είναι η κατασκευαστική λύση που συναντάται στις περισσότερες Ελληνικές κατασκευές. Η τεχνική της δικέλυφης τοιχοποιίας περιορίζεται μόνο στην τοιχοποιία πλήρωσης και προφανώς δεν εκτείνεται και στα στοιχεία του φέροντος οργανισμού. Γι αυτό στα σημεία σύνδεσης

με την τοιχοποιία πλήρωσης αυτού του τύπου η κατασκευή δημιουργεί ισχυρές θερμογέφυρες λόγω διακοπής της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης. Τα δύο κελύφη αναλαμβάνουν να διαδραματίσουν δύο συμπληρωματικούς μεταξύ τους ρόλους:

- Το εσωτερικό κέλυφος είναι εκείνο που προσφέρει τη θερμική μάζα, αξιοποιεί τη θερμοχωρητικότητα του και προσφέρει τη συσσωρευθείσα θερμότητα στον εσωτερικό χώρο, όταν μειώνεται η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου.

- Το εξωτερικό κέλυφος ελάχιστα συνεισφέρει στη θερμική προστασία της κατασκευής. Αντιθέτως, προσφέρει την απαραίτητη προστασία έναντι των καιρικών φαινομένων. Δέχεται τις έντονες καταπονήσεις απ' αυτό και μέσω της θερμομονωτικής στρώσης που μεσολαβεί παρεμποδίζει την επίδραση τους στο εσωτερικό κέλυφος. Η θερμομονωτική στρώση, που τοποθετείται ανάμεσα στα δύο κελύφη, μπορεί να αποτελείται από οποιοδήποτε θερμομονωτικό υλικό. Πρέπει όμως να αγκυρώνεται και να στερεώνεται καλά πάνω στα κελύφη. Είναι επίσης απαραίτητο να προστατεύεται από επιδράσεις της υγρασίας, ώστε να διατηρεί στο ακέραιο τη θερμομονωτική της ικανότητα. Σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και μπορεί να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού. Για να αποφευχθεί το πέρασμα της υγρασίας από τον εξωτερικό τοίχο στο θερμομονωτικό υλικό, θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και των θερμομονωτικών πλακών. Ένα καθαρό κενό πάχους 5 cm, είναι κατάλληλο για όλους τους βαθμούς έκθεσης. Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού είναι απίθανο να αναφλεγούν αν η φωτιά διεισδύσει σε ένα κενό που δεν αερίζεται.

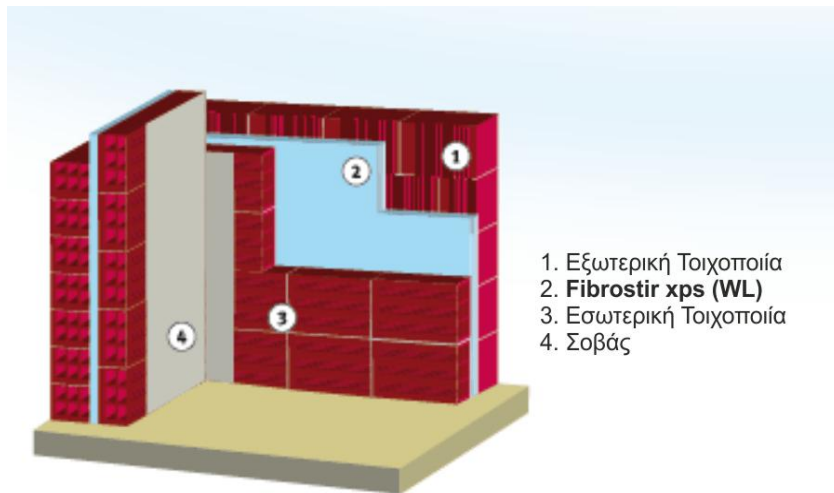
Τα πλεονεκτήματα της θερμομόνωσης στον πυρήνα της τοιχοποιίας είναι:

- Είναι ευκολότερος ο τρόπος τοποθέτησης των θερμομονωτικών υλικών
- Δεν επηρεάζεται η θερμομονωτική προστασία του τοίχου από την επίδραση της βροχής
- Αποτελεί την πιο ισορροπημένη μορφή θερμικής προστασίας έναντι ψύχους το χειμώνα και ζέστης το καλοκαίρι
- Συνδυάζει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου με την ελευθερία αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης των όψεων

Τα μειονεκτήματά της είναι:

- Δεν έχει καλή αντισεισμική συμπεριφορά. Είναι σύνηθες το φαινόμενο σε τοιχοποιίες με πλημμελή σύνδεση των δύο κελύφων το εξωτερικό κέλυφος να αποσυνδέεται και να πέφτει μετά από ισχυρή σεισμική δόνηση.

- Δεν εκμεταλλεύεται πλήρως την θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας.
- Δεν επιτρέπει την εύκολη απομάκρυνση της υγρασίας.



Εικόνα 35 Τομή θερμομόνωσης στον πυρήνα.

### Τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα.

Στην περίπτωση αυτή ο τοίχος χτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με τον τρόπο κατασκευής τους, το σχήμα τους, τις διαστάσεις τους κλπ. πρέπει να εξασφαλίζουν τις τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Αν απαιτείται να αυξηθεί ο συντελεστής αυτός προστίθεται μονωτικό που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εκ κατασκευής ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Η κατασκευή αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα αλλά θα πρέπει να εξασφαλίζεται με σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων και σωστή στεγανότητα ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των θερμομονωτικών τούβλων.

Τα πλεονεκτήματα της τοιχοποιίας από θερμομονωτικά τούβλα είναι:

- Ευκολία κατασκευής.
- Εξοικονόμηση ωφέλιμου εσωτερικού χώρου.
- Ταυτόχρονη εξασφάλιση ικανοποιητικού επιπέδου ακουστικής άνεσης

Τα μειονεκτήματα της είναι:

- Δυσκολία κρεμάσματος πινάκων, ραφιών κ.λπ. σε κατασκευές με κυψελωτό σκυρόδεμα.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που απαιτείται υψηλή θερμοχωρητικότητα.



Εικόνα 36 Θερμομονωτικό τούβλο.



### 3.4.2 Οροφές

Ανάμεσα στις εξωτερικές επιφάνειες, η οροφή είναι συχνά αυτή από την οποία χάνεται η περισσότερη θερμότητα. Εντούτοις, η μόνωσή της είναι μία εργασία σχετικά εύκολη και φθηνή.

#### **Θερμομόνωση επίπεδης και κεκλιμένης οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα**

Οροφή θεωρείται η κατασκευή η οποία είναι κεκλιμένη ή οριζόντια.

Το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί:

- Κάτω από την πλάκα
- Πάνω από την πλάκα

#### **Θερμομόνωση κάτω από την πλάκα**

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε περιπτώσεις κτηρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού/θέρμανσης (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα κ.λπ.). Το μονωτικό υλικό τοποθετείται είτε πριν την σκυροδέτηση ή μετά. Καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος ή με γυψοσανίδα ή με όποιου τύπου ψευδοροφή, εφόσον το επιτρέπει το ύψος του χώρου.

Τα πλεονεκτήματα της θερμομόνωσης κάτω από την πλάκα είναι:

- Άμεση απόδοση συστήματος κλιματισμού.
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία).

Τα μειονεκτήματα της είναι:

- Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης.
- Πιθανότητα δημιουργίας υγρασίας και μούχλας στις γωνιές λόγω συμπύκνωσης των υδρατμών.



Εικόνα 37 Θερμομόνωση κάτω από την πλάκα.

#### **Θερμομόνωση πάνω από την πλάκα**

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτήρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού/θέρμανσης ενώ μας ενδιαφέρει η

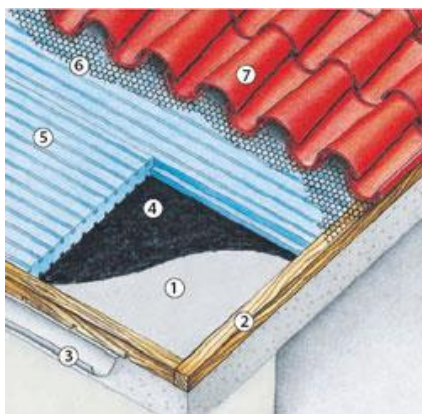
απόδοση από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού/θέρμανσης. Το θερμομονωτικό υλικό, ανάλογα με τη συμπεριφορά του στην υγρασία, τοποθετείται κάτω από την στεγάνωση (περίπτωση κλασσικής μόνωσης) ή πάνω από αυτήν (ανεστραμμένη μόνωση). Στην πρώτη περίπτωση όποιο στεγανωτικό και να χρησιμοποιηθεί απαιτείται φράγμα υδρατμών πάνω από την πλάκα.

Τα πλεονεκτήματα της θερμομόνωσης πάνω από την πλάκα είναι:

- Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας της πλάκας.
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος κλιματισμού, εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στην πλάκα.
- Προστασία εξωτερικής επιφάνειας πλάκας από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτήρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο ύψος του.

Τα μειονεκτήματα της είναι:

- Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή σε συνδυασμό με τη στεγάνωση.



1. Εξομαλυμένη πλάκα οπλισμένου Σκυροδέματος
2. Εγκιβωτισμός στρώσεων
3. Συλλεκτήριος αγωγός
4. Ασφαλτική επάλειψη
5. SHAPEMATEGREC-A
6. Ελαφρύ μεταλλικό πλέγμα
7. Λασπωτά κεραμίδια

Εικόνα 38 Θερμομόνωση πάνω από την πλάκα.

### 3.4.3 Στέγη

#### Θερμομόνωση στέγης - Τύποι Στεγών

Στέγη θεωρείται η κατασκευή η οποία συνδυάζει κεκλιμένη και οριζόντια οροφή. Οι στέγες κάτω από τις οποίες συνήθως κατοικούν ή εργάζονται άτομα θεωρούνται θερμές στέγες. Σ' αυτή την περίπτωση, η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά ή εσωτερικά στην κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης.

Η πρώτη περίπτωση προτιμάται κυρίως κατασκευαστικά ενώ η δεύτερη επισκευαστικά. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να εξασφαλίζεται η ύπαρξη αερισμού για αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών. Σε περίπτωση όπου ο χώρος μεταξύ της κεκλιμένης και οριζόντιας οροφής έχει περιορισμένη επισκεψιμότητα, τότε η στέγη χαρακτηρίζεται ψυχρή. Σ' αυτή την περίπτωση, η θερμομόνωση γίνεται επί της οριζόντιας πλάκας.

Τα θερμομονωτικά υλικά που προορίζονται για τη θερμομόνωση στεγών πρέπει να έχουν ιδιότητες κατάλληλες για την εφαρμογή όπως:

- Χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας για να χρησιμοποιείται το μικρότερο πάχος υλικού.
- Αντίσταση στη διαπερατότητα υδρατμών για να μειώνεται ο κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών στην περιοχή επαφής στοιχείου από σκυρόδεμα και μονωτικού υλικού, όταν το τελευταίο τοποθετείται εσωτερικά.
- Ευκολία χειρισμού όσον αφορά το βάρος, τις διαστάσεις στις μηχανικές αντοχές και στον τρόπο στερέωσης του υλικού.
- Ευκολία κοπής, διαμόρφωσης στα σχήματα των στοιχείων της στέγης.
- Δυνατότητα καλής συναρμογής των τεμαχίων του μονωτικού υλικού, για να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και οι γραμμές συμπύκνωσης υδρατμών στους αρμούς του.

### 3.4.4 Δάπεδα

#### Θερμομόνωση δαπέδων εκτεθειμένων στο εξωτερικό περιβάλλον

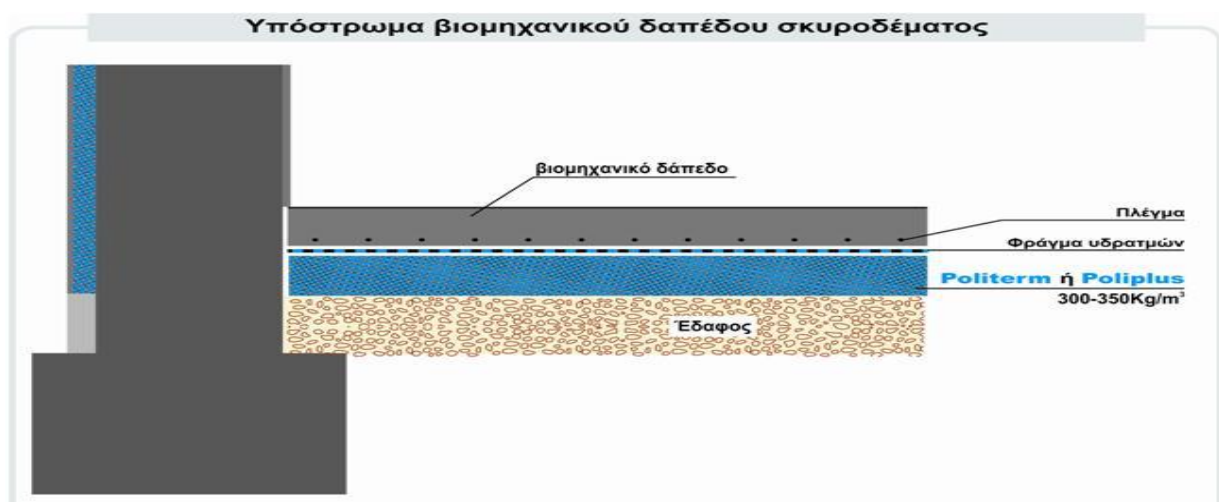
Κατοικίες που στηρίζονται σε κολώνες ή βρίσκονται πάνω από χώρους στάθμευσης, αποθήκες κ.λπ. χάνουν άσκοπα θερμική ενέργεια χωρίς την κατάλληλη μόνωση.

Η θερμομόνωση σε εκτεθειμένο δάπεδο μπορεί να τοποθετηθεί:

- Στην κάτω πλευρά της πλάκας.
- Στην πάνω πλευρά της πλάκας.

#### Θερμομόνωση στην κάτω πλευρά της πλάκας του εκτεθειμένου δαπέδου

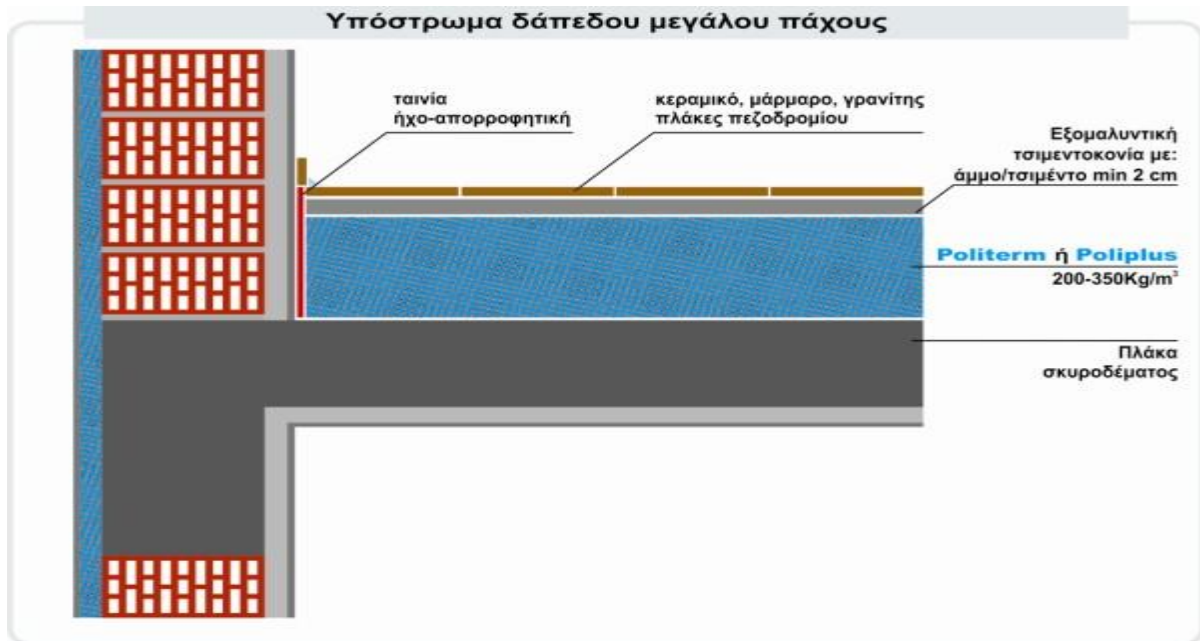
Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτήρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού/θέρμανσης (μόνιμες κατοικίες, νοσοκομεία κ.λπ.). Το μονωτικό υλικό τοποθετείται είτε πριν την σκυροδέτηση είτε μετά και καλύπτεται κυρίως με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος.



Εικόνα 39 Θερμομόνωση στην κάτω πλευρά του δαπέδου.

### Θερμομόνωση στην πάνω πλευρά της πλάκας του εκτεθειμένου δαπέδου

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε περιπτώσεις κτηρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα ημερήσιας χρήσης κ.λπ.).



Εικόνα 40 Θερμομόνωση στην πάνω πλευρά του δαπέδου.

### 3.5 Μέγιστες Επιτρεπόμενες Τιμές Συντελεστών Θερμοπερατότητας

Οι πρόνοιες του Διατάγματος θα πρέπει να εφαρμόζονται, για κάθε νέο κτήριο, καθώς και για κάθε κτήριο συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των χιλίων τετραγωνικών μέτρων που υφίσταται ριζική ανακαίνιση. Το διάταγμα καθορίζει μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας:

- $[U \leq 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}]$ : για τους εξωτερικούς τοίχους και στοιχεία της φέρουσας κατασκευής του κτηρίου (κολόνες, δοκοί και τοίχοι) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτηρίου. Επιτρέπεται υπερκάλυψη του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  για τοίχους θερμικής αποθήκευσης στις περιπτώσεις χρήσης Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων (π.χ. τοίχοι Trombe, τοίχοι μεγάλης θερμικής μάζας).

- $[U \leq 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}]$ : για τα εξωτερικά οριζόντια δομικά στοιχεία (δώματα, στέγες, εκτεθειμένα δάπεδα) και οροφές που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτηρίου.

- $[U \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}]$ : για δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου υπόγειου ή ημιυπόγειου χώρου.

- $[U \leq 3,8 \text{ W/m}^2\text{K}]$ : τα εξωτερικά κουφώματα (πόρτες, παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτηρίου.

# Κεφάλαιο 4

#### 4. Προσανατολισμός

Από τον προσανατολισμό του κτηρίου [8-9], [12], στο οικόπεδο καθορίζονται τα οφέλη από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή τα άμεσα ηλιακά κέρδη τα οποία εξαρτώνται από την διεύθυνση των ακτινών του ηλίου επάνω στις επιφάνειες του κτηρίου. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας επάνω σε μια επιφάνεια που «βλέπει» κάθετα προς τον ήλιο είναι περίπου η ίδια το χειμώνα και το καλοκαίρι. Έτσι ως καθοριστικοί παράγοντες για την επίδραση του ήλιου στις επιφάνειες ενός κτηρίου αναδεικνύονται ο προσανατολισμός τους και η κλίση υπό την οποία αυτές δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία. Καθώς μάλιστα η φαινόμενη τροχιά του ήλιου στον ουρανό το χειμώνα βρίσκεται χαμηλότερα προς τον ορίζοντα και το καλοκαίρι υψηλότερα προς αυτόν, η κάθε επιφάνεια δέχεται διαφορετικά την επίδραση των ακτινών του ηλίου στις διαδοχικές εποχές του χρόνου.

Σε μια κατακόρυφη νότια όψη οι ακτίνες του ήλιου το χειμώνα προσπίπτουν υπό γωνία που πλησιάζει περισσότερο προς την κάθετη προς αυτήν, ενώ το καλοκαίρι προσπίπτουν υπό γωνία που πλησιάζει προς την κατακόρυφο. Γι' αυτό το χειμώνα το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια νότια επιφάνεια απορροφάται ενώ το καλοκαίρι ανακλάται. Η νότια όψη το χειμώνα δέχεται το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ενέργειας από οποιαδήποτε άλλη όψη. Επιπλέον, η νότια όψη είναι εκτεθειμένη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα από ότι το καλοκαίρι καθώς ο ήλιος το χειμώνα φαινομενικά ανατέλλει από νοτιότερη θέση και ομοίως δύει σε νοτιότερη, ενώ το καλοκαίρι φαινομενικά ανατέλλει από βορειότερη και δύει σε βορειότερη.

Η ανατολική και η δυτική όψη δέχονται σχεδόν κάθετα στην επιφάνειά τους περίπου την ίδια ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτή όμως είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι και μικρότερη το χειμώνα επειδή το καλοκαίρι βρίσκονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα εκτεθειμένες στον ήλιο απ' ότι το χειμώνα. Επιπλέον οι δυτικές και νοτιοδυτικές επιφάνειες λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας που επικρατεί στην ατμόσφαιρα παρουσιάζουν μεγαλύτερη τελική επιβάρυνση.

Η βόρεια όψη είναι αυτή που δέχεται τη μικρότερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Το χειμώνα δεν την «βλέπει» καθόλου ο ήλιος ενώ το καλοκαίρι δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία πλαγίως μόνο νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα.

Τέλος η οριζόντια επιφάνεια του δώματος δέχεται μικρότερη ακτινοβολία το χειμώνα διότι οι ακτίνες πέφτουν υπό μεγάλη κλίση ως προς την κατακόρυφο, ενώ δέχεται τη μεγαλύτερη ακτινοβολία το καλοκαίρι διότι οι ακτίνες πέφτουν σχεδόν κάθετα στην επιφάνεια του.

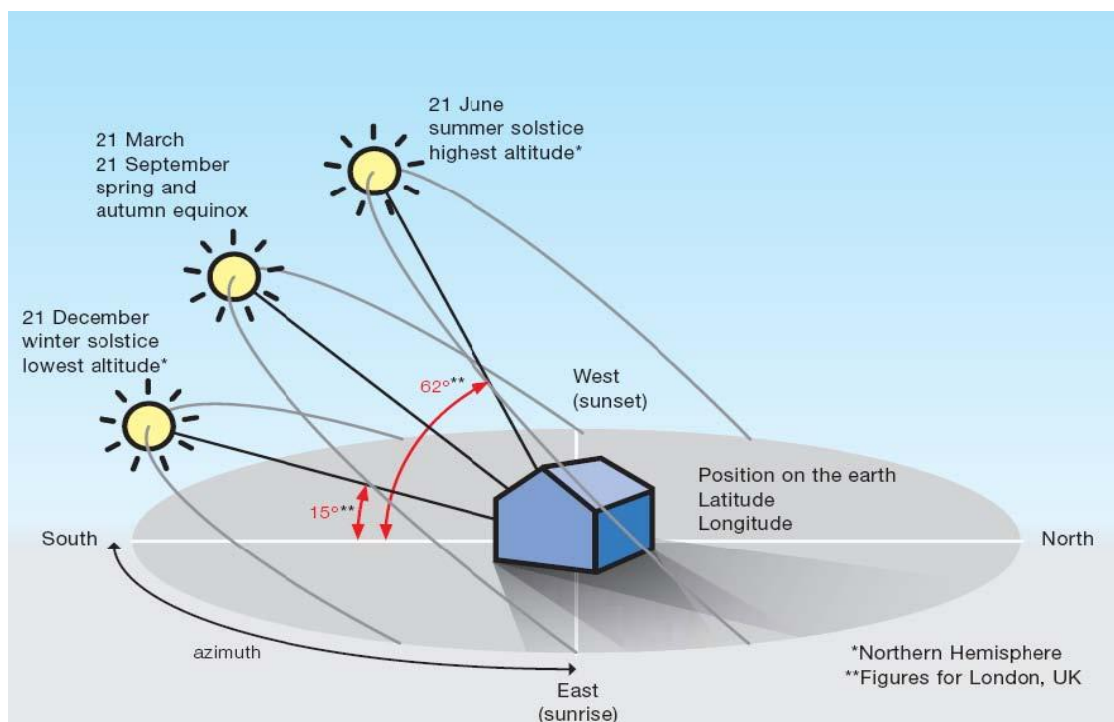
Ο προσανατολισμός επομένως είναι καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή της θέσης και του μεγέθους των ανοιγμάτων στο κτήριο προκειμένου να εξοικονομηθούν τα μεγαλύτερα ενεργειακά οφέλη. Συνοπτικά λοιπόν οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν τον προσανατολισμό ενός κτηρίου είναι:

- Η βόρεια πλευρά είναι και η πιο ψυχρή γιατί δεν δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία και γιατί οι χειμερινοί άνεμοι έχουν συνήθως βόρεια κατεύθυνση. Έτσι οι χώροι που έχουν μικρότερη απαίτηση σε θερμοκρασιακή άνεση πρέπει να

τοποθετούνται στη βορινή πλευρά ώστε να αποτελούν φράγμα για τις θερμικές απώλειες, μεσολαβώντας ουσιαστικά μεταξύ των θερμαινόμενων χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος.

- Η νότια πλευρά είναι η φωτεινότερη και η πιο ζεστή και δέχεται ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια όλης της ημέρας. Έτσι ο βέλτιστος προσανατολισμός για τη διάταξη των κύριων χώρων (υπνοδωμάτια, σαλόνι) καθώς επίσης και των ανοιγμάτων σ' ένα κτήριο είναι ο νότιος.

- Η ανατολική και η δυτική πρόσοψη δέχονται ίση ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας αλλά η δυτική παραμένει πιο ζεστή εξαιτίας του συνδυασμού ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών μεσημβρινών θερμοκρασιών του αέρα.



Εικόνα 41 Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα τον προσανατολισμό του κτηρίου.

## Κεφάλαιο 5



## 5. Σκίαση

Η βασικότερη μέθοδος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι η σκίαση, [8], [12], [15], [21-22] δηλαδή η παρεμπόδιση των ηλιακών ακτινών να φθάνουν στα παράθυρα. Το ίδιο το σχήμα του κτηρίου (εσοχές, εξοχές, διατάξεις σε σχήμα Γ ή Π, διαμόρφωση εσωτερικών αυλών ή στοών κ.λπ.), αλλά και ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές μπορούν να αποτελέσουν σύστημα σκίασης του κτηρίου. Επί πλέον, υπάρχει πληθώρα σκιάστρων για τα ανοίγματα, τα οποία διακρίνονται ανάλογα με τη θέση τους (αυτά που κατασκευάζονται έξω από το κέλυφος ή προεξέχουν από αυτό, αυτά που βρίσκονται πάνω στην επιφάνειά του, και τέλος κάποια που τοποθετούνται εσωτερικά του κελύφους δηλαδή ανάμεσα σε διπλό υαλοπίνακα), ανάλογα με τη γεωμετρία τους (κατακόρυφα, οριζόντια), και ανάλογα με τη δυνατότητα χειρισμού τους (σταθερά ή κινητά).

Η ηλιοπροστασία των κτηρίων κατατάσσεται ανάμεσα στις σημαντικές παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη στη φάση του βιοκλιματικού σχεδιασμού τους. Εμπειριστικώς μελέτες απέδειξαν ότι η θερμοκρασία των δομημένων χώρων μπορεί να μειωθεί από 5-15°C με την εφαρμογή συστημάτων σκίασης. Η ηλιοπροστασία όταν εφαρμόζεται σωστά μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας λόγω του ότι μειώνεται η ενεργειακή ζήτηση των κτηρίων κατά την περίοδο του χειμώνα και του καλοκαιριού, στο να βελτιώσουμε το κλίμα στους εσωτερικούς χώρους, αλλά και να προστατέψουμε διάφορα στοιχεία της κατασκευής είτε ακόμα και αντικείμενα.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια επιτυγχάνεται με δυο τρόπους κατά την χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο:

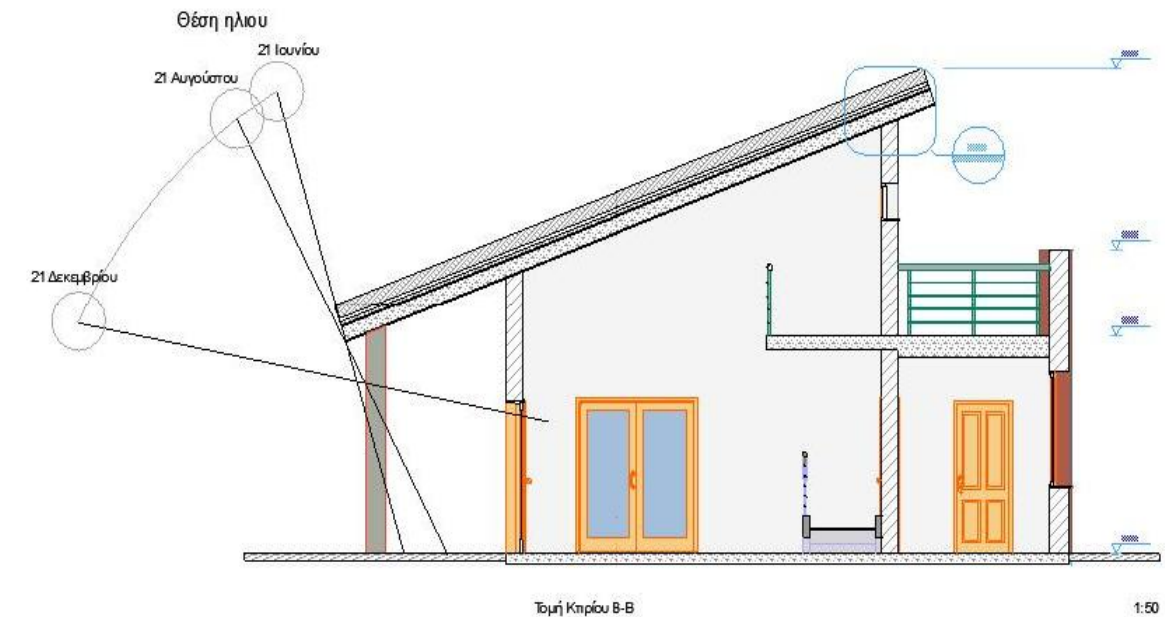
Χειμερινή περίοδος:

Τα συστήματα σκίασης θα παραμείνουν ανοιχτά κατά την διάρκεια της ηλιοφάνειας με αποτέλεσμα την φυσική θέρμανση του χώρου και είτε με αυτόματο (χρησιμοποίηση αισθητήρα έντασης ηλιακού φωτός) ή χειροκίνητο τρόπο θα κλείσουν με την απουσία του ηλίου. Με αυτό τον τρόπο το δωμάτιο θα διατηρήσει σταθερή την θερμοκρασία του.

Καλοκαιρινή περίοδος: Τα συστήματα σκίασης θα παραμείνουν κλειστά κατά την διάρκεια της ηλιοφάνειας (ή σε μια συγκεκριμένη κλήση ανάλογα με την περίοδο αιχμής της θερμοκρασίας). Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτόματος χρονοδιακόπτης στην περίπτωση που γνωρίζουμε περίπου τις ώρες αιχμής και θα ανοίξουν με αυτόματο ή χειροκίνητο τρόπο με την απουσία του ηλίου. Τα παράθυρα το βράδυ μπορούν να ανοίξουν έτσι ώστε ο αέρας του δωματίου να ανανεωθεί και η θερμοκρασία να μειωθεί λόγω του ότι το βράδυ είναι χαμηλότερη.

Κατά την επιλογή του σκιάστρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα οπτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία καθορίζουν και το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλούν, απορροφούν και, τελικά, αφήνουν να περάσει. Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων θα πρέπει να εξασφαλίζει την ελάχιστη εισερχόμενη ακτινοβολία το καλοκαίρι, συνδυάζοντας όμως τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού, αερισμού και θέας και φυσικά, να μην εμποδίζει τον απαραίτητο ηλιασμό κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Επίσης πρέπει να ελέγχεται και ο ηλιασμός των ανοιγμάτων κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (άνοιξη-φθινόπωρο).



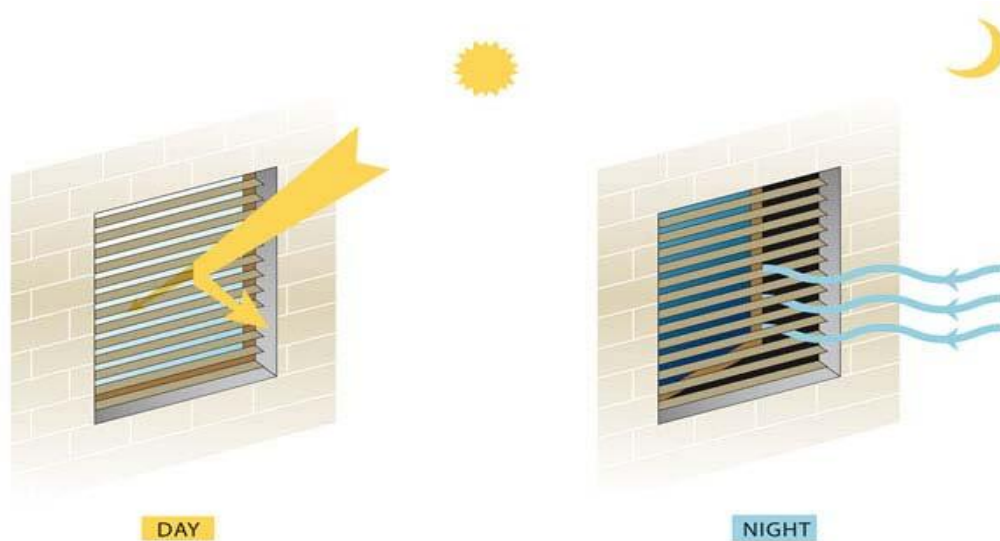
**Εικόνα 42 Συμβολή σκιάστρου ανάλογα την εποχή.**

Η σωστή ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτηρίου, είτε αυτός γίνεται με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο. Στην πρώτη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε ανεκτά επίπεδα και, συνεπώς στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Στη δεύτερη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη του κτηρίου και στη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής που προκύπτει, καθώς υπάρχει σημαντικά μειωμένη θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία.

Τα μέσα ηλιοπροστασίας περιορίζουν επίσης τη θάμβωση των χρηστών ειδικά το καλοκαίρι επειδή διαθλούν και διαχέουν το φως με έναν πιο ομοιογενή καταμερισμό στο εσωτερικό των κτηρίων. Γενικά τα συστήματα σκίασης εμποδίζουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία αλλά δεν είναι αποτελεσματικά στον περιορισμό της διάχυτης ή ανακλώμενης και γι' αυτό πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να κατανέμουν ομοιόμορφα την ηλιακή ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο.

Ο τύπος και οι διαστάσεις του συστήματος καθορίζονται από παράγοντες όπως ο προσανατολισμός, η θέση των ανοιγμάτων, αλλά και λαμβάνοντας υπόψη και τους εξής παράγοντες:

- η εξασφάλιση λειτουργίας των ανοιγμάτων (οπτική επικοινωνία, φυσικός αερισμός, φυσικός φωτισμός)
- οι δυσμενείς επιδράσεις του συστήματος στο άνοιγμα και στον ηλιοπροστατευόμενο χώρο
- η σταθερότητα, η διάρκεια ζωής, και τη δυνατότητα χειρισμού
- το αρχικό κόστος κατασκευής και τα έξοδα συντήρησης



Εικόνα 43 Συμβολή σκιάστρου ανάλογα την ώρα της ημέρας.

Σημαντικό κριτήριο επιλογής των υλικών κατασκευής είναι η ανθεκτικότητά τους σε διάβρωση, η αισθητική τους, η ευκολία συντήρησης και καθαρισμού και ιδιαίτερα στην περίπτωση των κινητών στοιχείων το μικρό τους βάρος με σκοπό τη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για την κίνηση.

Το μέταλλο θερμαίνεται εύκολα αλλά έχει τη δυνατότητα να απελευθερώνει γρήγορα τη θερμότητα αυτή κατά τις βραδινές ώρες. Έτσι δε μεταφέρεται η θερμότητα στο εσωτερικό κατά τις βραδινές ώρες του καλοκαιριού όπου τα παράθυρα μένουν ανοιχτά για τον αερισμό. Στο μπετόν αντίθετα η υψηλή θερμοχωρητικότητα εγκλωβίζει την θερμότητα και την αποβάλλει πολύ αργά κατά τις βραδινές ώρες. Το ξύλο είναι περισσότερο ουδέτερο αφού δε θερμαίνεται ιδιαίτερα από την ακτινοβολία αλλά το κόστος του είναι υψηλό. Το γυαλί θερμαίνεται περισσότερο αλλά έχει την ιδιότητα να μην αφήνει τη θερμότητα να εισέρχεται στο εσωτερικό. Το πανί τέλος αποδεικνύεται πολλές φορές αρκετά ικανοποιητικό ως προς τον σκιασμό.

Ο ήλιος κινείται από την ανατολή στη δύση, διαγράφοντας μια καμπύλη προς τον νότο. Φτάνει στο ψηλότερο σημείο του και είναι σχεδόν κατακόρυφος τα μεσημέρια του καλοκαιριού, ενώ σε ανάλογη ώρα τον χειμώνα είναι χαμηλότερος, κάτι που συναρτάται άμεσα με την τοποθεσία του οικοπέδου σε σχέση με τον ισημερινό. Ο προσανατολισμός του κτηρίου λοιπόν καθορίζει τη διάταξη για τη βέλτιστη απόδοση του συστήματος.

- ο νότιος προσανατολισμός ενδείκνυται στα κτήρια στο Βόρειο Ημισφαίριο, καθώς συνδυάζει τον απαιτούμενο ηλιασμό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι (που ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά στον ορίζοντα) δέχεται λιγότερη ακτινοβολία, η οποία ελαχιστοποιείται με ένα απλό οριζόντιο σκίαστρο. Έτσι στις νότιες προσόψεις αποτελεσματικότερη ηλιοπροστασία παρέχουν τα μόνιμα οριζόντια σκίαστρα.

- η σκίαση των ανοιγμάτων στην ανατολή και τη δύση είναι πιο δύσκολη και θέλει ιδιαίτερη προσοχή, καθώς ο ήλιος είναι κάθετος στο κτήριο και οι ακτίνες

διδεισδύουν βαθιά στο εσωτερικό του. Οι ανατολικές και δυτικές όψεις δέχονται το μεγαλύτερο ηλιασμό από Μάιο μέχρι Ιούλιο όποτε και δέχονται μεγάλη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας. Αντίθετα το χειμώνα δέχονται λίγο ηλιασμό το πρωί και το απόγευμα. Για τα ανατολικά και δυτικά παράθυρα απαιτείται σκίαση κατακόρυφου τύπου.

- Ο βόρειος προσανατολισμός δέχεται ελάχιστη ηλιακή πρόσπτωση το πρωί και το βράδυ και ενδείκνυται και αυτός για χώρους θερινής χρήσης ή με απαιτήσεις σε σταθερό φωτισμό. Έτσι σε όψεις με βόρειο προσανατολισμό συνήθως τοποθετούνται μόνιμα κατακόρυφα σκίαστρα.



Εικόνα 44 Συμβολή σκιάστρου ανάλογα τον προσανατολισμό.

### 5.1 Ανάλογα τη Δυνατότητα Χειρισμού

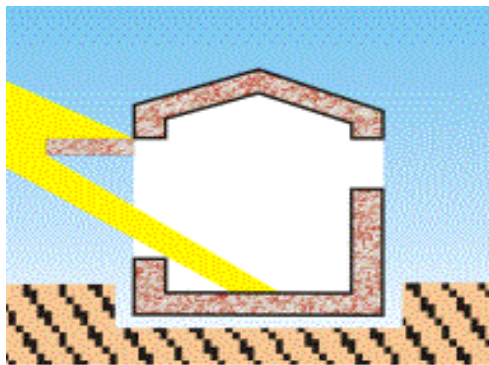
- ΣΤΑΘΕΡΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ

Στις σταθερές κατασκευές ανήκουν οι γνωστοί σε όλους μας εξώστες, τα γείσα, οι κατακόρυφες ή οριζόντιες προεξοχές που είναι προέκταση της πλάκας, πέργολες και οριζόντια προστεγάσματα από σκυρόδεμα, ξύλο, ή μέταλλο, όπου εκτός από το λειτουργικό και αισθητικό ρόλο που παίζουν για το κτήριο, συμβάλλουν σε μεγάλο ποσοστό στη σκίαση των εσωτερικών χώρων. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και οι εξωτερικές περσίδες που τοποθετούνται στις όψεις των κτηρίων. Τα σταθερά σκίαστρα τοποθετούνται συνήθως στο εξωτερικό του κτηρίου και είναι κατασκευασμένα από μέταλλο, γυαλί, μπετόν αρμέ, πολυκαρβονικό κ.α. Τα πλεονέκτημα τους είναι ότι δεν χρειάζονται συντήρηση.

Ένας οριζόντιος πρόβολος πάνω από ένα νότια προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει στο χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει στο εσωτερικό του κτηρίου, ενώ το καλοκαίρι τον εμποδίζει. Το μέγεθος του προβόλου

αυτού εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο βρίσκεται το κτήριο. Για την Αθήνα, για παράδειγμα, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι 55-60°.

Οι πρόβολοι που εκτείνονται δεξιά και αριστερά των ανοιγμάτων είναι πιο αποτελεσματικοί από πρόβλους που καλύπτουν μόνο το πλάτος του παραθύρου. Προστεγάζματα από οπλισμένο σκυρόδεμα- υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα- μεταδίδουν με αγωγή και μεταφορά στο κέλυφος του κτηρίου τη θερμότητα που έχουν αποθηκεύσει στη μάζα τους από την ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται στη διάρκεια της ημέρας και πρέπει να αποφεύγονται.



Εικόνα 45 Σταθερά σκίαστρα.

- ΚΙΝΗΤΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ

Τα κινητά σκίαστρα αποτελούν κάποιες πρόσθετες ηλιοπροστατευτικές διατάξεις, κατασκευασμένες από ελαφριά υλικά (μέταλλο, αλουμίνιο, πλαστικό, ξύλο). Επίσης μπορούν να ελέγχονται χειροκίνητα, μηχανικά ή αυτόματα (π.χ. ανάλογα με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, την εξωτερική ή εσωτερική θερμοκρασία). Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε ένα σύστημα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης του κτηρίου. Η κινητή ηλιοπροστασία παρέχει τη δυνατότητα ημερήσιας και εποχιακής προσαρμογής στις απαιτήσεις ηλιασμού του χώρου.

Μπορούν να αποτρέπουν μεγάλο μέρος της διάχυτης και ανακλώμενης ακτινοβολίας κατά την περίοδο του καλοκαιριού αφού ελαχιστοποιούν το ηλιακό κέρδος την ημέρα ενώ επιτρέπουν το δροσισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τη χειμερινή περίοδο συμβαίνει το αντίστροφο. Η συντήρησή τους πρέπει να είναι συχνή για να λειτουργούν σωστά με αποτέλεσμα να μην είναι τόσο οικονομικά. Επιπλέον ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει το σωστό τρόπο λειτουργίας κάθε φορά προκειμένου να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία.



Εικόνα 46 Κινητά σκίαστρα.

## 5.2 Ανάλογα με τη Θέση στο Κέλυφος

- ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Αυτά που κατασκευάζονται έξω από το κέλυφος αντιμετωπίζουν πιο αποτελεσματικά τις αρνητικές ιδιότητες της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς είναι πιο αποτελεσματική η εμπόδιση της πριν περάσει το περίβλημα του κτηρίου και επιτυγχάνεται η άμεση ανάκλαση της, επιτρέποντας παράλληλα στο κτήριο να αερίζεται επαρκώς. Έτσι, στις περισσότερες περιπτώσεις αποφεύγεται η δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου στους εσωτερικούς χώρους. Τα συστήματα αυτά, αποτελούν κατά βάση δυναμικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής μελέτης του κτηρίου και σχεδιάζονται εξετάζοντας τις αντίστοιχες παραμέτρους της περιοχής, του προσανατολισμού, της θέσης κλπ. Τοποθετούνται στις όψεις συνήθως κατά τη διάρκεια της κατασκευής του κτηρίου, δημιουργώντας ζώνες σκίασης σταθερές ή ρυθμιζόμενες. Τα εξωτερικά είναι συνήθως παραθυρόφυλλα, τέντες, πρόβολοι, ρολά, παντζούρια, κατακόρυφες και οριζόντιες περσίδες. Όσον αφορά το χρώμα των εξωτερικών σκίαστρων όταν αυτό σκουραίνει η λειτουργία τους είναι αποτελεσματικότερη διότι ανακλούν λιγότερη ακτινοβολία στο εσωτερικό. Τα παράθυρα θα πρέπει φυσικά να είναι κλειστά διότι η διεύθυνση του ανέμου μπορεί να μεταφέρει τη θερμότητα στο εσωτερικό. Τα συστήματα εξωτερικής σκίασης ανήκουν στα παθητικά συστήματα ηλιοπροστασίας και κατ' επέκταση στις μεθόδους φυσικού κλιματισμού των χώρων.



Εικόνα 47 Σκίαστρα εξωτερικά του κελύφους.

#### ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Στην επιφάνεια του κελύφους είναι αυτά που τοποθετούνται ανάμεσα σε δυο τζάμια και είναι συνήθως περσίδες ή ρολά. Οι περσίδες είναι τοποθετημένες στα δύο φύλλα του κουφώματος και γι' αυτό το λόγω είναι προστατευμένες από τον αέρα, τις καιρικές συνθήκες, τη βρωμιά και τα χτυπήματα. Σε κλειστή θέση συμβάλουν στη θερμομόνωση του κουφώματος κατά  $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Προσφέρουν προστασία από τον ήλιο, τη θέα και το φως. Στα κουφώματα με διπλό φύλλο μπορούν οι περσίδες που βρίσκονται ενδιάμεσα στην υάλωση να λειτουργήσουν με κορδόνι ή με ηλεκτροκινητήρα. Τα συστήματα σκίασης που εφαρμόζονται πάνω στο κέλυφος έχουν μικρότερη αλλά επαρκή απόδοση ως μέθοδος. Τα συστήματα αυτά σκιάζουν μόνο την επιφάνεια των ανοιγμάτων και θερμαίνουν και τις δυο επιφάνειες του γυαλιού με αποτέλεσμα να πρέπει να χρησιμοποιούνται τζάμια υψηλής αντοχής.



Εικόνα 48 Τομή σκιάστρου στην επιφάνεια του κελύφους.

- ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Τα εσωτερικά σκίαστρα συνήθως λειτουργούν ως βοηθητικά στη σκίαση και προσφέρουν μόνο μερική προστασία αφού η προσπίπτουσα ακτινοβολία διαπερνά τα υαλοστάσια των ανοιγμάτων και αυξάνει τη θερμοκρασία του αέρα μεταξύ αυτών και των εσωτερικών σκιάστρων. Έτσι, αυξάνεται και η θερμοκρασία του εσωτερικού του κτηρίου. Τέτοια συστήματα είναι τις περισσότερες φορές βενετικές περσίδες και υφασμάτινα ή συνθετικά ρολά. Στα εσωτερικά σκίαστρα όσο το χρώμα ανοίγει η αποτελεσματικότητα αυξάνει διότι η ακτινοβολία ανακλάται προς τα έξω. Για λόγους τεχνικούς ή οικονομικούς μπορεί να είναι προτιμότερα εσωτερικά σκίαστρα, όπως βενετικά στόρια, περσίδες, εσωτερικά παντζούρια, κουρτίνες, κ.λπ., ή και συνδυασμός εξωτερικής σταθερής σκίασης με εσωτερική.



Εικόνα 49 Σκίαση εσωτερικά του κελύφους.

### 5.3 Ανάλογα τη Γεωμετρία

Συνήθως τοποθετούνται στις πλευρές εκείνες του σπιτιού όπου η θερμική επιβάρυνση λόγω του ήλιου είναι μεγαλύτερη με στόχο την βελτίωση της θερμικής απόδοσης του κτηρίου.

- ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ

Στην ανατολική και τη δυτική πλευρά η ηλιοπροστασία μπορεί να επιτευχθεί με κατακόρυφα σκίαστρα τοποθετημένα παράλληλα προς την ανατολική και τη δυτική όψη. Τέτοια σκίαστρα είναι οι κατακόρυφες τέντες, τα στορ, οι εξωτερικές κουρτίνες και συστάδες δένδρων. Όταν τα ανατολικά και δυτικά σκίαστρα απέχουν από τους τοίχους του κτηρίου, δημιουργείται ανάμεσα σ' αυτό και στο κτήριο ένας σκιερός αεριζόμενος χώρος που κάνει την ηλιοπροστασία πολύ αποτελεσματικότερη.





Εικόνα 50 Κατακόρυφο σκιάστρο.

- ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ

Οι ειδικοί συνιστούν να τοποθετούνται οριζόντια σκιάστρα σε νότιους, νοτιοδυτικούς, νοτιοανατολικούς προσανατολισμούς σε τέτοιο μέγεθος προκειμένου να μην εμποδίζεται ο χειμερινός ήλιος.



Εικόνα 51 Οριζόντιο σκιάστρο.

## 5.4 Συστήματα Σκίασης

### Παντζούρια ή εξώφυλλα

Τα εξώφυλλα ή παντζούρια κατασκευάζονται κατά περίπτωση από ξύλο, μέταλλο ή πλαστικό και ανάλογα με το μηχανισμό κίνησης ελέγχεται το επιθυμητό αποτέλεσμα στη σκίαση. Υπάρχουν συρόμενα, ανοιγόμενα, πτυσσόμενα. Τα παντζούρια συμβάλλουν στο στυλ της πρόσοψης ενός κτηρίου. Με τα παντζούρια μπορεί να ρυθμιστεί το φως, η σκίαση και η θέα. Επίσης όταν είναι κλειστά βελτιώνεται η ασφάλεια, η θερμομόνωση και ηχομόνωση. Τα συνθετικά παντζούρια είναι μονωτικά και δεν εκπέμπουν τη θερμότητα. Με τη χρήση υψηλής ποιότητας συνθετικό και ανθεκτικούς στη διάβρωση μηχανισμούς, τα παντζούρια μένουν ανεπηρέαστα στο χρόνο και στις καιρικές συνθήκες, με ελάχιστη απαίτηση.



Εικόνα 52 Παντζούρια.

#### Περσίδες ηλιοπροστασίας.

Οι περσίδες μπορεί να είναι προκατασκευασμένες από σκυρόδεμα, οι οποίες τοποθετούνται σταθερά υπό τη βέλτιστη γωνία κατά την κατασκευή του κτηρίου, είτε μεταλλικές, ξύλινες, γυάλινες, πλαστικές, οριζόντιες ή κατακόρυφες, οι οποίες κατασκευάζονται κατά περίπτωση σταθερές ή ρυθμιζόμενες. Η ρύθμιση αυτού του τύπου των περσίδων πραγματοποιείται ηλεκτρικά ή χειροκίνητα, ενώ παράλληλα έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται εξελιγμένες μέθοδοι όπου η ρύθμιση γίνεται αυτόματα ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία. Μερικοί τύποι αυτών των περσίδων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη θερμοηχομονωτική προστασία της κατασκευής.



Εικόνα 53 Περσίδες ηλιοπροστασίας.

#### Ρολά

Τα ρολά αποτελούν ένα συνήθη εξωτερικό τρόπο σκίασης των κουφωμάτων. Συστήματα ρολών μπορούν να τοποθετηθούν τόσο σε νέες όσο και σε υπάρχουσες

κατασκευές. Διατίθενται συστήματα με πλαίσια αλουμινίου και φυλλαράκια από αλουμίνιο διέλασης ή κατάλληλα διαμορφωμένο έλασμα με πλήρωση από πολυουρεθάνη ή φυλλαράκια από συνθετικό υλικό. Τα φυλλαράκια διέλασης μπορούν να βαφούν όπως τα προφίλ αλουμινίου σε ποικιλία χρωμάτων ή να έχουν εμφάνιση ξύλου. Η κίνηση των ρολών μπορεί να γίνεται με ιμάντα, μανιβέλα, κινητήρα με δυνατότητα ανίχνευσης εμποδίων ή με συνδυασμό κινητήρα με μανιβέλα. Επίσης μπορούν να λειτουργήσουν και με τηλεχειρισμό. Ο ιμάντας είναι ο απλούστερος και ο πιο οικονομικός τρόπος κίνησης των ρολών. Όταν το ρολό είναι ανοιχτό μαζεύεται σε μια ειδική θήκη στο εσωτερικό του χώρου. Η μανιβέλα μπορεί να είναι είτε μόνιμη είτε αποσπώμενη. Οι ηλεκτροκινητήρες δίνουν τη δυνατότητα κίνησης χωρίς κόπο και έχουν τη δυνατότητα τηλεχειρισμού ή λειτουργίας που βασίζεται στην αξιοποίηση πληροφοριών από αισθητήρες (βροχή, ήλιο, θερμοκρασία). Οι αυτοματισμοί μπορεί να ελέγχουν ένα ή και περισσότερα ρολά.

Στην περίπτωση που δεν έχει προβλεφθεί εξώφυλλο για το κούφωμα μια προσιτή επιλογή σκίασης είναι οι ρολοκουρτίνες εξωτερικής τοποθέτησης που εφαρμόζονται σε κάθετες, επικλινείς και οριζόντιες επιφάνειες διάφορων μεγεθών.

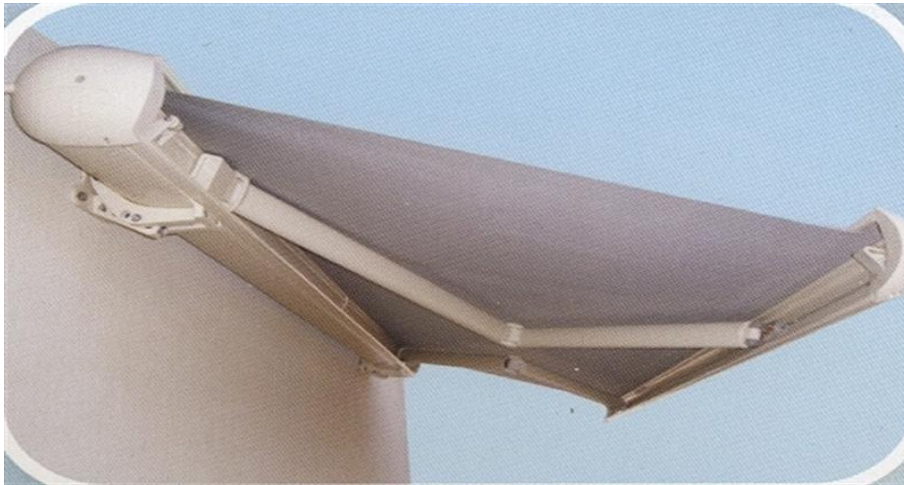


Εικόνα 54 Ρολό.

### Τέντες

Η δυνατότητα επιλογής, μοντέρνων και αποτελεσματικών συστημάτων σκίασης όπως οι τέντες μπορούν να εξασφαλίσουν αρμονική αισθητική ακόμη και σε προσόψεις με πολύπλοκο ή ιδιαίτερο σχεδιασμό, τόσο σε επαγγελματικά κτήρια όσο και σε κατοικίες. Διάφορες εφαρμογές σκίασης με τέντες, όπως οι τέντες αιθρίων, οι οριζόντιες ή κάθετες τέντες για διαμόρφωση πρόσοψης, αποτελούν το συνώνυμο της βέλτιστης ενεργειακά σκίασης. Υφασμάτινες, μεταλλικές ή πλαστικές, σε διάφορα σχέδια και μεγέθη, με χειροκίνητους είτε ηλεκτροκίνητους μηχανισμούς αποτελούν σύστημα σκίασης ευέλικτο, γρήγορο και οικονομικό, με ικανοποιητικές αποδόσεις. Το βασικό μειονέκτημά τους ως επιλογή είναι η αναπόφευκτη φθορά τους, καθώς οι περισσότεροι τύποι τέντας δεν συντηρούνται εύκολα και λόγω της σοβαρής

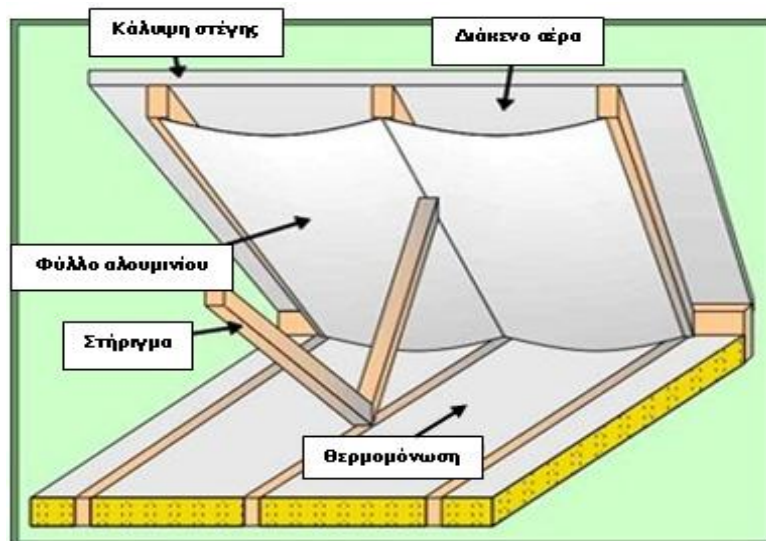
καταπόνησης από τα καιρικά φαινόμενα, χρήζουν αντικατάστασης περιοδικά. Επίσης τέντες με κλειστά σχήματα παγιδεύουν ποσότητες θερμού αέρα σκίασης.



Εικόνα 55 Τέντα.

#### Φράγμα ακτινοβολίας

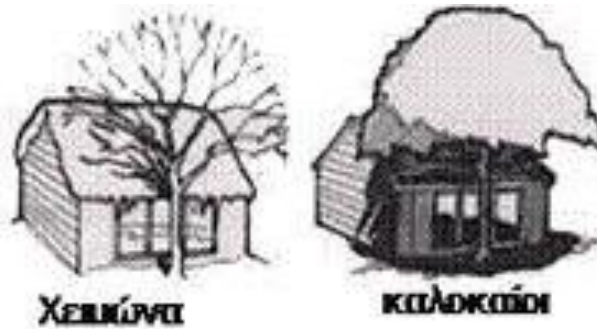
Το φράγμα ακτινοβολίας είναι μια τεχνική ηλιοπροστασίας που χρησιμοποιείται σε περιοχές που η ψύξη του κτηρίου θεωρείται πιο σημαντική από τη θέρμανσή του. Αποτελείται από λεπτά φύλλα αλουμινίου που τοποθετούνται κάτω από τη στέγη και λειτουργώντας ως καθρέπτες ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία. Το φράγμα ακτινοβολίας συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα μικρό στρώμα θερμομόνωσης στην οροφή ή στο δώμα του κτηρίου. Έτσι, μπορεί να αντικαταστήσει συμβατικά στρώματα θερμομόνωσης που έχουν μεγάλο πάχος. Προκειμένου να επιτυγχάνεται η βέλτιστη απόδοση της μεθόδου αυτής, πρέπει να εξασφαλίζεται καλός διαμπερής αερισμός της στέγης ώστε να απομακρύνεται η πλεονάζουσα θερμότητα στο περιβάλλον.



Εικόνα 56 Φράγμα ακτινοβολίας.

### Φυλλοβόλα δέντρα

Ο σκιασμός τόσο του υπαίθριου χώρου όσο και των κτηρίων με τη φύτευση είναι πολύ αποτελεσματικός. Η επιλογή της φύτευσης, με υψηλό ή χαμηλό πράσινο, καθορίζεται από την επιθυμητή ηλιοπροστασία των κτηρίων και των υπαίθριων χώρων. Ακόμη και δέντρα χωρίς φύλλωμα, εμποδίζουν κατά 40-80% τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Εάν μάλιστα επιλεγθούν φυλλοβόλα φυτά τότε προσφέρεται ο κατάλληλος εποχιακός σκιασμός μια που η ανάπτυξη του φυλλώματος συμπίπτει με το χρόνο που είναι επιθυμητή η προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι τα φυλλοβόλα δέντρα παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη ως και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα αφήνουν τις ωφέλιμες ηλιακές ακτίνες να εισχωρούν στο κτήριο. Η ηλιοπροστασία με τη φύτευση συμβάλλει ουσιαστικά στον έλεγχο της υπερθέρμανσης των κτηρίων. Τα φυτά που σκιάζουν ένα άνοιγμα είναι πιο αποτελεσματικά από την τεχνητή ηλιοπροστασία αφενός διότι σταματούν την ηλιακή ακτινοβολία αρκετά μακριά πριν φτάσει στο κτήριο αφετέρου επειδή δεν θερμαίνονται τα ίδια για να επιβαρύνουν το περιβάλλον με θερμότητα. Εκτός, όμως, από τη σκίαση του κτηρίου, η βλάστηση έχει την ιδιότητα να παρέχει δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και συχνά, να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτήριο κατά το δοκούν, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό ή τη θερμική προστασία του. Το είδος του φυτού, και ιδιαίτερα το σχήμα της κόμης (π.χ. στρογγυλό, πυραμιδοειδές) ρυθμίζουν το ποσοστό του σκιασμού. Για τους βόρειους τοίχους, πρέπει να χρησιμοποιούνται αειθαλή φυτά, όπως η κληματίδα και ο κισσός, που είναι μεγάλης αντοχής στο κρύο και τους ανέμους και δεν έχουν ανάγκη άμεσου ηλιασμού. Σχετικά με τους άλλους προσανατολισμούς, κατάλληλα είναι σχεδόν όλα τα φυλλοβόλα αναρριχώμενα φυτά, ειδικά εκείνα που προτιμούν τις άμεσα ηλιαζόμενες θέσεις. Για δυτικό προσανατολισμό, όταν θέλουμε κάθετη σκίαση, πιο κατάλληλα είναι τα αυτοαναρριχώμενα, όπως ο παρθενοκισσός και η αμπελάγη. Για τον νότιο προσανατολισμό, καθώς και για τα δώματα, κατάλληλα είναι τα φυτά που αναρριχώνται σε πέργκολες και προσφέρουν οριζόντια σκίαση. Κατάλληλα φυτά είναι η κληματιά, η βουκαμβίλια, η ιπομοία, η γλυσίνα και η πασιφλόρα, που δίνουν και εποχιακό χρώμα με τα εντυπωσιακά άνθη τους. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι πολλά φυτά, έχουν την δυνατότητα να απορροφήσουν μεγάλα ποσοστά των εσωτερικών και εξωτερικών ρύπων, π.χ. ο πόθος (*scindapsus*) απορροφά το 73% του βενζολίου και το 75% του CO (μονοξειδίου του άνθρακα).



Εικόνα 57 Σκίαση με φυλλοβόλα δέντρα.

#### Ανακλαστικά επιχρίσματα.

Βασική τεχνική για την ηλιοπροστασία του κτηριακού κελύφους είναι, εκτός της σκίασης, η αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ανακλαστικών (ανοιχτόχρωμων) επιχρισμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες των κτηρίων, η οποία μειώνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το κτηριακό κέλυφος και συνεπώς, τη θερμική επιβάρυνση του κτηρίου τους θερμούς μήνες. Τα παράθυρα των κτηρίων συντελούν σε ένα μεγάλο ποσοστό στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων γιατί από αυτά μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων.



Εικόνα 58 Ανακλαστικά επιχρίσματα.

Συμπερασματικά ένας γενικά οικονομικός συνδυασμός σκιάστρων που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ηλιοπροστασία σε συνήθη κτήρια είναι σταθερά δομικά στοιχεία (οριζόντια ή κατακόρυφα, ανάλογα με τον προσανατολισμό) και εσωτερικά στόρια, τα οποία επί πλέον, μπορούν να συνεισφέρουν και στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού (περιορίζοντας τη θάμβωση που προκαλείται από τα παράθυρα, μέσω της εκτροπής των ηλιακών ακτινών προς την οροφή). Μια άλλη τεχνική, η οποία είναι ιδανική για μεσογειακά κλίματα είναι η χρήση των παραδοσιακών παντζουριών με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες περσίδες, που

εξασφαλίζουν ελεγχόμενη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοπροστασία, ρύθμιση φυσικού φωτισμού) και δυνατότητα αερισμού, αλλά και νυχτερινή θερμική προστασία για το χειμώνα.

# Κεφάλαιο 6



## 6. Φωτισμός

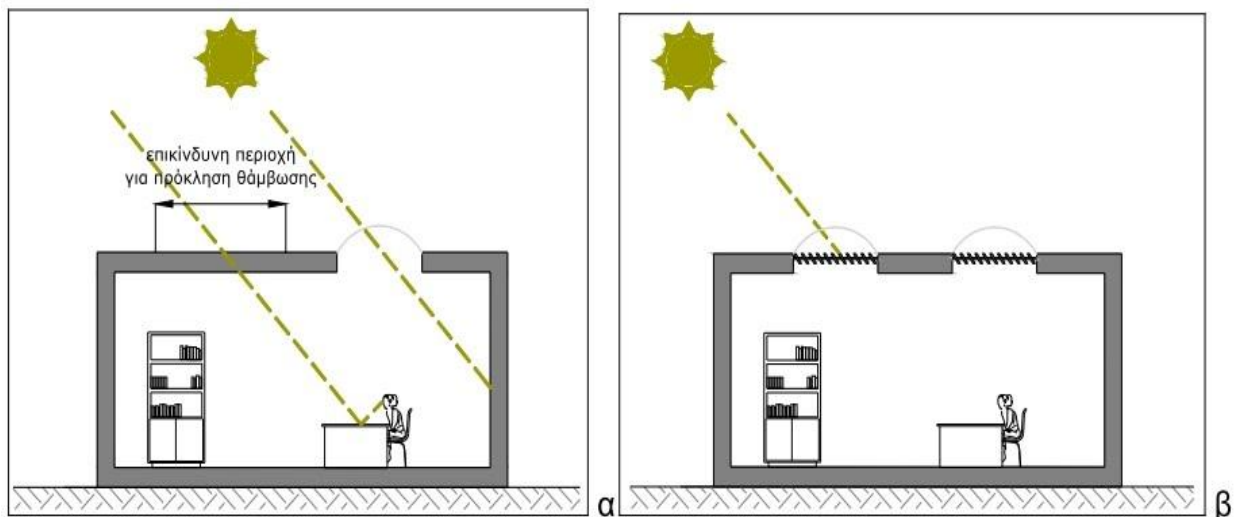
Για εκατοντάδες χρόνια όλα τα κτήρια σχεδιάζονται και κατασκευάζονται κάτω από μια μοναδική και σταθερή πηγή. Η μοναδική πηγή φυσικού φωτός είναι ο ήλιος. Το φυσικό φως [8-9], [12], [15], που φτάνει στη γη προέρχεται από τη διάχυση του φυσικού φωτός στη γήινη ατμόσφαιρα και η διανομή της έντασης του εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες.

Το ποσό του φυσικού φωτός που παίρνει μια δοσμένη εξωτερική επιφάνεια έχει τρία συστατικά:

- Το φως που παραλαμβάνεται από τον ουρανό, αφού διαχυθεί, από τα αέρια στην ατμόσφαιρα και από τα σταγονίδια νερού στα σύννεφα
- Το φως από τα δύο προηγούμενα συστατικά, αφού ανακλαστεί από το έδαφος και άλλες γειτονικές επιφάνειες.
- Εσωτερικά σε ένα κτήριο πρέπει να προστεθεί ένα τέταρτο συστατικό. Αυτό είναι το φως που ανακλάται από τις εσωτερικές επιφάνειες

Ο σχεδιασμός με γνώμονα το φυσικό φωτισμό έχει άμεση σχέση με την κατανάλωση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Από σχετικές μελέτες έχει προκύψει ότι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για το φωτισμό και τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών ενός εξώροφου κτηρίου γραφείων κατά τη διάρκεια της ζωής του (75 έτη) υπερβαίνει το συνολικό κόστος κατασκευής του. Αν όμως υιοθετηθούν συστήματα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτός το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας μειώνεται κατά περίπου 60%.

Η θέση του στο οικόπεδο, το σχήμα και η γεωμετρία των εσωτερικών χώρων, το ποσοστό των διάφανων στοιχείων του κτηρίου, ο προσανατολισμός και τα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων δεν καθορίζουν μόνο το χαρακτήρα, την αισθητική και τη λειτουργικότητα του κτηρίου, αλλά επηρεάζουν σημαντικά την ποσοτική στάθμη και την ποιότητα του φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους. Η ποιότητα φωτισμού ενός εσωτερικού χώρου προσδιορίζεται κυρίως από το ενδεχόμενο δημιουργίας θάμβωσης η οποία ορίζεται ως η κατάσταση κατά την οποία υπάρχει όχληση ή αδυναμία όρασης λεπτομερειών ή αντικειμένων λόγω κακής κατανομής του φωτισμού και υπερβολικής αντίθεσης στη φωτεινότητα των εσωτερικών επιφανειών του. Η σωστή χωροθέτηση, διαστασιολόγηση και προστασία των ανοιγμάτων, οι οπτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα και συγχρόνως, η αύξηση της λαμπρότητας των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου, απομακρύνουν τον κίνδυνο της θάμβωσης και της οπτικής δυσφορίας.



Εικόνα 59 α) Πρόκληση θάμβωσης β) Τρόπος αντιμετώπισης θάμβωσης.

Επομένως, ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού:

- παρέχει στο κτήριο την αναγκαία ποσότητα φωτισμού για την εκτέλεση των συγκεκριμένων εργασιών
- συνεισφέρει στη σωστή κατανομή του φωτισμού στο χώρο ώστε να δημιουργούνται συνθήκες οπτικής άνεσης
- συμβάλλει στην θέρμανση των χώρων με την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και συγχρόνως αποτρέπει την υπερθέρμανσή τους

Για να υλοποιηθεί ο στόχος του φυσικού φωτισμού, δηλαδή η παροχή ικανοποιητικής ποσότητας και ποιότητας και η ομαλή κατανομή του φυσικού φωτός στο κτήριο, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες και στρατηγικές σχεδιασμού:

- οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής (νέφωση του ουρανού, φωτεινότητα) και το γεωγραφικό πλάτος (γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας)
- οι ανάγκες φωτισμού του χώρου αναλόγως με τη λειτουργία του
- τα εξωτερικά εμπόδια
- το σχήμα του κτηρίου (βαθύ - ρηχό)
- ο προσανατολισμός, η γεωμετρία του κτηρίου και η οργάνωση των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν
  - η θέση και οι οπτικές ιδιότητες των επιφανειών του εσωτερικού χώρου που ανακλούν το φως
  - η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου
  - ο προσανατολισμός, η θέση, το σχήμα και το μέγεθος των ανοιγμάτων και των εν γένει διαφανών στοιχείων
  - τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των μόνιμων ή κινητών στοιχείων που εφαρμόζονται στα ανοίγματα και εν γένει όλων των διατάξεων που ρυθμίζουν την είσοδο και την κατανομή του φωτός
  - οι οπτικές ιδιότητες και τα θερμικά χαρακτηριστικά των υαλοστασίων και των διαφανών εν γένει στοιχείων.

Από αυτούς τους παράγοντες, ο προσανατολισμός και το σχήμα του κτηρίου, η οργάνωση των χώρων, η γεωμετρία των εξωτερικών εμποδίων και οι ιδιότητες των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών, σε σχέση με την ανακλαστικότητα τους, αφορούν κρίσιμες αποφάσεις για τον ικανοποιητικό φυσικό φωτισμό του κτηρίου, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται στο αρχικό στάδιο του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Στην επόμενη φάση της σχεδιαστικής διαδικασίας γίνεται η επιλογή των διαφανών στοιχείων, βασικών ρυθμιστών του εισερχόμενου φυσικού φωτός ως προς τον προσανατολισμό, τη θέση, το μέγεθος, το πλήθος, τις γεωμετρικές αναλογίες. Η επιλογή των ανοιγμάτων καθορίζεται από το μέγεθος και τη λειτουργία του κτηρίου καθώς και από την εξωτερική του εμφάνιση. Η τελική απόφαση, όσον αφορά το φυσικό φωτισμό, εστιάζεται στην επιλογή των υαλοπινάκων και των πρόσθετων ηλιοπροστατευτικών ή φωτοενισχυτικών στοιχείων των ανοιγμάτων.

- Ο νότιος προσανατολισμός είναι αρκετά καλός ως προς τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτός, ιδιαίτερα τη χειμερινή περίοδο. Τη θερινή περίοδο όμως, λόγω της υψηλής λαμπρότητας που παρατηρείται στις Μεσογειακές χώρες και τη συνεχή μεταβολή της στάθμης του φωτισμού, εάν δε συνδυαστεί με κατάλληλη σκίαση, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ανισοκατανομής και θάμβωσης.

- Ο δεύτερος καλύτερος προσανατολισμός, σε σχέση με το φυσικό φωτισμό του χώρου, είναι ο βορινός, εξαιτίας της σταθερότητας του φωτός στη διάρκεια της ημέρας, και του μειωμένου κινδύνου για θάμβωση. Αν και η ποσότητα του φωτισμού μπορεί να είναι χαμηλή κατά τη χειμερινή περίοδο, η ποιότητα είναι σταθερή, επειδή δεν υπάρχει πρόσπτωση άμεσης ακτινοβολίας.

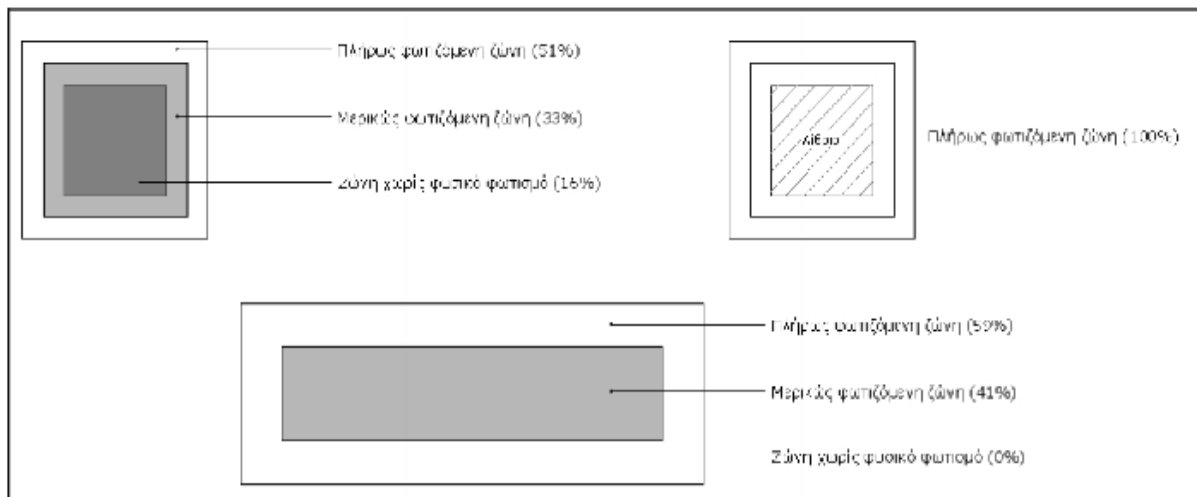
- Οι χειρότεροι προσανατολισμοί, σε σχέση με το φυσικό φως, είναι ο ανατολικός και ο δυτικός, γιατί δέχονται ανομοιογενή κατανομή της ακτινοβολίας, τόσο ημερήσια όσο και εποχιακή. Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα είναι ότι η χαμηλή θέση του ήλιου στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό δημιουργεί έντονα προβλήματα θάμβωσης.

Το σχήμα του κτηρίου καθορίζει την ποσότητα των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό σε σχέση με το φωτιζόμενο χώρο.

- Σε κτήριο με τετράγωνη κάτοψη το 16% της κάτοψης δε δέχεται καθόλου φυσικό φωτισμό. Ένα ποσοστό 51% φωτίζεται πλήρως και το υπόλοιπο 33% μερικώς.

- Σε κτήριο με ορθογώνια κάτοψη δεν δημιουργούνται «σκοτεινοί χώροι». Η περιοχή που φωτίζεται πλήρως ανέρχεται σε ποσοστό 59% και η φωτιζόμενη μερικώς σε ποσοστό 41%.

- Σε κτήριο με τετράγωνη κάτοψη και κεντρικό αίθριο, όλοι οι χώροι φωτίζονται πλήρως με φυσικό φως.



**Εικόνα 60 Πληρότητα φωτισμού ανάλογα το σχήμα του κτηρίου.**

Τα διαφανή στοιχεία στο κέλυφος του κτηρίου καθορίζουν την ποσότητα και την ποιότητα του εισερχόμενου φυσικού φωτός, καθώς και την οπτική επαφή των χρηστών με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ τα αδιαφανή στοιχεία θα καθορίσουν τον τρόπο που αυτό κατανέμεται στις εσωτερικές επιφάνειες. Με το σχεδιασμό των διαφανών στοιχείων και τη διαμόρφωση των επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου πρέπει να αποφεύγεται τόσο η ανομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού και η άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο εργασίας όσο και η μεγάλη διαφορά λαμπρότητας μεταξύ των εσωτερικών επιφανειών που δέχονται διαφορετική ποσότητα φυσικού φωτός.

### 6.1 Διαφανή Στοιχεία

Τα διαφανή στοιχεία, εξεταζόμενα ως προς τον φυσικό φωτισμό, διακρίνονται σε:

- πλευρικά ανοίγματα.
- ανοίγματα οροφής.
- διαφανείς τοίχους και οροφές.

Τα ανοίγματα αποτελούν την καθοριστικότερη παράμετρο για το φυσικό φωτισμό των εσωτερικών χώρων. Το μέγεθος, η θέση τους στην εξωτερική τοιχοποιία, ο προσανατολισμός και το υλικό πλήρωσης τους αποτελούν τις σημαντικότερες παραμέτρους επιρροής της ποσοτικής και χωρικής κατανομής του φυσικού φωτός στο χώρο. Εκτός από μέσο μετάδοσης του φυσικού φωτισμού, τα ανοίγματα επιτελούν αρκετές άλλες λειτουργίες οι οποίες αρκετές φορές είναι αντιφατικές μεταξύ τους. Για παράδειγμα τα ανοίγματα μεγάλου μεγέθους προσφέρουν υψηλά επίπεδα φωτισμού στον εσωτερικό χώρο αλλά οδηγούν συχνά σε ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη ή έντονες θερμικές απώλειες. Με προσεχτικό σχεδιασμό όμως είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές επιπτώσεις των ανοιγμάτων χρησιμοποιώντας ειδικούς υαλοπίνακες και κατάλληλη ηλιοπροστασία. Ωστόσο το μέγεθος των ανοιγμάτων δεν καθορίζεται μόνο με βάση τη θερμική συμπεριφορά του χώρου και την κάλυψη των απαιτήσεων σε φυσικό φωτισμό αλλά σε συνδυασμό με την ανάγκη

για εξασφάλιση επαρκούς ηχομόνωσης, θέας, ασφάλειας και ιδιωτικότητας στους ενοίκους.

**ΠΛΕΥΡΙΚΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ:** Σε γενικές γραμμές η επιφάνεια του ανοίγματος είναι ανάλογη με τα επίπεδα φυσικού φωτισμού στον εσωτερικό χώρο. Μάλιστα η αύξηση του μεγέθους του ανοίγματος κατά 10% έχει αποτέλεσμα την αύξηση του μέσου παράγοντα φυσικού φωτισμού κατά περίπου 1%. Η θέση των ανοιγμάτων επηρεάζει τόσο την κατανομή όσο και την ποιότητα του εισερχόμενου φυσικού φωτός. Η τοποθέτηση τους συμμετρικά στην όψη του χώρου συνεισφέρει στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού, ελαχιστοποιώντας την έντονη αντίθεση στην ένταση φωτισμού στις διάφορες περιοχές του χώρου και κατ' επέκταση την πιθανότητα δημιουργίας θάμβωσης. Το ύψος ποδιάς και το συνολικό ύψος του ανοίγματος επηρεάζουν τα επίπεδα φωτισμού στον εσωτερικό χώρο, καθώς όσο υψηλότερα βρίσκεται η άνω παρειά του ανοίγματος τόσο περισσότερο φυσικό φως και σε μεγαλύτερο βάθος εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο, κυρίως στις συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού. Όπως είναι λογικό τα επίπεδα φυσικού φωτισμού εξαρτώνται άμεσα από τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα.

**ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΟΡΟΦΗΣ:** Τα ανοίγματα οροφής εφαρμόζονται συνήθως στους ανώτερους ορόφους κτηρίων με μεγάλη περίμετρο, τα πλευρικά ανοίγματα των οποίων δεν επαρκούν για το φωτισμό των εσωτερικών χώρων. Η διαστασιολόγηση τους, η επιλογή του αριθμού και της θέσης τους στην οροφή του χώρου εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα του φυσικού φωτός στο εξωτερικό περιβάλλον και τις ανάγκες του χώρου σε φωτισμό. Ο άνωθεν φωτισμός κατανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο παρέχοντας καλύτερες οπτικές συνθήκες. Επιπλέον η θέση τους ελαχιστοποιεί την πιθανότητα σκίασης τους από εξωτερικά εμπόδια ή εξωτερικές διατάξεις μεγιστοποιώντας την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός. Ωστόσο τα ανοίγματα οροφής επηρεάζουν το θερμικό ισοζύγιο του χώρου οδηγώντας σε υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στην περίπτωση εφαρμογής συμβατικών υαλοπινάκων.

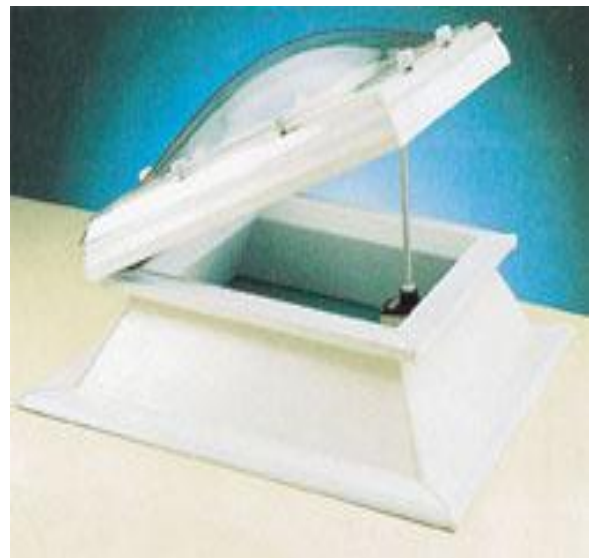
**ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ ΤΟΙΧΟΙ ΚΑΙ ΟΡΟΦΕΣ:** Οι τοιχοποιίες και οι οροφές, όταν προβλέπεται από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό να λειτουργούν ως στοιχεία που συμβάλλουν στο φυσικό φωτισμό των χώρων, ανάλογα με το εάν είναι επιθυμητή η οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον κατασκευάζονται με διαφανή ή ημιδιαφανή υλικά. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι γυαλί, πλαστικά ή συνθετικά υλικά (πολυκαρβονικά, ακρυλικά, υαλοϋφάσματα, κλπ.) ή και διαφανής μόνωση. Η πλήρης επικάλυψη όμως των χώρων με διαφανή-ημιδιαφανή υλικά δεν παρέχει ικανοποιητική θερμομόνωση. Τοιχοποιίες και οροφές μπορεί να κατασκευαστούν και από διαφανή θερμομόνωση. Πρόκειται για ημιδιαφανές θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, κυρίως πολυκαρβονικής προέλευσης, που τοποθετείται στο διάκενο δίδυμου υαλοπίνακα με πλαίσιο.

## 6.2 Φωτοενισχυτικές Διατάξεις

Τη διεύθυνση του φυσικού φωτός επιτρέπουν ειδικές διατάξεις όπως είναι οι φεγγίτες, οι κουπόλες και οι φωτοσωλήνες. Η ποιότητα του φωτισμού από τη χρήση

των διατάξεων αυτών εξαρτάται από τη διατομή του ανοίγματος καθώς και από τον προσανατολισμό του στην πηγή του φωτός δηλαδή τον ήλιο.

**ΚΟΥΠΟΛΕΣ:** Επιλέγονται σε χώρους που έχουν ανάγκη από μια δυναμική προσέγγιση για τη διακόσμηση σε συνδυασμό με τον έντονο φωτισμό. Κατασκευάζονται σε δώματα ή στέγες για την εξασφάλιση φυσικού φωτισμού από την οροφή ως ανθρωποθυρίδες σε περίπτωση φωτιάς, αλλά και για την απαγωγή του καπνού από τον εσωτερικό χώρο. Ο σκελετός των πυραμίδων είναι συνήθως από ξύλο, χάλυβα, αλουμίνιο ή PVC. Το σχήμα της διαφώτιστης επιφάνειας είναι είτε θολωτό είτε σε πυραμιδοειδή μορφή (πυραμίδα) και μπορεί να είναι ανοιγόμενο ή σταθερό εάν εξυπηρετεί μόνο το φωτισμό. Οι υαλοπίνακες των υαλοστασίων θα πρέπει να είναι διπλοί θερμομονωτικοί ενώ μπορούν να ενσωματώνουν στοιχεία με ειδικά χαρακτηριστικά όπως ανακλαστικότητα ή μειωμένη φωτοδιαπερατότητα. Ιδιαίτερα το εξωτερικό τμήμα πρέπει να είναι από υλικό υψηλής αντοχής. Η ποιότητα φυσικού φωτισμού που παρέχεται στον εσωτερικό χώρο εξαρτάται από τη μέγιστη διάσταση των στοιχείων φυσικού φωτισμού σε σχέση με το ύψος του εσωτερικού χώρου και με τη μεταξύ τους απόσταση. Η κατεύθυνση ανοίγματος των στοιχείων διαμορφώνεται αντίθετα απ' αυτήν των επικρατούντων ανέμων. Το άνοιγμα τους γίνεται με διάφορα είδη μηχανισμών τα οποία μπορούν να ενταχθούν στα αυτοματοποιημένα συστήματα που περιλαμβάνουν αισθητήρες καπνού, καιρικών συνθηκών, θερμότητας ή ακόμη στα συστήματα ελέγχου της λειτουργίας και της ασφάλειας του κτηρίου.



Εικόνα 61 Κουπόλες.

**ΦΕΓΓΙΤΕΣ-ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΣΤΕΓΗΣ:** Τα παράθυρα στέγης και οι φεγγίτες εφαρμόζονται σε μια πληθώρα κτηρίων ιδιαίτερα σε χώρους που είναι ανήλιοι και σκοτεινοί. Είναι συνήθως χώροι που διαθέτουν μεγάλο βάθος και το φυσικό φως δεν επαρκεί για τον όγκο του κτίσματος. Σε κατοικίες που διαθέτουν σοφίτες δίχως παράθυρα ο φωτισμός και ο αερισμός του χώρου μπορεί να γίνει από τη στέγη με την τοποθέτηση διάφανου ανοίγματος. Τα παράθυρα στη στέγη είναι στοιχεία με

αντοχή στον παγετό καθώς και σε θερμικό σοκ δεδομένου ότι είναι δοκιμασμένα για χρήση σε πολύ υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες. Η επίτευξη της στεγανότητας καθορίζει και την επιτυχία της τοποθέτησής τους. Πολλές φορές παρουσιάζεται υγρασία η οποία οφείλεται σε συμπύκνωση των υδρατμών λόγω μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Η αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων γίνεται με τη χρήση υδρατμοδιαπερατών μεμβρανών κατάλληλου εξαερισμού. Μερικά από τα πλεονεκτήματά τους είναι οι αρκετά καλές ηχομονωτικές και θερμομονωτικές ιδιότητες καθώς επίσης η ασφάλεια και η αντοχή. Τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με την οροφή ή σε εσοχή. Η κατασκευή τους σε εσοχή προσφέρει ευελιξία στο ποσοστό του άμεσου ηλιακού φωτισμού που θα εισχωρήσει στο χώρο αποτρέποντας τη θάμβωση. Για την αντιμετώπιση της θάμβωσης χρησιμοποιούνται μέσα σκίασης όπως οι περσίδες, τα πετάσματα, οι κουρτίνες και τα ημιδιάφανη τζάμια. Τα παράθυρα στέγης μπορεί να είναι περιστρεφόμενα, ανοιγόμενα ή συρόμενα γύρω από οριζόντιο άξονα. Η ρύθμιση τους γίνεται με χειροκίνητο ή μηχανοκίνητο τρόπο. Με τη χρήση βοηθητικών πλαισίων μπορούν να τοποθετηθούν σε σειρά ή επάλληλα. Με αυτή τη διάταξη εξασφαλίζουν διάχυτο φωτισμό. Η τυποποίηση παραγωγής του προϊόντος προσφέρει γρήγορη, εύκολη και οικονομική τοποθέτηση. Το σημείο που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής είναι η στερέωση τους την οροφή. Τοποθετείται μόνωση για την πλήρη στεγανοποίηση του αλλά και για την δημιουργία περιμετρικών καναλιών απορροής. Γενικά όλα τα ανοίγματα φωτισμού εάν τοποθετηθούν με την κατάλληλη κλίση μπορεί να επιτύχουν καλύτερη διάχυση του φωτός στον εσωτερικό χώρο.



Εικόνα 62 Φεγγίτης.

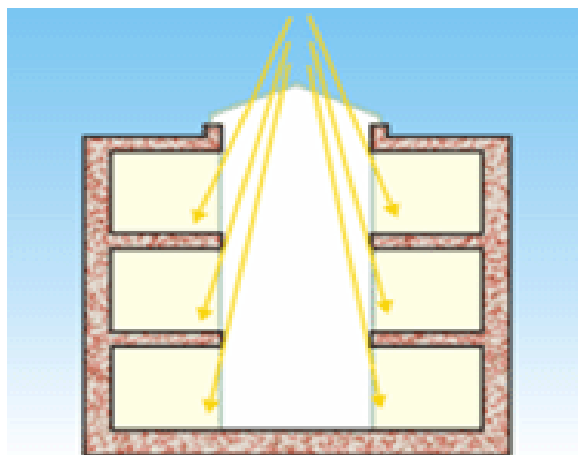
**ΦΩΤΟΣΩΛΗΝΕΣ:** Οι φωτοσωλήνες είναι ειδικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους μέσω ενός σωλήνα με εσωτερικό τελείωμα πολύ υψηλής ανελαστικότητας από ανοδευμένο αλουμίνιο. Εφαρμόζονται συνήθως σε χώρους οι οποίοι αποτελούνται από πολλά χωρίσματα και δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση παραθύρων και φεγγιτών. Με τη χρήση των φωτοσωλήνων επιτυγχάνεται ο φωτισμός του πυρήνα του χώρου και λύνονται πολλά τεχνικά προβλήματα που δημιουργούνται από την έλλειψη φυσικού φωτισμού. Για τη διατήρηση της συγκέντρωσης του φυσικού φωτός σε όλο το μήκος του φωτοσωλήνα χρησιμοποιούνται ανά διαστήματα αμφίκυρτοι φακοί. Όπως συνήθως συμβαίνει και

στα περισσότερα συστήματα παρατηρούνται κάποιες απώλειες στην τελική απόδοση. Ο τύπος του εύκαμπτου και αυλακωτού σωλήνα έχει το πλεονέκτημα να τοποθετείται εύκολα παρ' όλα αυτά παρουσιάζει σημαντική απώλεια φωτός. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι φωτοσωλήνες λειτουργούν μόνον όταν υπάρχει ηλιοφάνεια γι' αυτό έχει προβλεφθεί η τοποθέτηση λαμπτήρων στο εσωτερικό των σωλήνων ώστε η λειτουργία του να είναι δυνατή και σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού. Η τοποθέτηση του μπορεί να γίνει κάθετα, οριζόντια ή με κλίση  $45^\circ$



Εικόνα 63 Φωτοσωλήνας.

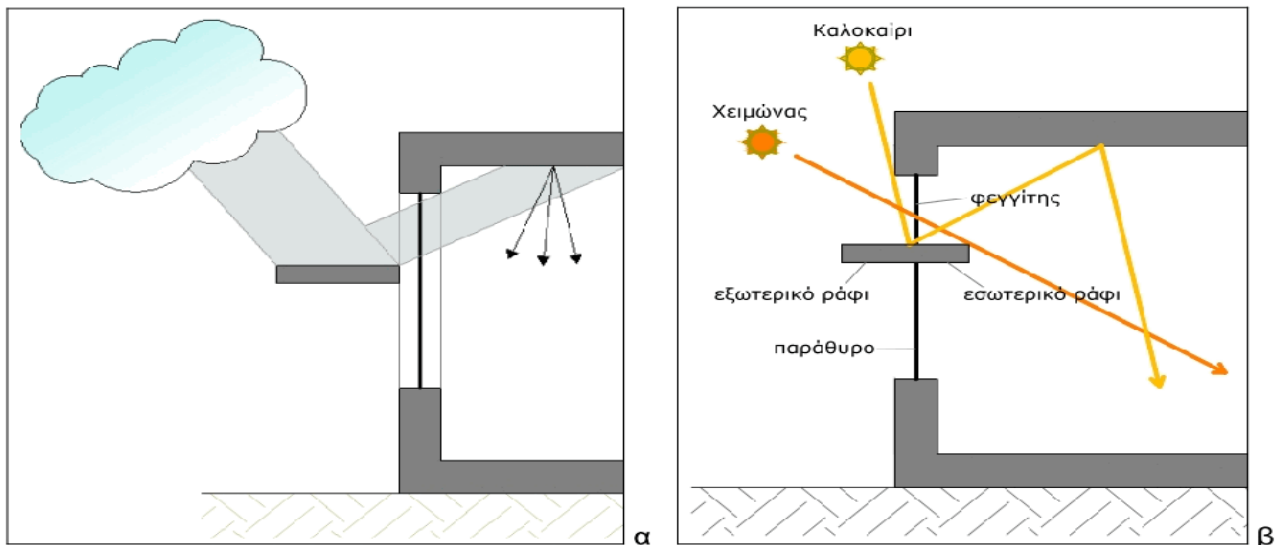
**ΑΙΘΡΙΑ:** Η κατανομή του φωτισμού στο εσωτερικό του αίθριου είναι περίπλοκη και εξαρτάται από τις διαστάσεις και τη γεωμετρία του, τη μορφή της γυάλινης οροφής, το είδος των υαλοπινάκων, καθώς και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών επιφανειών του. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής, συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου και μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτηρίου ή των κτηρίων μέσω των ανοιγμάτων τους, ενώ μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Η γεωμετρία του αίθριου έχει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των επιπέδων φωτισμού στο εσωτερικό του. Σε γενικές γραμμές ικανοποιητικά επίπεδα φωτισμού επιτυγχάνονται στο εσωτερικό του αίθριου όταν το ύψος του δεν υπερβαίνει το πλάτος του.



Εικόνα 64 Αίθριο.



**ΡΑΦΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ:** Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτηρίου. Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, αυξάνοντας τη στάθμη φωτισμού σε απομακρυσμένες από τα παράθυρα ζώνες μειώνοντας την παράλληλα στη ζώνη των παραθύρων. Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εργασιακούς χώρους όπου απαιτείται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού.



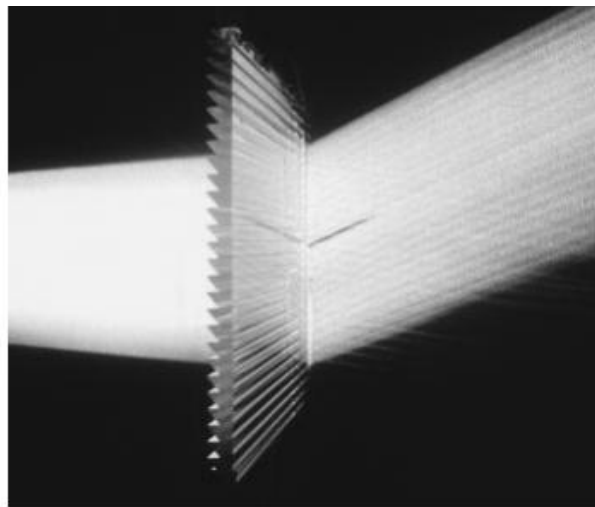
Εικόνα 65 α) Ράφι φωτισμού β) Συμβολή του ραφιού φωτισμού ανάλογα την εποχή.

**ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΕΣ:** Εξωτερικές ή εσωτερικές περσίδες με ανακλαστική την άνω παρειά τους αυξάνουν την ποσότητα του φωτός που δέχεται ο χώρος, παρέχοντας συγχρόνως σκiasμό και προστασία από τη θάμβωση. Δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι το καλοκαίρι ή κατά τη διάρκεια ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια, οι πολύ στιλπνές επιφάνειες των περσίδων μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση. Επίσης, με τη χρησιμοποίηση ανακλαστήρων στην οροφή ή με τη βαφή της οροφής με υλικό με μεγάλη ανακλαστικότητα αυξάνεται η διείσδυση της απευθείας φωτεινής ακτινοβολίας βαθιά στο χώρο, ενώ με τη χρησιμοποίηση εσωτερικών ανακλαστήρων, που διαχέουν το φως, εξασφαλίζεται καλύτερη κατανομή του φωτός στο χώρο. Ένα πλεονέκτημα της εξωτερικής τοποθέτησης του ανακλαστήρα φωτισμού, σε σχέση με την εσωτερική, είναι ο περιορισμός των ηλιακών κερδών το καλοκαίρι αφού η τοποθέτηση του μπορεί να προβλεφθεί να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε ο ανακλαστήρας να λειτουργεί ως σκiasτρο το καλοκαίρι αποτρέποντας την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο.

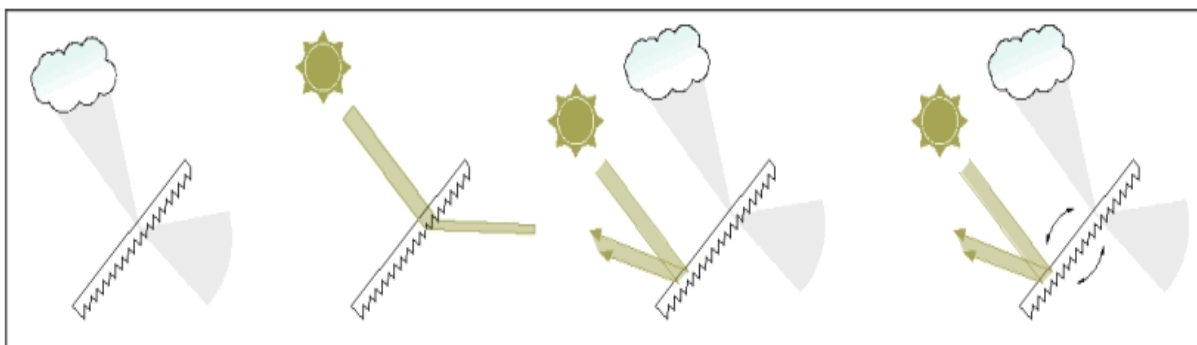
### 6.3 Διαφανή Υλικά Ανοιγμάτων

Για το σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού, είναι απαραίτητο να γνωρίζει ο μελετητής τις ιδιότητες των διαφανών υλικών, ώστε να προβαίνει στις ανάλογες επιλογές, λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος, τη χρήση του κτηρίου και τη θέση των ανοιγμάτων. Για τη βελτιστοποίηση του φυσικού φωτισμού χρησιμοποιούνται με αρκετή επιτυχία, αλλά υψηλό κόστος, ειδικού τύπου υαλοπίνακες, οι οποίοι αλλάζουν την πορεία του φωτός και το κατευθύνουν προς το εσωτερικό του χώρου. Τέτοιοι υαλοπίνακες είναι οι πρισματικοί, τα ειδικά πετάσματα επεξεργασμένα με λέιζερ και οι ολογραφικοί υαλοπίνακες.

**Οι πρισματικοί υαλοπίνακες** είναι λεπτές, επίπεδες, πριονωτές διατάξεις κατασκευασμένες από καθαρό ακρυλικό υλικό, οι οποίες τοποθετούνται μεταξύ δύο απλών υαλοπινάκων για να προστατεύονται από τη σκόνη. Συνήθως είναι σταθερές, αλλά μπορεί να είναι και κινητές υπό μορφή περσίδων. Χρησιμοποιούνται για να ανακατευθύνουν το φως στο βάθος του χώρου, ενώ παράλληλα μειώνουν το ενδεχόμενο θάμβωσης, καθώς το άνοιγμα εμφανίζεται λιγότερο φωτεινό. Οι πρισματικοί υαλοπίνακες ενδείκνυνται για ανοίγματα οροφής και για πλευρικά ανοίγματα σε υψηλή στάθμη, επειδή διαταράσσουν τη θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον, παρόλο που είναι διαφανή.

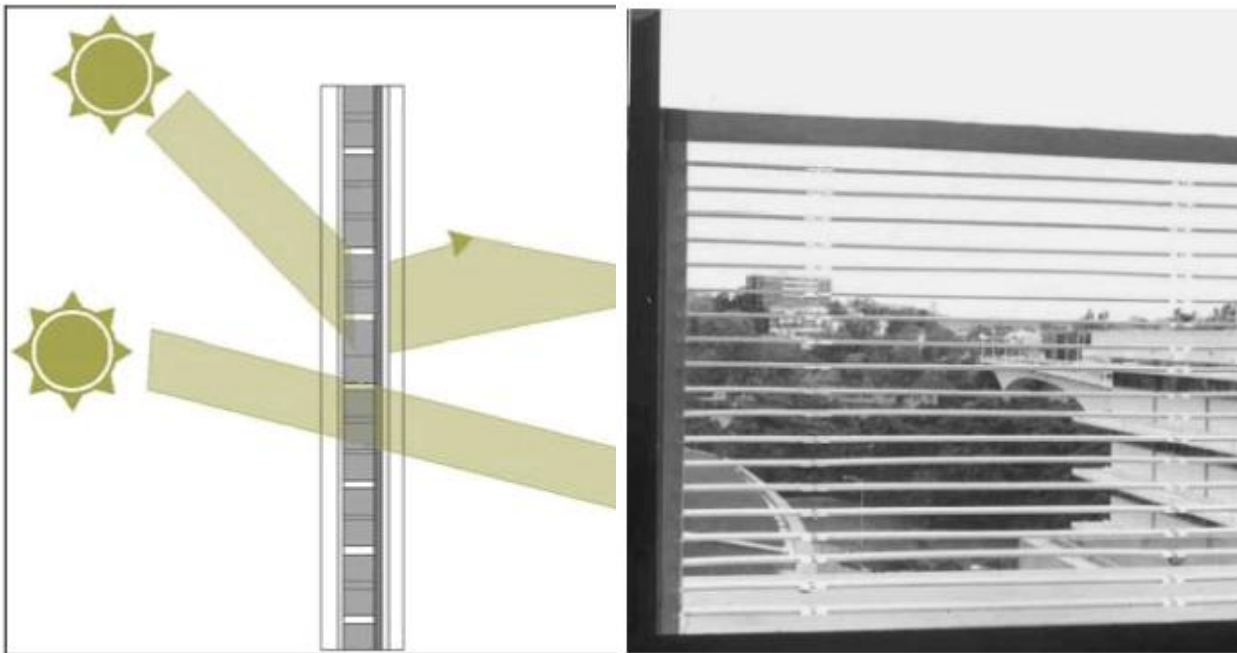


Εικόνα 66 Πρισματικός υαλοπίνακας.



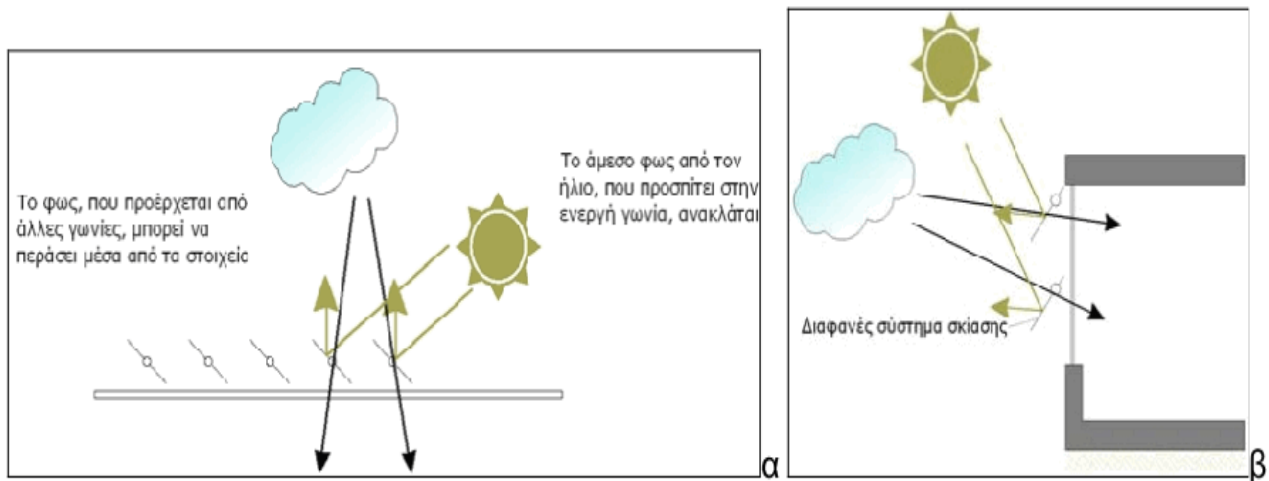
Εικόνα 67 Οι πρισματικοί υαλοπίνακες ανακατευθύνουν το φως.

**Οι υαλοπίνακες ειδικής επεξεργασίας με λέιζερ** αποτελούνται από λεπτά ακρυλικά φύλλα στα οποία έχουν δημιουργηθεί παράλληλες εγκοπές με τη βοήθεια λέιζερ. Οι εγκοπές λειτουργούν ως μικροί εσωτερικοί καθρέφτες, οι οποίοι εκτρέπουν την εισερχόμενη άμεση ακτινοβολία, δίδοντάς της ανοδική πορεία προς την οροφή του χώρου. Τα ακρυλικά φύλλα τοποθετούνται στο διάκενο των διδυμων υαλοπινάκων για προστασία. Δεν διαταράσσουν την οπτική επαφή και γι' αυτό χρησιμοποιούνται και σε πλευρικά ανοίγματα. Η απόδοσή τους είναι μεγαλύτερη σε περιοχές με συνεχή ηλιοφάνεια.

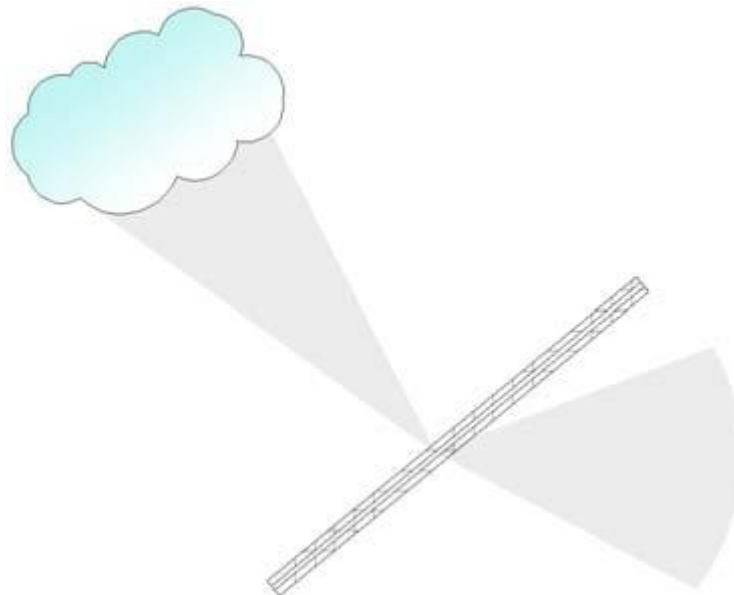


Εικόνα 68 Υαλοπίνακες ειδικής επεξεργασίας με laser.

**Οι ολογραφικοί υαλοπίνακες** αξιοποιούν το φαινόμενο της διάθλασης του φωτός για να μεταβάλλουν την κατεύθυνσή του προς συγκεκριμένες περιοχές και συνήθως προς την οροφή του χώρου. Ειδική πολυμερής μεμβράνη που φέρει λεπτές λωρίδες ανακατευθύνει μόνο την ακτινοβολία που προσπίπτει υπό συγκεκριμένη γωνία, ενώ δεν αλλοιώνει την ακτινοβολία που προσπίπτει από άλλες κατευθύνσεις. Τα ολογραφικά στοιχεία δεν είναι αποτελεσματικά ως προς την άμεση ακτινοβολία και γι' αυτό εφαρμόζονται στις βορεινές όψεις και σε ανοίγματα που σκιάζονται, τα οποία δέχονται μόνο διάχυτη ακτινοβολία.



Εικόνα 69 Χρήση ολογραφικών υαλοπινάκων



Εικόνα 70 Ολογραφικός υαλοπίνακας.

#### 6.4 Αδιαφανή Στοιχεία του Κελύφους

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και η θέση των ανοιγμάτων εξαρτώνται από το μέγεθος και το σχήμα των εσωτερικών χώρων. Οι χώροι τετραγωνικής κάτοψης παρουσιάζουν ικανοποιητικότερα επίπεδα φωτισμού σε όλη την επιφάνεια αναφοράς τους σε αντίθεση με τους επιμήκεις στα πιο απομακρυσμένα σημεία των οποίων τα επίπεδα φωτισμού κυμαίνονται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα επηρεάζοντας αρνητικά την ποιότητα του φωτισμού και κατ' επέκταση την ενεργειακή κατανάλωση του χώρου. Για την επιτυχή διαχείριση του εισερχόμενου φυσικού φωτός βαρύνουσα σημασία έχει η ανακλαστικότητα της οροφής και των εσωτερικών τοιχοποιιών. Η οροφή λειτουργεί ως ανακλαστήρας και ανάλογα με την σιλιπνότητα των υλικών επίστρωσης της μπορεί να κατευθύνει το προσπίπτον σ' αυτή φυσικό φως σε συγκεκριμένες περιοχές του χώρου ή να το διαχέει ομοιόμορφα στην επιφάνεια αναφοράς. Οι ανοιχτόχρωμες εσωτερικές τοιχοποιίες δημιουργούν την εντύπωση φωτεινού περιβάλλοντος αυξάνοντας σε κάποιο βαθμό τα επίπεδα φωτισμού στο

χώρο. Η ανακλαστικότητα του δαπέδου επηρεάζει σε μικρότερο βαθμό τα επίπεδα φωτισμού στον εσωτερικό χώρο ωστόσο καλό είναι να μην είναι πολύ χαμηλή (μικρότερη από 30%).



Εικόνα 71 Διαφανή στοιχεία κελύφους.

## 6.5 Τεχνητός Φωτισμός

Τα χρησιμοποιούμενα συστήματα τεχνητού φωτισμού μπορεί να είναι:

- μόνιμης και συνεχούς λειτουργίας
- με χειροκίνητη επιλογή μέσω διακόπτων για λειτουργία και διακοπή
- αυτοματοποιημένα και συνδεδεμένα με προγράμματα υπολογιστικών συστημάτων (με τη χρήση κατάλληλα ρυθμισμένων αισθητήρων για εξοικονόμηση ενέργειας και προσωπικού)

Όλες οι εγκαταστάσεις τεχνητού φωτισμού, ανεξαιρέτως κατηγορίας, είναι πλήρεις φωτιστικές μονάδες που αποτελούνται από τα εξής στοιχεία:

- Φωτιστικές συσκευές.
- Φωτιστικά σημεία.
- Κυκλώματα διακλάδωσης.

Τα κυκλώματα διακλάδωσης είναι ηλεκτρικά κυκλώματα, τα οποία καλύπτουν όλους τους εσωτερικούς φωτιζόμενους χώρους του κτηρίου, τροφοδοτώντας με ρεύμα τα φωτιστικά σημεία. Τα φωτιστικά σημεία είναι τα σημεία του συστήματος φωτισμού, όπου υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης φωτιστικών συσκευών σε αυτό. Οι φωτιστικές συσκευές αποτελούνται από τη λυχνιολαβή (σε αυτήν καταλήγουν οι αγωγοί τροφοδοσίας των κυκλωμάτων διακλάδωσης), το λαμπτήρα (συνδέεται με τη λυχνιολαβή και αποτελεί τη φωτεινή πηγή της φωτιστικής συσκευής) και το φωτιστικό σώμα (περιβάλλει το λαμπτήρα). Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν τα απαραίτητα εξαρτήματα που πρέπει να περιλαμβάνει ένα τυπικό σύστημα τεχνητού φωτισμού ώστε να είναι σε θέση να λειτουργήσει χωρίς προβλήματα. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα τεχνητού φωτισμού, όμως, του οποίου η λειτουργία προβλέπει την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, περιλαμβάνει και πρόσθετα στοιχεία, κυρίως διατάξεις αυτομάτου ελέγχου. Οι διατάξεις αυτές επιτρέπουν την εξοικονόμηση

ενέργειας τόσο από τη λειτουργία ενός αυτόνομου συστήματος τεχνητού φωτισμού, όσο και από το συνδυασμό ενός συστήματος τεχνητού φωτισμού με τεχνικές φυσικού φωτισμού.

Εκτός των διαφόρων τύπων και τελευταία εξελιγμένων ειδών λαμπτήρων πυρακτώσεως ή αερίων για τον φωτισμό των εσωτερικών χώρων χρησιμοποιείται όλο και συχνότερα ένα νέο λειτουργικό σύστημα φωτισμού εσωτερικών χώρων. Αποτελείται από τη γεννήτρια (πηγή) φωτισμού, η οποία με ειδικούς φακούς συγκεντρώνει τη ροή της φωτεινής πηγής προς τη δίοδο (δέσμη ινών), την ίδια τη δέσμη (λεπτότατοι γυάλινοι σωλήνες μεταφοράς της φωτεινής ροής) και τα τερματικά στοιχεία στα άκρα των οπτικών ινών. Το κόστος εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος φωτισμού είναι αρκετά υψηλό ενώ το κόστος λειτουργίας του πολύ χαμηλό. Παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες και δυνατότητες όπως την δυνατότητα ρύθμισης της έντασης με ροοστάτη και δυνατότητα φωτισμού με διαφορετικούς χρωματισμούς.

Ο τεχνητός γενικά φωτισμός των χώρων χαρακτηρίζεται σαν άμεσος (κατευθείαν πρόσπτωση ακτινών από το φωτιστικό σώμα στο σύνολο του χώρου), ημι-άμεσος, έμμεσος (πρόσπτωση ακτινών μετά από ανάκλαση), ημι-έμμεσος και διάχυτος . Η επιλογή της κατεύθυνσης του φωτισμού καθορίζει την παρουσίαση και την λεπτομερή ή γενικότερη περιγραφή των αντικειμένων, πιθανές αντανάκλασεις και θάμπωμα, την ανάδειξη ή το συγκεχυμένο της υφής των επιφανειών.

Άμεσος φωτισμός: Θεωρείται όταν πάνω από 90% της φωτεινής ροής προσπίπτει κατευθείαν στο προεπιλεγμένο σημείο. Οι απώλειες λόγω απορρόφησης από τις επιφάνειες των δομικών στοιχείων είναι ελάχιστες ενώ η απόδοση του φωτισμού μεγάλη.

Έμμεσος φωτισμός: Θεωρείται όταν πάνω από το 95% της φωτεινής ροής κατευθύνεται προς αντανάκλωμενη επιφάνεια (συνήθως οροφή) και μετά από αντανάκλαση προσπίπτει στο επιλεγμένο σημείο. Η απόδοση φωτισμού είναι μικρή, καταναλώνεται μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας ενώ δημιουργεί την αίσθηση της επίπεδης διάστασης και καταργεί τις σκιές.

Ημι-άμεσος φωτισμός: Η διανομή του φωτός γίνεται κατά κύριο λόγο (60-90%) προς τα κάτω. Ένα μικρό ποσοστό του φωτός διαχέεται προς τους τοίχους και την οροφή. Τα συστήματα αυτά συντελούν στην καλύτερη κατανομή του φωτός και έχουν υψηλότερη απόδοση από τα συστήματα άμεσου φωτισμού.

Διάχυτος φωτισμός: Το φως εκπέμπεται προς τα πάνω και προς τα κάτω σε περίπου ίσες ποσότητες. Τα συστήματα διάχυτου φωτισμού έχουν καλή απόδοση σε χώρους με μεγάλη ανακλαστικότητα, ενώ βοηθούν στην άμβλυση των σκιών. Αν τοποθετηθούν (όπως γίνεται συνήθως) κοντά στην οροφή, η κατανομή αλλάζει καθώς η οροφή λειτουργεί ως ανακλαστήρας.

Ημι-έμμεσος φωτισμός: Ποσοστό κυμαινόμενο μεταξύ 60-90% του φωτός κατευθύνεται προς τα πάνω. Η συνιστώσα που κατευθύνεται προς τα κάτω πρέπει να ελέγχεται ώστε να μην προκαλεί φαινόμενα θάμβωσης.

## Κεφάλαιο 7

## 7. Αερισμός

Η κυκλοφορία του αέρα [8], [12], [15], εντός ενός κτηρίου σχετίζεται άμεσα με τη θερμική άνεση των χρηστών του. Επιπλέον αποτελεί το βασικότερο και απλούστερο τρόπο απομάκρυνσης υγρασίας, οσμών, αερίων και βλαβερών για την υγεία ουσιών από το κτήριο. Ο σχεδιασμός του κτηρίου, η διάταξη των χώρων, η τοποθέτηση των ανοιγμάτων και η επιλογή των υλικών συμβάλλουν στην ποσότητα του αέρα και στον τρόπο που αυτός κυκλοφορεί. Ο σύγχρονος τρόπος κατασκευής του κελύφους των κτηρίων, ακολουθώντας τους κανονισμούς θερμομόνωσης οδήγησε στη χρήση υλικών με σχεδόν μηδαμινή αεροδιαπερατότητα με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η διαπνοή μέσω των κτηριακών στοιχείων. Συνέπεια αυτού ήταν να αυξάνεται η συγκέντρωση υγρασίας στο εσωτερικό των κτηρίων και να επιδρά αρνητικά τόσο στην υγεία των χρηστών όσο και στη φθορά των υλικών της κατασκευής.

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την κυκλοφορία του αέρα τόσο στο εξωτερικό όσο και στο εσωτερικό των κτηρίων είναι:

- Οι άνεμοι: Οι άνεμοι που πνέουν γύρω από ένα κτήριο ασκούν πιέσεις στην επιφάνεια του κελύφους ανάλογα με την ταχύτητα, τη διεύθυνση και τη φορά τους. Η πίεση αυτή είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Όταν υπάρχουν ανοίγματα στην προσήνεμη επιφάνεια του κτηρίου η διαφορά πίεσης ανάμεσα στον άνεμο και στον εσωτερικό αέρα προκαλεί κυκλοφορία αέρα στους εσωτερικούς χώρους.
- Οι θερμοκρασιακές διαφορές: όταν υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ παρακειμένων αερίων μαζών παρατηρείται διαφοροποίηση στην πυκνότητα τους. Κατά αναλογία όταν μια επιφάνεια του κτηρίου έχει διαφορετική θερμοκρασία από τον αέρα που έρχεται σε επαφή με αυτήν η πυκνότητα των αερίων μαζών κοντά στην επιφάνεια είναι διαφορετική από την αντίστοιχη του αέρα στο χώρο. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο θερμότερος αέρας που είναι ελαφρότερος ανυψώνεται και προκαλεί κυκλοφορία αέρα.

### 7.1 Είδη Αερισμού

Τα συστήματα αερισμού διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Στα συστήματα φυσικού αερισμού, στα συστήματα εξαναγκασμένου αερισμού και στα συστήματα υβριδικού αερισμού.

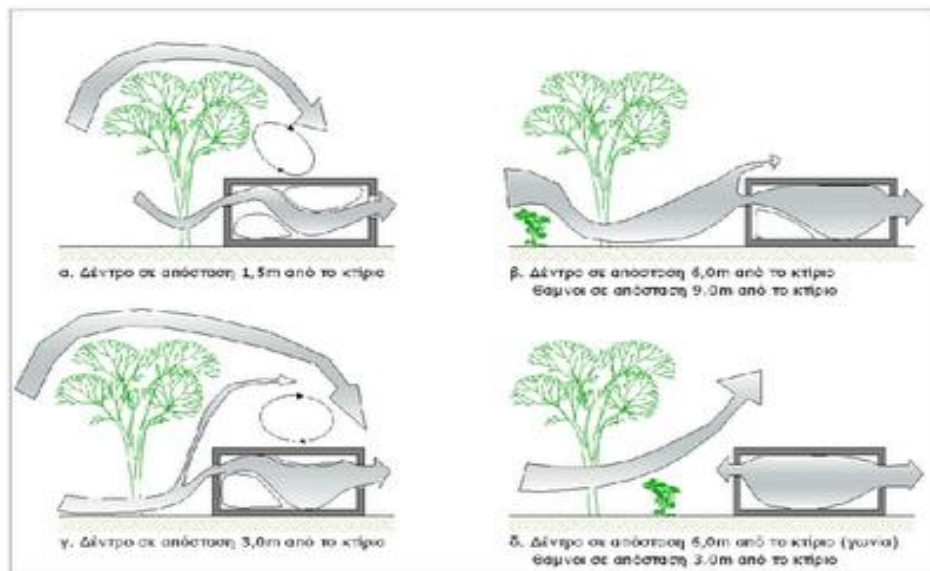
#### 7.1.1 Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τον πιο παραδοσιακό τρόπο για την ανανέωση του αέρα στα κτήρια. Επίσης αποτελεί την εναλλακτική πρακτική του αειφόρου σχεδιασμού έναντι της εντατικοποιημένης εγκατάστασης και χρήσης κλιματιστικών συσκευών η οποία επιφέρει σημαντικά ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα λόγω της κατανάλωσης πολύ μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά κύριο λόγο ο φυσικός αερισμός επιτυγχάνεται ελεγχόμενα μέσω των ανοιγμάτων (πορτών και παραθύρων) και ειδικών οπών αερισμού. Παράλληλα λόγω της διαπνοής των κτηριακών στοιχείων (τοιχοποιίας και οροφής) και της μη στεγανότητας του κελύφους και των κουφωμάτων διενεργείται ανεξέλεγκτα

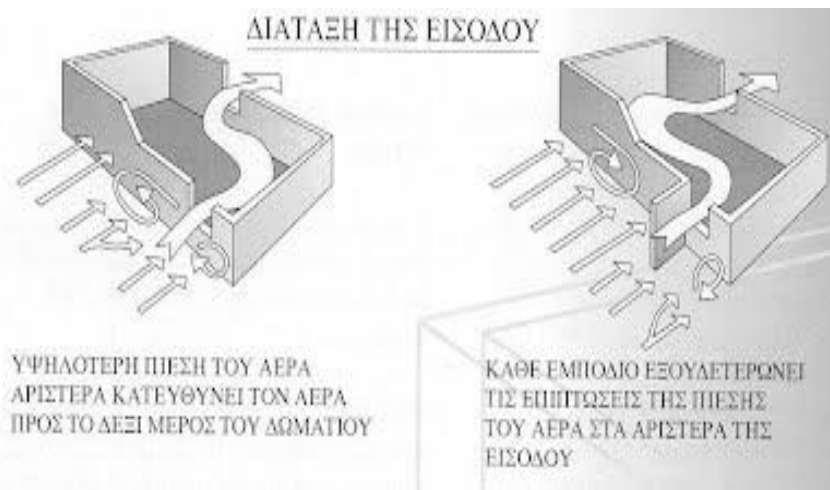


ανταλλαγή αερίων μαζών μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού του κτηρίου. Ο φυσικός αερισμός αξιοποιεί τις δυνάμεις του αέρα και τις διαφορές πυκνότητας για να κινήσει τον αέρα διαμέσου ενός κτηρίου. Για τη διείσδυση των δροσερών ανέμων μέσα στο κτήριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εφόσον είναι εφικτό, κατάλληλη διάταξη βλάστησης στον εξωτερικό χώρο. Η τοποθέτηση δέντρων ή θάμνων σε κατάλληλη απόσταση από το κτήριο διευκολύνει ή όχι τη διέλευση του δροσερού ανέμου. Ένα φυσικά αεριζόμενο κτήριο πρέπει να σχεδιαστεί με σκοπό να αξιοποιήσει αυτές τις δυνάμεις λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα κριτήρια:

- Το ποσοστό ανανέωσης του αέρα πρέπει να είναι ικανοποιητικό ώστε να παρέχει τις απαιτούμενες ποσότητες φρέσκου αέρα για την υγεία και άνεση των ενοίκων.
- Κατά τη διάρκεια των θερμών περιόδων το ποσοστό εναλλαγής του αέρα πρέπει να είναι επαρκές προκειμένου να αφαιρεί τα κέρδη θερμότητας από το χώρο και να διατηρεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο θερμικής άνεσης.
- Η ροή του εξωτερικού αέρα πρέπει να διανέμεται ομοιόμορφα στον αεριζόμενο χώρο ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία περιοχών με διαφορετικές συνθήκες αερισμού και να εξασφαλιστεί ικανοποιητική ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα σε όλο τον χώρο.
- Για να αποφευχθούν τα ανεπιθύμητα ρεύματα, οι τοπικές ταχύτητες αέρα το καλοκαίρι πρέπει να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα.



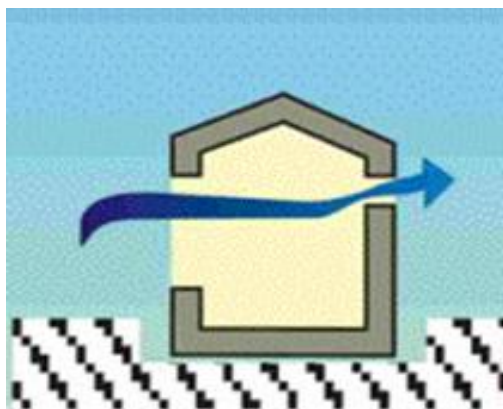
Εικόνα 72 Συμβολή δέντρων στο φυσικό αερισμό.



**Εικόνα 73 Διάταξη της εισόδου για καλύτερο φυσικό αερισμό.**

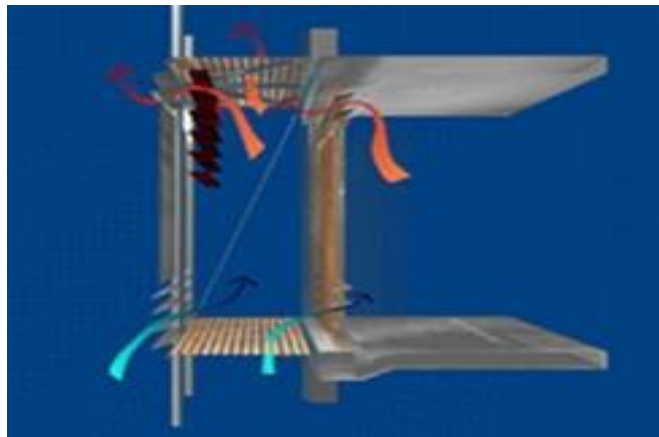
Οι πιο βασικές τεχνικές φυσικού αερισμού παρατίθενται παρακάτω:

- **Διαμπερής ημερήσιος αερισμός:** Συνίσταται για ήπιο κλίμα με θερμά καλοκαίρια. Βασίζεται στην άμεση δειξδυση του ατμοσφαιρικού αέρα στο κτήριο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο εσωτερικός αέρας αντικαθίσταται από τον εξωτερικό. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τοποθέτησης των ανοιγμάτων στον άξονα βορρά-νότου. Επιπλέον προστίθενται θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων και θυρών, ανάλογα με τις ανάγκες για την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου. Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η ανθρώπινη άνεση ενώ το κύριο μειονέκτημα είναι ότι η σωστή λειτουργία της εξαρτάται από την κατεύθυνση του ανέμου και από την ορθή χρήση των ανοιγμάτων από το χρήστη του κτηρίου.
- **Διαμπερής νυχτερινός αερισμός:** Συνίσταται για θερμό κλίμα. Το κλίμα αερίζεται από το βραδινό ψυχρό αέρα, μειώνοντας τη θερμότητα που αποθηκεύεται στη θερμική του μάζα κατά την ημέρα. Για την επιτυχία της μεθόδου κρίνεται σημαντική η έκθεση μεγάλων κτηριακών επιφανειών στη ροή του αέρα, το κλείσιμο των παραθύρων κατά τη διάρκεια της ημέρας και ο σχεδιασμός καναλιών αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου. Το μοναδικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μπορεί να προκύψει πρόβλημα ασφάλειας καθώς τα παράθυρα παραμένουν ανοιχτά κατά τη διάρκεια της νύχτας.



**Εικόνα 74 Διαμπερής αερισμός.**

- Αεριζόμενο κέλυφος: Συνίσταται για θερμό και υγρό κλίμα ή για ήπιο κλίμα με θερμά καλοκαίρια. Η μέθοδος αυτή αφορά στην κατασκευή διπλού κελύφους είτε στην οροφή είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου, με μεταφορά αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω του διάκενου του. Ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού και μέσω του διπλού κελύφους οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται αυξάνοντας τη θερμομονωτική ικανότητά του. Το καλοκαίρι ο αέρας απάγεται από ειδικά ανοίγματα στο ανώτερο τμήμα του κελύφους με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται καλύτερη θερμοκρασία αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση. Βεβαίως αυτή η κατασκευή προϋποθέτει τη θερμομόνωση του εσωτερικού τμήματος του αεριζόμενου κελύφους. Πλεονέκτημα του διπλού κελύφους είναι η ηχομόνωση καθώς επίσης και η θερμομόνωση. Σημαντικά μειονεκτήματα αποτελούν το υψηλό κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας.



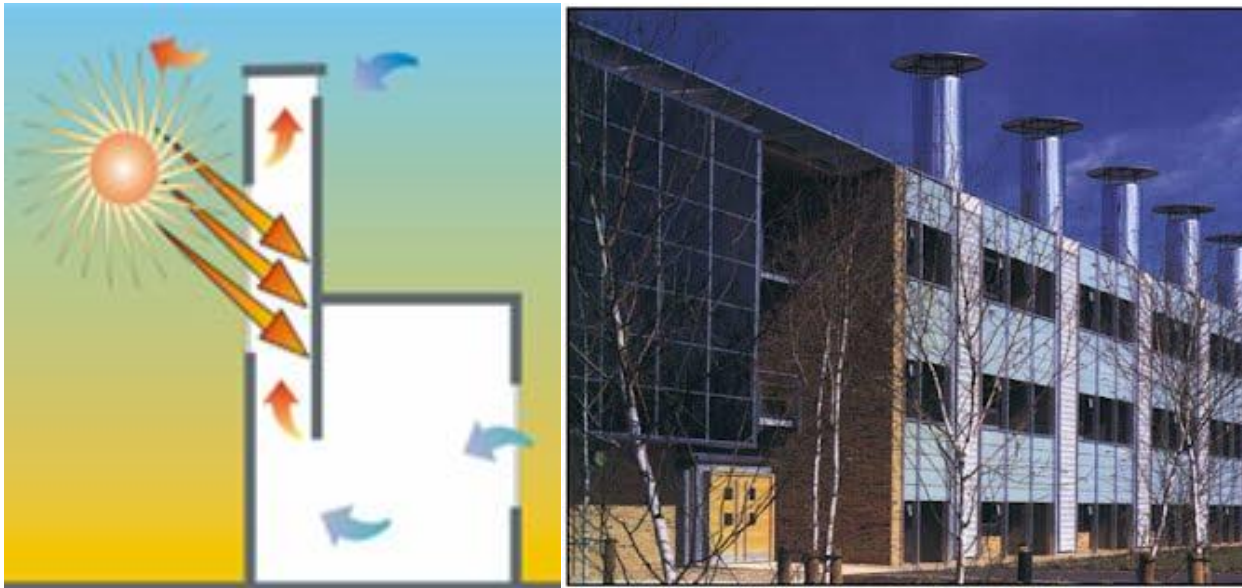
Εικόνα 75 Αεριζόμενο κέλυφος.

- Πύργος ανέμου: Συνίσταται για θερμό κλίμα με υψηλές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Η μέθοδος αυτή αφορά στην μεταφορά του θερμού αέρα στην ατμόσφαιρα με το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Σ' αυτό το φαινόμενο ο εξαερισμός προκαλείται από τους πιο έντονους και επικρατέστερους ανέμους στα υψηλότερα επίπεδα, οι οποίοι διαπερνούν τα ανοίγματα στο επάνω μέρος του πύργου, με στόχο συνήθως το δροσισμό της θερμικής μάζας τη νύχτα. Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι το γεγονός ότι τα επίπεδα ρύπανσης είτε από γειτονικά κτήρια είτε από το έδαφος όπως η σκόνη συγκεντρώνονται σε χαμηλές στάθμες.



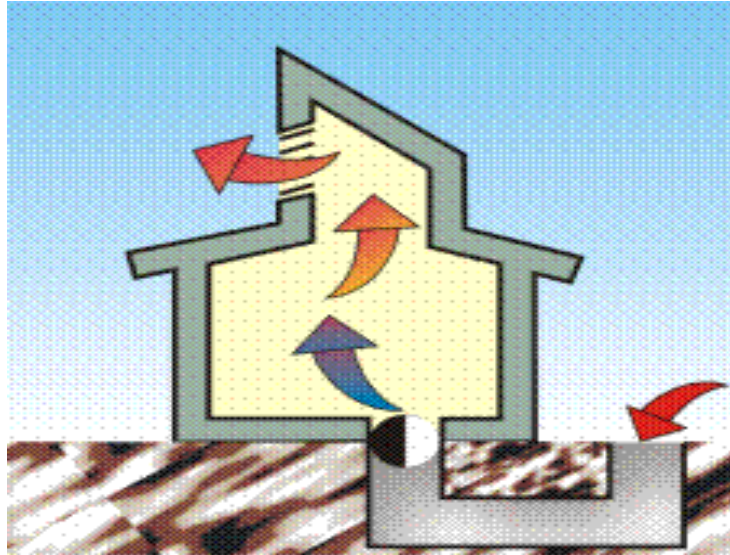
Εικόνα 76 Πύργος ανέμου.

Ηλιακή καμινάδα: Συνίσταται για θερμό και για υγρό κλίμα. Η μέθοδος αυτή αφορά στην απευθείας μεταφορά του θερμού αέρα στην ατμόσφαιρα με το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού (Venturi). 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. Αποτελεί τεχνική παρόμοια με τη μέθοδο του πύργου αερισμού με τη διαφορά ότι φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοίχο. Για μέγιστη εκμετάλλευση του φυσικού αερισμού, ακόμα και σε συνθήκες άπνοιας, οι ηλιακές καμινάδες κατασκευάζονται στην προσήλια πλευρά του κτηρίου. Ως μειονέκτημα της μεθόδου αναφέρονται οι ενεργειακές απώλειες τους χειμερινούς μήνες.



Εικόνα 77 Ηλιακή καμινάδα.

- Αερισμός μέσω εδάφους: Εφαρμόζεται για κλίμα στο οποίο η μέση ετήσια θερμοκρασία βρίσκεται σε συνθήκες άνεσης ή λίγο κάτω απ' αυτή. Ο ατμοσφαιρικός αέρας προσάγεται στο κτήριο μέσω ενός δικτύου αεραγωγών που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι αγωγοί τοποθετούνται σε τέτοιο βάθος ώστε η θερμοκρασία του εδάφους να είναι υψηλότερη απ' αυτήν της ατμόσφαιρας κατά το χειμώνα και χαμηλότερη κατά το καλοκαίρι.



Εικόνα 78 Αερισμός μέσω εδάφους.

### 7.1.2 Εξαναγκασμένος Αερισμός

Τα συστήματα εξαναγκασμένου αερισμού δηλαδή τα μηχανικά συστήματα χρησιμοποιούνται παράλληλα με τα παθητικά μέσα (φυσικός αερισμός), συμπληρώνοντας και όχι αντικαθιστώντας το ρόλο τους. Η επιλογή μεταξύ του φυσικού ή μηχανικού αερισμού εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Απαιτούμενες εναλλαγές αέρα.
- Ποιότητα του αέρα που απαιτείται.
- Κόστος του συστήματος.
- Ακρίβεια του συστήματος ελέγχου.

Τα συστήματα μηχανικού αερισμού διακρίνονται σε τρία είδη: α) συστήματα αερισμού, β) συστήματα εξαερισμού και γ) συστήματα αερισμού/εξαερισμού. Τα συστήματα αερισμού χρησιμοποιούνται μόνο για προσαγωγή νωπού εξωτερικού αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου. Η μόνη επεξεργασία που υφίσταται ο εισερχόμενος αέρας είναι το φιλτράρισμα από εξωτερικούς ρύπους. Η προσαγωγή του νωπού αέρα μπορεί να γίνεται από ένα ή περισσότερα σημεία. Μειονέκτημα του συστήματος αυτού είναι η εσωτερική υγρασία που αναπτύσσεται στους τοίχους των κτηρίων κατά τη διέλευση θερμού και υγρού εξωτερικού αέρα προς το εσωτερικό του κτηρίου. Επομένως δεν συνίσταται για περιοχές με θερμό κλίμα και μεγάλη υγρασία. Τα συστήματα εξαερισμού χρησιμοποιούνται μόνο για την απαγωγή και την απόρριψη του εσωτερικού αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να εξελίσσεται από ένα ή περισσότερα σημεία του κτηρίου. Τα συστήματα αυτά είναι απλά, φθηνά και εύκολα στην εγκατάσταση. Είναι όμως ακατάλληλα για περιοχές με ψυχρό κλίμα εξαιτίας της εσωτερικής συμπύκνωσης των υδρατμών κατά τη διέλευση του θερμού και υγρού εσωτερικού αέρα προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η χρήση του μηχανικού αερισμού πρέπει να εξετάζεται πριν τη λήψη οποιασδήποτε απόφασης για τον κλιματισμό ολόκληρης της κτηριακής εγκατάστασης. Τα συστήματα

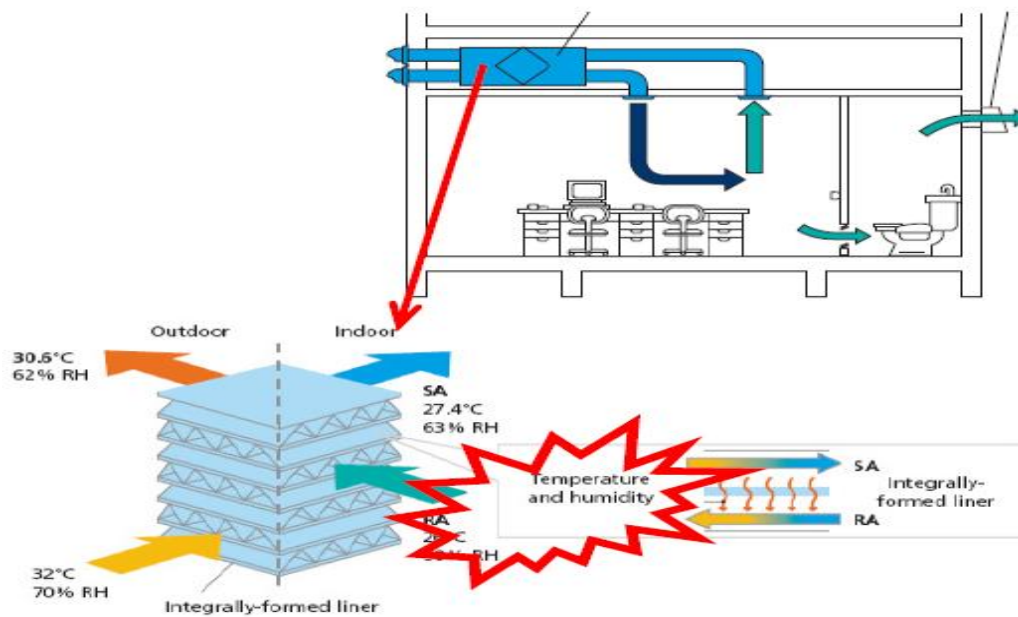
αερισμού/εξαερισμού ή συνδυαστικά συστήματα αποτελούν τα πιο πλήρη συστήματα μηχανικού αερισμού, πραγματοποιώντας και τις δύο παραπάνω λειτουργίες.

### ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ένα συνδυασμένο σύστημα μηχανικού αερισμού χρησιμοποιεί δύο ανεμιστήρες με ξεχωριστά συστήματα ροής, ένα για να οδηγείται φρέσκος εξωτερικός αέρας στο εσωτερικό του κτηρίου και ένα για την απομάκρυνση του βεβαρυσμένου αέρα από το εσωτερικό του κτηρίου. Η ποσότητα του αέρα που εισάγεται είναι συνήθως ίση με την ποσότητα όπου απομακρύνεται. Τα δύο πιο συνηθισμένα συστήματα συνδυασμένου μηχανικού αερισμού είναι ο αερισμός ανάκτησης θερμότητας και ο αερισμός ανάκτησης ενέργειας.

### ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Στα συστήματα ανάκτησης θερμότητας γίνεται ανάκτηση θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα, η οποία προσδίδεται στον εισερχόμενο κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Το αντίθετο συμβαίνει κατά την περίοδο ψύξης, με σκοπό να μειώνονται τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία αντίστοιχα.



Εικόνα 79 Αερισμός με ανάκτηση ενέργειας.

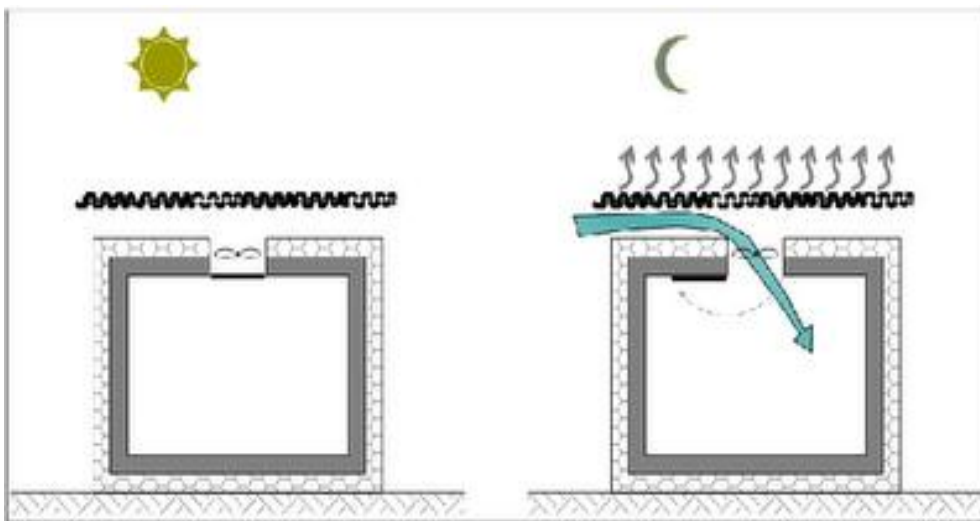
### ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στα συστήματα ανάκτησης ενέργειας επιτυγχάνεται ανάκτηση θερμότητας και υγρασίας μεταξύ του εισερχόμενου και του εξερχόμενου αέρα. Αυτά τα συστήματα παρέχουν πρόσθετη άνεση κατά την περίοδο θέρμανσης, αφού προσθέτουν υγρασία προερχόμενη από τον εξερχόμενο αέρα στον εισερχόμενο κάτι που βοηθά στη μείωση της ξηρότητας του εσωτερικού αέρα. Έτσι αυξάνεται το αίσθημα θερμικής άνεσης των κατοίκων. Η ανάκτηση θερμότητας επιτυγχάνεται συνήθως με τη βοήθεια ενός εναλλάκτη θερμότητας. Βασικά μειονεκτήματα αυτού του συστήματος αποτελούν οι δαπάνες εγκατάστασης, οι αυξημένες δαπάνες συντήρησης λόγω των πολλών ανεμιστήρων καθώς και ο θόρυβος από τους ανεμιστήρες.

### 7.1.3 Υβριδικά Συστήματα

Τα υβριδικά μέσα παρέχουν άνετο εσωτερικό περιβάλλον αξιοποιώντας διαφορετικές ιδιότητες τόσο του φυσικού όσο και του τεχνητού αερισμού, ανάλογα με την ώρα ή την εποχή. Η βασική τους διαφοροποίηση από τα συμβατικά είναι ότι πρόκειται για έξυπνα συστήματα με αισθητήρες και μηχανισμούς έλεγχου που εναλλάσσονται μεταξύ φυσικής και μηχανικής λειτουργίας ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες του εσωτερικού χώρου και τις επιμέρους ανάγκες των χρηστών. Λειτουργούν με γνώμονα την εξασφάλιση ικανοποιητικής ποιότητας αέρα και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου. Ένα παράδειγμα υβριδικού συστήματος είναι αυτό του μεταλλικού ακτινοβολητή. 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. Μέσα στο σύστημα του ακτινοβολητή –κάτω από την μεταλλική πλάκα– διοχετεύεται με μηχανικό τρόπο (π.χ. ανεμιστήρα) θερμός αέρας από το εσωτερικό του κτηρίου, ο οποίος, ερχόμενος σε επαφή με την ψυχρή πλάκα, ψύχεται και στη συνέχεια επαναδιοχετεύεται ως δροσερός αέρας μέσα στο κτήριο.

Το σύστημα λειτουργεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία.



Εικόνα 80 Αερισμός με υβριδικά συστήματα.

## Κεφάλαιο 8



## 8. 4M-KENAK

Το Υπολογιστικό Περιβάλλον του πακέτου 4M-KENAK [23-25] σε συνδυασμό με το Σχεδιαστικό Περιβάλλον G-CAD συνθέτουν ένα ενοποιημένο περιβάλλον μοναδικής ευχρηστίας και υψηλής απόδοσης. Η έξυπνη αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ υπολογισμών και σχεδίασης καθιστά το λογισμικό αυτό την καλύτερη εγγύηση για την εγκυρότητα και αξιοπιστία στα ενεργειακά ενός κτηρίου.

Το Ολοκληρωμένο Ενεργειακό Λογισμικό 4M-KENAK καλύπτει το σύνολο των αναγκών Ενεργειακής Επιθεώρησης & Πιστοποίησης Κτηρίων, καθώς επίσης και την εκπόνηση ολοκληρωμένων Μελετών Ενεργειακής Απόδοσης, ακολουθώντας κατά γράμμα τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ). Οι ΤΟΤΕΕ είναι τα επιστημονικά κείμενα που κατήρτισε το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), και αφορούν στα πρότυπα της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, σύμφωνα πάντα με τα Ελληνικά κλιματικά και κτηριακά δεδομένα.

Πέραν των Υπολογισμών, το Πακέτο 4M-KENAK είναι το μοναδικό που δίνει την δυνατότητα στον χρήστη έξυπνης αναγνώρισης των σχεδίων της μελέτης. Με την τεχνολογία G-CAD η ενημέρωση των φύλλων υπολογισμών γίνεται αυτόματα από τα σχέδια με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση του χρόνου εισαγωγής των δεδομένων και την μεγιστοποίηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

### 8.1 Πλεονεκτήματα για το Σχεδιαστικό Περιβάλλον

1. Αυτόματη αναγνώριση από τα σχέδια για απευθείας μεταφορά στο υπολογιστικό όλων των δεδομένων του μοντέλου κτηρίου (πχ. γεωμετρικά δεδομένα περιβλήματος, δομικά στοιχεία, θερμικές γέφυρες, χώρους, ιδιοκτησίες, ζώνες, συστήματα, διπλανά κτήρια, προβόλους, παθητικά ηλιακά συστήματα αλλά και του μοντέλου εδάφους για αυτόματη αναγνώριση των εμβαδών των τοίχων που συνορεύουν με το φυσικό έδαφος).
2. Αυτόματη παραγωγή όλων των σχεδίων: Το Λογισμικό 4M-KENAK είναι το μόνο στην αγορά που παράγει εντελώς αυτόματα όλα τα σχέδια, διαγράμματα, φωτοσκιάσεις και σκαριφήματα που απαιτούνται. Ενδεικτικά αναφέρονται τα διαγράμματα ηλιασμού του οικοπέδου (όπως ζητούνται για τις 21 Δεκεμβρίου και 21 Ιουνίου και ώρες 9:00 12:00 και 15:00), τα σκαριφήματα προσανατολισμών (με τη γραμμή του μοντέλου εδάφους), τα σκαριφήματα σκιάσεων, τα σχέδια θερμογεφυρών κ.α.

### 8.2 Δυνατότητες που Παρέχει το Πακέτο στον Χρήστη

- Κάλυψη όλων των αναγκών Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης και Ενεργειακής Επιθεώρησης - Πιστοποίησης Κτηρίων.

- Ανάλυση των ενεργειακών ροών και λεπτομερείς υπολογισμούς της ενεργειακής ζήτησης, και στην συνέχεια και της κατανάλωσης με βάση τα ενεργειακά συστήματα που θα επιλεγούν.
- Εύκολη σύγκριση και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων βέλτιστου σχεδιασμού και προτάσεων για παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, τόσο σε νέα όσο και σε παλιά κτήρια.
- Παροχή πλούσιων βιβλιοθηκών, με δομικά υλικά, δομικά στοιχεία, τεχνολογίες, κλιματολογικά και μετεωρολογικά δεδομένα.
- Έξυπνη αντιστοίχιση των Ζωνών με τα Ενεργειακά Συστήματα που αναλαμβάνουν να καλύψουν τις απαιτούμενες ανάγκες ενεργειακής ζήτησης.
- Έξυπνη δόμηση των στοιχείων κάθε Συστήματος, κατάλληλα οργανωμένων στα Υποσυστήματα Θέρμανσης, Κλιματισμού, και Ζεστού Νερού Χρήσης.
- Ευκολία και ταχύτητα στον ορισμό των χαρακτηριστικών κάθε Συστήματος, με αυτόματη συμπλήρωση των συνήθων τιμών, και βοηθητικούς πίνακες παντού.
- Εύρεση της βέλτιστης θέσης τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών στο δώμα ή τη στέγη του κτηρίου (σκιάσεις για επιλεγμένες ημερομηνίες, θεώρηση εμποδίων, εύρεση ελάχιστης απόστασης μεταξύ των ηλιακών συλλεκτών κλπ).
- Αναγνώριση του κτηρίου σε 3D μοντέλο (με τους τοίχους του, τα ανοίγματα κλπ).
- Αναλυτική απεικόνιση των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων και εκπομπών αερίων για κάθε Σύστημα/Υποσύστημα.
- Ανά πάσα στιγμή ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στο αντίστοιχο κτήριο αναφοράς που δημιουργείται αυτόματα και να συγκρίνει τα στοιχεία του κτηρίου του με τα αντίστοιχα βέλτιστα στοιχεία του κτηρίου αναφοράς. Με αυτόν τον τρόπο, χρησιμοποιώντας ως οδηγό το κτήριο αναφοράς μπορεί να μειώσει τις καταναλώσεις του κτηρίου του και να επιτύχει την αποδεκτή ενεργειακή κατηγορία.

### 8.3 Βήματα που Ακολουθούνται

#### 1. Ενημέρωση από Σχέδιο

Ενημερώνονται τα φύλλα υπολογισμών της μελέτης με τα γεωμετρικά δεδομένα που έχουν αναγνωρισθεί από το σχέδιο στην περίπτωση συνεργασίας με το σχεδιαστικό πακέτο GCAD.

#### 2. Συμπληρώνονται:

**Θερμοκρασία:** Οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες τόσο για την περίοδο θέρμανσης όσο και ψύξης.

**Πόλη:** Επιλέγεται η πόλη που βρίσκεται το κτήριο από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος. Ταυτόχρονα, ενημερώνεται αυτόματα η κλιματική ζώνη ανάλογα με τα δεδομένα της βιβλιοθήκης κλιματολογικών στοιχείων.

**Αριθμός θερμικών ζωνών:** Ορίζεται από τον χρήστη το πλήθος των θερμικών ζωνών που χαρακτηρίζουν το κτήριο. Υπενθυμίζεται ότι ο κυριότερος λόγος για ορισμό πολλών ζωνών στο κτήριο είναι η διαφορετική χρήση του κάθε χώρου.

**Αριθμός επιπέδων κτηρίου:** Στον αριθμό των επιπέδων συμπεριλαμβάνονται όλα τα επίπεδα του κτηρίου, θερμαινόμενα και μη.

**Τυπικό ύψος επιπέδου:** Πρόκειται για την πιο συνηθισμένη τιμή που χαρακτηρίζει το ύψος των επιπέδων του κτηρίου, και που δίνεται σε μέτρα (m).

**Κλιματική Ζώνη:** Συμπληρώνεται η Κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κτήριο.

**Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m:** Τσεκάρεται αν το υψόμετρο της περιοχής υπερβαίνει τα 500m, ώστε το κτήριο να ενταχθεί στην αμέσως ψυχρότερη κλιματική ζώνη.

**Γωνία περιστροφής:** Εάν ο χρήστης το επιθυμεί, μπορεί να επιλέξει να περιστρέψει το κτήριο κατά 45, 90, 135, 180, 225 ή 270 μοίρες του προσανατολισμού που έχει ήδη ορίσει. Με αυτή την επιλογή μπορεί να μελετήσει την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου σε διαφορετικό προσανατολισμό.

**Χρήση κτηρίου:** Καθορίζεται από τον χρήστη το είδος της χρήσης κτηρίου.

**Τύπος κατασκευής:** Καθορίζεται ο τύπος κατασκευής και υπολογίζεται η θερμοχωρητικότητα του δαπέδου.

**Επίπεδο στη στάθμη του εδάφους:** Συμπληρώνεται ο αριθμός του επιπέδου που βρίσκεται στη στάθμη του εδάφους προκειμένου να υπολογιστούν αυτόματα τα ύψη των επιπέδων και συνεπώς και οι προσαυξήσεις χαραμάδων λόγω ύψους.

**Βάθος δαπέδου στο έδαφος:** Η ροή θερμικών απωλειών διαμέσου δαπέδων ή τοίχων υπογείου, που έχουν άμεση ή έμμεση επαφή με το έδαφος, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Ένας από αυτούς είναι το βάθος του δαπέδου του θερμαινόμενου χώρου σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους.

**Περίμετρος κτηρίου:** Συμπληρώνεται η συνολική εκτεθειμένη περίμετρος του χαμηλότερου θερμαινόμενου επιπέδου.

**Νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτήριο**

**Περίοδος έκδοσης οικοδομικής άδειας:** Ο χρήστης επιλέγει την αντίστοιχη περίοδο της έκδοσης της οικοδομικής άδειας.

**Υπολογισμοί με χρήση μηχανής ΤΕΕ:** ο χρήστης είναι υποχρεωμένος να λαμβάνει τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη μηχανή του ΤΕΕ. Επομένως τα αποτελέσματα και η ενεργειακή κατάσταση που εμφανίζονται προέρχονται από τη μηχανή του ΤΕΕ.

**Στοιχεία Κτηρίου**

Πόλη: Αθήνα (Ελληνικό)

Αριθμός Θερμικών Ζωνών: 1

Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου (1 - 15): 1

Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m): 3

Κλιματική Ζώνη: ΣΩΝΗ Β

Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m:

Γωνία Περιστροφής: 0

Χρήση Κτηρίου: Μονοκατοικία

Τύπος κατασκευής: Φέρων οργ. από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης

Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους: 1

Βάθος δαπέδου στο έδαφος (m):

Περίμετρος κτηρίου (m):

Νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτήριο:

Περίοδος έκδοσης οικοδομικής άδειας:

Θερμομονωτική προστασία:

Υπολογισμοί με χρήση μηχανής TEE:

Αρχείο μηχανής υπολογισμών TEE: C:\Program Files\TEE\TEE KENAK\Nomis.exe

Υπολογισμός επιφανειών σε επαφή με ΜΘΧ με συντελεστή b 0.5 (για έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου):

Υπολογισμός σκίασης με συντελεστή 0.9 για κατακόρυφα αδιαφανή στοιχεία με U=0.6 W/(m²K):

Ομαδοποίηση αδιαφανών δομικών στοιχείων κατά την έξοδο σε αρχείο xml κτηρίου:

Ομαδοποίηση διάφανων δομικών στοιχείων κατά την έξοδο σε αρχείο xml κτηρίου:

Επιθυμητό συνολικό εμβαδό (m²):

Επιθυμητός συνολικός όγκος (m³):

Αυτόματη εκτέλεση υπολογισμών:

Επιθυμητό συνολικό εμβαδό (m²):

Ok Άκυρο

Εικόνα 81 Στοιχεία κτηρίου που συμπληρώνονται στο λογισμικό.

### 3. Ο χρήστης ορίζει τις κατηγορίες δομικών στοιχείων:

**Τυπικά Στοιχεία**

Εξωτερικοί τοίχοι Εσωτερικοί τοίχοι Οροφές Δάπεδα Ανοίγματα

	Εξ. Τοίχοι	Περιγραφή	Υπολ. Συντ. U (W/m²K)	Απορροφητικότητα as,c	Ικανότητα εκπομπής ε	Τύπος τοίχου	Κόστος (€/m²)
1	T1	Εξωτερική τοιχοποιία 26	0.398				
2	T2	Εξωτερική τοιχοποιία 25	0.450				
3	T3	Τοιχοποιία σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	0.715				
4	T4	Δοκός/υποστύλωμα/τοιχώμα σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	0.792				
5	T5	Τοιχεία χωρίς θερμομόνωση	3.165				
6	T6	Τοιχεία χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με Φ.Ε.	3.953				
7	T7	Εξωτερική δοκός/υποστύλωμα/τοιχώμα	0.432				
8	T8	Τοίχοι συρομένων 35	0.390				
9	T9	Τοίχοι συρομένων 36	0.346				
10	T10						
11	T11						
12	T12						
13	T13						
14	T14						
15	T15						

Ok Άκυρο

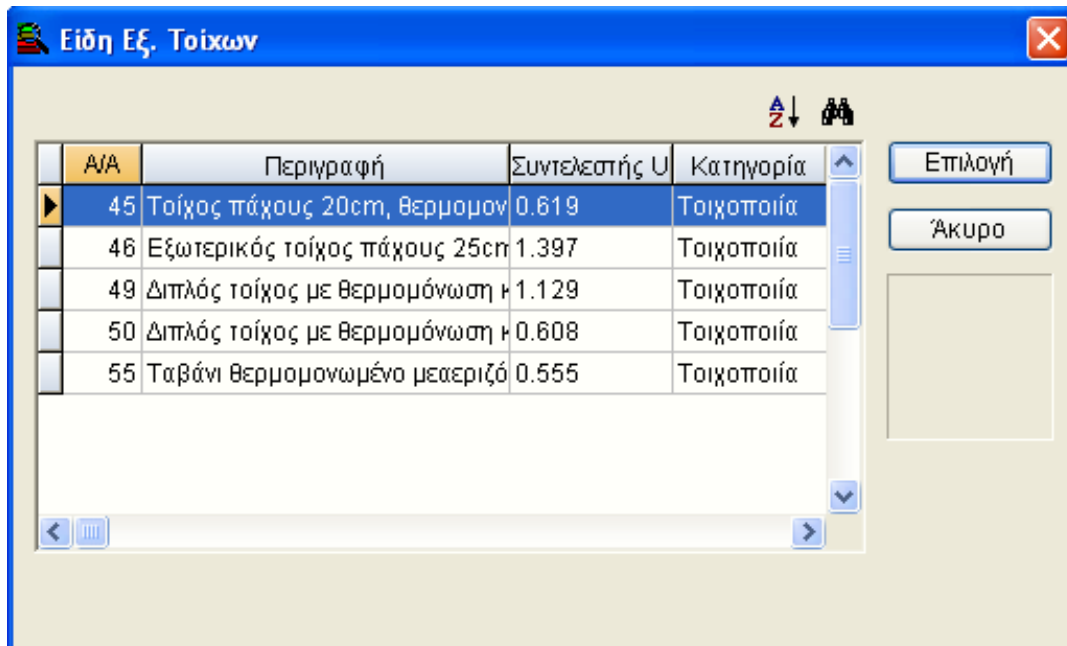
1: 1 Μη Προσπελάσιμο Εξωτερικοί Τοίχοι

Εικόνα 82 Επιλογή δομικών στοιχείων.

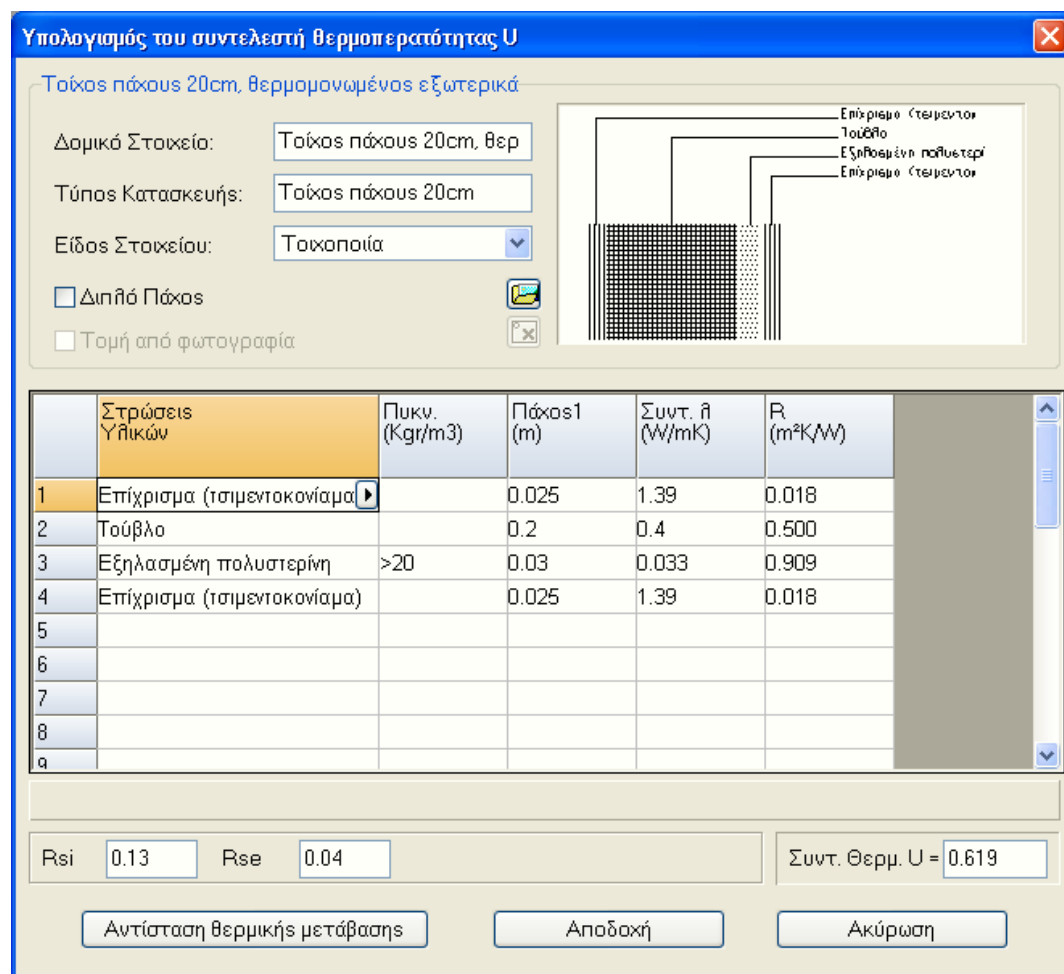
**Πίνακας 3 Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής Θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.**

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> .K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	U <sub>v,D</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	U <sub>v,W</sub>	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	U <sub>v,DL</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	U <sub>v,G</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	U <sub>v,WE</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	U <sub>v,F</sub>	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	U <sub>v,GF</sub>	2,20	2,00	1,80	1,80

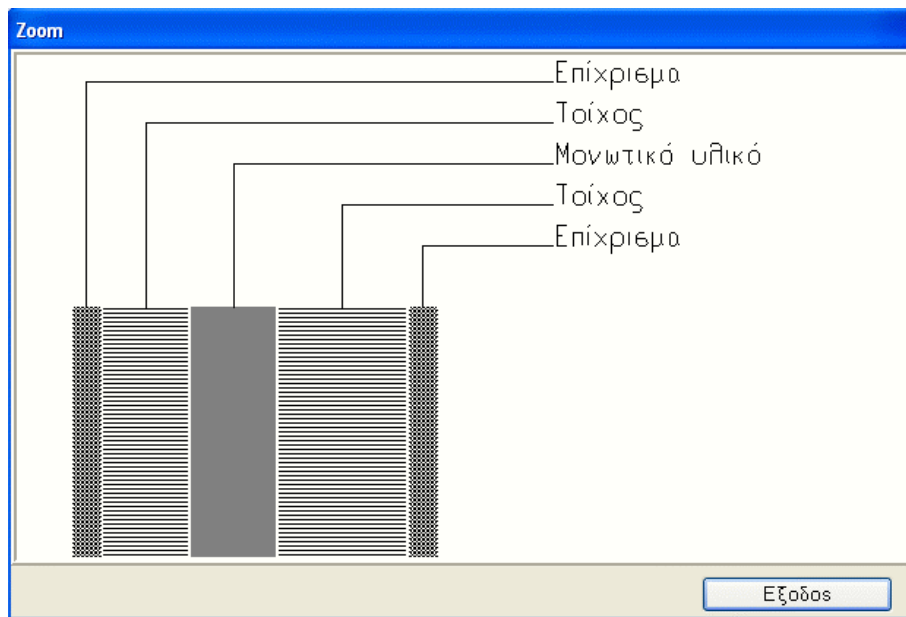
**3.1 Εξωτερικοί Τοίχοι (T1, T2, κλπ.):** Επιλέγοντας δομικό στοιχείο από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος ενημερώνεται αυτόματα ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U. Ο χρήστης εισάγει από την υφιστάμενη βιβλιοθήκη του προγράμματος ένα δομικό στοιχείο. Έχοντας φέρει στον κατάλογο της μελέτης ένα δομικό στοιχείο από την βιβλιοθήκη, μπορεί στη συνέχεια να το επεξεργαστεί και να το τροποποιήσει όπως επιθυμεί. Αυτή η ευκολία χρειάζεται διότι συνήθως τα πάχη των μονωτικών μπορούν να αλλάζουν από μελέτη σε μελέτη. Κάτω από την περιγραφή του δομικού στοιχείου υπάρχει πίνακας με τις στρώσεις των υλικών από τις οποίες συνίσταται. Κάθε στρώση αποτελεί γραμμή του πίνακα, αποτελούμενη από έξι στήλες: Η πρώτη αναφέρεται στον α/α του υλικού, η δεύτερη στην περιγραφή της στρώσης, η τρίτη στην πυκνότητα, η τέταρτη στήλη στο πάχος, η πέμπτη στον συντελεστή λ, και η τελευταία στο συντελεστή R. Τέλος, στο πάνω δεξιά μέρος του φύλλου δομικού στοιχείου σχηματίζεται σκαρίφημα της τομής του δομικού στοιχείου, όπου τα πάχη των στρώσεων σχεδιάζονται υπό κλίμακα, ενώ επίσης φαίνεται και η ονομασία τους.



Εικόνα 83 Είδη εξωτερικών τοίχων.



Εικόνα 84 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου.



Εικόνα 85 Σκαρίφημα που φαίνονται οι στρώσεις των υλικών.

**3.2 Εσωτερικοί Τοίχοι** (E1, E2, κλπ.): Συμπληρώνεται ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας  $U$ , η απορροφητικότητα και η ικανότητα εκπομπής επιφάνειας του δομικού υλικού όπως και για τους εξωτερικούς τοίχους. Ακόμα εμφανίζεται βοηθητικός πίνακας με τις εσωτερικές τοιχοποιίες της βιβλιοθήκης, απ' όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τοίχο.

**3.3 Οροφές** (O1, O2 κλπ.): Συμπληρώνεται ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας  $U$ , η απορροφητικότητα και η ικανότητα εκπομπής επιφάνειας του δομικού υλικού. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα επιλογής οροφής από την βιβλιοθήκη.

**3.4 Δάπεδα** (Δ1, Δ2 κλπ.): Συμπληρώνεται ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας  $U$ , η απορροφητικότητα και η ικανότητα εκπομπής επιφάνειας του δομικού υλικού. Η επιλογή του υλικού μπορεί να γίνει και από την βιβλιοθήκη.

**3.5 Ανοίγματα** (A1, A2 κλπ): Συμπληρώνεται η περιγραφή του ανοίγματος και οι διαστάσεις (πλάτος, ύψος). Αναλόγως της επιλογής του ανοίγματος, συμπληρώνονται αυτόματα οι στήλες:

- συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών του διαφανούς μέρους του στοιχείου
- ποσοστό πλαισίου στο κούφωμα
- συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου  $U_f$  ( $W/m^2K$ )
- συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα  $U_g$  ( $W/m^2K$ )
- συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα  $\Psi_g$

Στα παραπάνω πεδία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κάνει όποιες αλλαγές θέλει. Αυτομάτως συμπληρώνονται και τα πεδία που φαίνεται η τιμή αερισμού λόγω χαραμάδων και το είδος ανοίγματος. Και σε αυτά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επέμβει ώστε να τα αλλάξει. Όταν τα πεδία αυτά έχουν συμπληρωθεί, υπολογίζονται αυτόματα το μήκος θερμογέφυρας  $l_g$  και ο υπολογιζόμενος συντελεστής  $U$  στα αντίστοιχα πεδία. Αν ο χρήστης επιθυμεί διαφορετική τιμή για αυτά, μπορεί να δηλώσει τις δικές του τιμές στα παραπάνω πεδία.

	Ανοίγμ.	Περιγραφή	Πλάτ. (m)	Ύψος (m)	Συντ. Θερμικών ηλιακών απολαβών	Πασσοστό πλαίσιου στο κούφωμα (%)	Συντ. Θερμοτ. πλαισίου $U_f$ ( $W/m^2K$ )	Συντ. Θερμοτ. υαλοπίνακα $U_g$ ( $W/m^2K$ )	Συντ. γραμμικής Θερμοτ. υαλοπίνακα $\Psi_g$	Αριθμός φύλλων	Επιθυμητό μήκος θερμογέφυρας $l_g$ (m)
1	A1	Απλό κοινό τζ1	1		0.77	20	2.20	5.7	0.06		
2	A2	Απλό απορροσ1		2.2	0.77	20	3.8	5.7	0.08		
3	A3										
4	A4										
5	A5										
6	A6										
7	A7										
8	A8										
9	A9										
10	A10										
11	A11										
12	A12										
13	A13										
14	A14										

**Εικόνα 86** Παράμετροι που υπολογίζονται για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων.

#### 4. Επιλογή υλικών από Βιβλιοθήκες

Οι Βιβλιοθήκες της εφαρμογής του Κτηρίου Αναφοράς περιλαμβάνουν Δομικά Υλικά, Δομικά Στοιχεία, Ανοίγματα, και Κλιματολογικά στοιχεία. Οι βιβλιοθήκες είναι ανοιχτές σε ενημέρωση από τον χρήστη ο οποίος μπορεί να τις τροποποιήσει σύμφωνα με την επιθυμία του ή και να προσθέσει νέα δεδομένα.

Στο χρήστη δίνονται αρκετές και σημαντικές δυνατότητες επεξεργασίας και εμπλουτισμού των βιβλιοθηκών του:

- Έχει τη δυνατότητα καταχώρησης απεριόριστου αριθμού υλικών.
- Έχει τη δυνατότητα επιλογής μιας συγκεκριμένης υποομάδας της βιβλιοθήκης του. Για παράδειγμα, στην βιβλιοθήκη Δομικών Υλικών μπορεί να επιλέξει να εμφανίζονται στην οθόνη του μόνο τα μονωτικά υλικά που επιθυμεί.
- Έχει τη δυνατότητα να ταξινομήσει την βιβλιοθήκη του (κατά αύξουσα ή κατά φθίνουσα σειρά) με βάση όποια στήλη επιθυμεί.



Δομικά Υλικά				
Όλες οι κατηγορίες	Περιγραφή	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Κόστος (€)	Είδος Υλικού
Επίχρισμα		1900		Επίχρισμα
Επιστρ. Δαπ/Οροφών		1200		Τοιχοποιία
Μέταλλο				Μονωτικό
Μονωτικό				Μονωτικό
Ξύλο				Μονωτικό
Σκυρόδεμα		2400		Σκυρόδεμα
Στεγανωτικό				Σκυρόδεμα
Τοιχοποιία				Σκυρόδεμα
5 Μπετόν		2400		Σκυρόδεμα
6 Ασβεστοκονίαμα		1900		Επίχρισμα
7 Στεγάνωση		1050		Στεγανωτικό
8 Πλάκα		2400		Σκυρόδεμα
9 Τσιμεντοκονίαμα				Επίχρισμα
10 Κεραμίδια		1200		Άλλο
11 Μάρμαρο		2800		Επιστρ. Δαπ/Οροφών
12 Τσιμεντοσανίδες		1200-1300		Τοιχοποιία
13 Περιλιτόδεμα 1:4				Σκυρόδεμα

Εικόνα 87 Βιβλιοθήκη υλικών.

Ο χρήστης λοιπόν μπορεί να επιλέξει από τις παρακάτω κατηγορίες:

#### 4.1 Δομικά Υλικά

Η βιβλιοθήκη αυτή περιλαμβάνει κατάλογο Υλικών, από τα οποία συντίθενται τα Δομικά Στοιχεία. Τέτοια υλικά είναι για παράδειγμα το επίχρισμα, το τούβλο, η μόνωση, το ξύλο κ.α. Κάθε υλικό ορίζεται από την περιγραφή του, την πυκνότητά του, τον συντελεστή λ και τον τύπο της διαγράμμισης, και μπορεί να συμπληρωθεί και η πηγή του. Η βιβλιοθήκη είναι ανοιχτή στον χρήστη για να την τροποποιήσει ή και να ορίσει νέα υλικά, με τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί.

Δομικά Υλικά								
Όλες οι κατηγορίες								
A/a	Περιγραφή	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Κόστος (€)	Είδος Υλικού	Pattern	λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση R <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	Πηγή - Πρότυπο
1	Επίχρισμα	1900		Επίχρισμα		0.872		
2	Τοίχος	1200		Τοιχοποιία		0.523		
3	Μονωτικό υλικό			Μονωτικό		0.041		
4	Δοκός καλώνα	2400		Σκυρόδεμα		2.035		
5	Μπετόν	2400		Σκυρόδεμα		2.035		
6	Ασβεστοκονίαμα	1900		Επίχρισμα		0.870		
7	Στεγάνωση	1050		Στεγανωτικό		0.174		
8	Πλάκα	2400		Σκυρόδεμα		2.035		
9	Τσιμεντοκονίαμα			Επίχρισμα		1.390		
10	Κεραμίδια	1200		Άλλο		0.581		
11	Μάρμαρο	2800		Επιστρ. Διαπ/Οροφών		3.500		
12	Τσιμεντοσανίδες	1200-1300		Τοιχοποιία		0.280		
13	Περλιτόδεμα 1:4			Σκυρόδεμα		0.198		
14	Σανίδες	550		Ξύλο		0.140		
15	Ξύλινο δάπεδο	900		Ξύλο		0.209		
16	Ξύλινο υπόστρωμα	550		Ξύλο		0.140		
17	Κενό συρομένων			Άερας		0.000		
18	Μπετόν κλίσης	800		Σκυρόδεμα		0.349		
19	Γαρμπιλομωσικό	1500		Επιστρ. Διαπ/Οροφών		0.640		
20	Υαλοβάμβακας μη μορ	50		Μονωτικό		0.041		
21	Πλάκα άσπλη			Σκυρόδεμα		1.512		
22	Γκρό μπετόν			Σκυρόδεμα		1.512		
23	Αφροσκυρόδεμα 600 κ 600			Σκυρόδεμα		0.200		
24	Πλακάκια			Επιστρ. Διαπ/Οροφών		1.047		
25	Κροκάλες			Άλλο		1.047		
26	Γυψοσανίδα	1200		Τοιχοποιία		0.580		
27	Μονυάλ			Μονωτικό		0.041		
28	Χώμα συμπαγές	1800		Άλλο		2.090		
29	Heraklith			Μονωτικό		0.062		

Εικόνα 88 Βιβλιοθήκη δομικών υλικών.

#### 4.2 Δομικά Στοιχεία

Η βιβλιοθήκη Δομικών Στοιχείων περιλαμβάνει ένα κατάλογο από Δομικά Στοιχεία τα οποία μπορεί να επιλέξει ο χρήστης στη μελέτη του καθώς και χρήσιμες πληροφορίες όπως βάρος, πάχος, χρώμα που ο χρήστης μπορεί να ορίσει για να μεταφερθούν και στην εφαρμογή των Ψυκτικών Φορτίων.

Με το πλήκτρο «Ανάλυση», ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τροποποιήσει οποιοδήποτε δομικό στοιχείο της βιβλιοθήκης ή αφού δημιουργήσει ένα νέο δομικό στοιχείο, να το συνθέσει δηλαδή να εισάγει τις στρώσεις των υλικών από τις οποίες συνίσταται το δομικό στοιχείο.

Δομικά Στοιχεία

Όλες οι κατηγορίες

Α/α	Περιγραφή	Κατηγορία	Συντελεστής U (W/m <sup>2</sup> K)	Βάρος (kg/m <sup>3</sup> )	Πάχος (m)	Χρώμα	Τύπος Ashrae	Τύπος Ashrae	Τύπος Ashrae	Πηγή - Πρότυπο	Θερμοαγωγιμότητα (W/mK)
1	Εξωτερική τοιχοποιία 27	Τοιχοποιία	0.562	300	0.27	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G4	Τύπος 17		
2	Εξωτερική τοιχοποιία	Τοιχοποιία	0.509	300	0.25	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G4	Τύπος 17		
3	Τοίχοι σιρομένων 37	Σιρομένα	0.565	300	0.37	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G10	Τύπος 17		
4	Δοκοί υποστυλώματα 25	Μπετόν	0.642	500	0.34	Μέσο	Τύπος B	Τύπος H2	Τύπος 31		
5	Δάπεδο μερμέρινο σε φυσικό έδαφος	Δάπεδο	0.424	200	0.39	Μέσο					
6	Δάπεδο μερμέρινο σε ριζό	Πλατιά	0.488	200	0.34	Μέσο					
7	Δάπεδο μερμέρινο σε μη θ χώρο	Δάπεδο	0.518	200	0.27	Μέσο					
8	Οροφή 14	Οροφή	0.465	200	0.40	Μέσο	Τύπος E	Τύπος G10	Τύπος 15		
9	Δάπεδο ξύλινο σε pilotis	Πλατιά	0.445	200	0.27	Μέσο					
10	Δάπεδο ξύλινο σε φυσικό έδαφος 10γ	Δάπεδο	0.596	100	0.19	Μέσο					
11	Δάπεδο ξύλινο σε φυσικό έδαφος 10δ	Δάπεδο	1.579	100	0.18	Μέσο					
12	Δάπεδο μερμέρινο σε φυσικό εδ. 10α	Δάπεδο	1.187	100	0.16	Μέσο					
13	Δαπ ξ κ σε μ θ χ 16α	Δάπεδο	1.019	100	0.22	Μέσο					
14	Δαπ ξ σε μ θ χ 16β	Δάπεδο	1.226	100	0.24	Μέσο					
15	Δαπ ξ σε μ θ χ 16γ	Δάπεδο	0.547	100	0.24	Μέσο					
16	Δαπ ξ pil san 9/1 4/7	Πλατιά	0.368	300	0.41	Μέσο					
17	Δαπ μ pil san 9/1 4/7	Πλατιά	0.405	300	0.42	Μέσο					
18	Οροφή sand 9/1 4/7	Οροφή	0.438	300	0.53	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G10	Τύπος 19		
19	Οροφή zoelner 8/1 7	Οροφή	0.358	300	0.51	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G10	Τύπος 19		
20	Δάπεδο με πλακ επί σκυρ	Δάπεδο	0.323	200	0.33	Μέσο					
21	Ξύλινο δαπ επί σκυρ	Δάπεδο	0.324	300	0.48	Μέσο					
22	Ξύλινη στέγη με κερ	Οροφή	0.415	200	0.20	Μέσο	Τύπος D	Τύπος G8	Τύπος 17		
23	Δάπ με πλακ επί σκυρ	Δάπεδο	0.377	100	0.21	Μέσο					
24	Υφιστάμενη λιθοδομή	Τοιχοποιία	0.433	700	0.65	Μέσο	Τύπος A	Τύπος G18	Τύπος 5		
25	Οπλισμ σκυρ -Επιχρισ	Μπετόν	0.304	500	0.30	Μέσο	Τύπος B	Τύπος G13	Τύπος 31		
26	Πλινθ & σπλισ σκυροδ	Τοιχοποιία	0.526	700	0.43	Μέσο	Τύπος A	Τύπος G18	Τύπος 5		
27	Μπετική οπισπλινθοδ	Τοιχοποιία	0.223	300	0.39	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G4	Τύπος 12		
28	Διπλή όρομ οπισπλινθ	Τοιχοποιία	0.252	300	0.32	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G4	Τύπος 12		
29	Μπετική οπισπλινθοδ	Τοιχοποιία	0.394	300	0.31	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G4	Τύπος 12		
30	Μη βατό αντιστραμμένο δώμα	Οροφή	0.387	200	0.39	Μέσο	Τύπος C	Τύπος G5	Τύπος 17		

Ανάλυση

Ok Άκυρο Εισαγωγή >> Εισαγωγή από web >>

Εικόνα 89 Βιβλιοθήκη δομικών στοιχείων.

#### 4.3 Ανοίγματα

Περιέχονται διάφοροι τύποι ανοιγμάτων καθένας από τους οποίους χαρακτηρίζεται με συγκεκριμένο συντελεστή θερμοπερατότητας και άλλα χαρακτηριστικά.

Α/α	Περιγραφή	Κόστος (€)	Πέπεση U	Uf	Ug	Τύπος	Τύπος εξαρτημάτων διαχωρισμού	Πάχος οπινιά	Πάχος γυαλιού	Είδος αερίου στο διάκενο	Υλικό κατασκευής πλαισίου	Εξ. ακ. λα. (€)
1	Απλό κοινό τζάμι (ξύλινο πλαίσιο 20%)	5.00	3	5.7	Μονό	Συνηθισμένος					Ξύλο	0.7
2	Απλό κοινό τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο 30%)	6.10	7	5.7	Μονό	Συνηθισμένος					Μέταλλο χωρίς θερμοδιακοπή	0.7
3	Απλό απορροφητικό τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	5.10	3.8	5.7	Μονό	Συνηθισμένος						0.7
4	Απλό απορροφητικό τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	5.10	3.8	5.7	Μονό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ						0.7
5	Διπλό διακένου 6mm (ξύλινο πλαίσιο)	3.20	3.2	3	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		6				0.ε
6	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	3.70	7.0	2.2	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		6	Αέρας			0.ε
7	Διπλό διακένου 12mm (ξύλινο πλαίσιο)	2.97	3.3	2.6	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		12				0.ε
8	Διπλό διακένου 12mm (μεταλλικό πλαίσιο 40%)	3.50	7.0	1.8	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		12			Μέταλλο με θερμοδιακοπή 12mm	0.ε
9	Διπλό απόστασης 2c<s<4cm (ξύλινο πλαίσιο)	2.40	2.2	2.3	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		30				0.ε
10	Διπλό απόστασης 2c<s<4cm (μεταλλικό πλαίσιο)	3.00	7.0	1.2	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		30				0.ε
11	Διπλό απόστασης 4cm<s<7cm (ξύλινο πλαίσιο)	2.30	2.1	2.2	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		55				0.ε
12	Διπλό απόστασης 4cm<s<7cm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.80	7.0	0.8	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		55				0.ε
13	Διπλό απόστασης >=7cm (ξύλινο πλαίσιο)	2.50	2	2.6	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		70				0.ε
14	Διπλό απόστασης >=7cm (μεταλλικό πλαίσιο)	3.00	7	1.2	Διπλό	Βελτιωμένος θερμ. απόδοσ		70				0.ε
15	Τοίχος από πλάκες τζαμιών	3.48	3.48	3.48								
16	Ανοίγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	3.48	3.48	3.48								
17	Ανοίγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	5.81	5.81	5.81								
18	Απλό κοινό τζάμι (πλαστικό πλαίσιο)	4.85	2.8	5.7	Μονό	Συνηθισμένος						0.ε
19	Διπλό διακένου 6mm (πλαστικό πλαίσιο)	2.80	2.2	2.8	Διπλό	Συνηθισμένος		6				0.ε
20	Διπλό διακένου 12mm (πλαστικό πλαίσιο)	3.10	2.2	3.1	Διπλό	Συνηθισμένος		12				0.ε

Εικόνα 90 Βιβλιοθήκη ανοιγμάτων.

#### 4.4 Κλιματολογικά

Παρουσιάζεται η βιβλιοθήκη Πόλεων με τα κλιματολογικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά τους. Όταν επιλεγεί μία πόλη, στη δεξιά πλευρά του παραθύρου εμφανίζονται αναλυτικά στοιχεία ανά μήνα για τη μέση θερμοκρασία, την ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, την ταχύτητα ανέμων, τη μέση σχετική υγρασία και τη ειδική υγρασία.

**Κλιματολογικά**

Α/α	Περιγραφή	Γεωγραφικό Μήκος (°)	Γεωγραφικό Πλάτος (°)	Ζώνες
1	Αθήνα (Ελληνική)	23.45	37.54	Ζώνη Β
2	Αλεξανδρούπολη	25.56	40.51	Ζώνη Γ
3	Ανδραβίδα	21.17	37.55	Ζώνη Β
4	Άρτα	21.00	39.10	Ζώνη Β
5	Κοζάνη	21.47	40.18	Ζώνη Δ
6	Λάρισα	22.27	39.39	Ζώνη Γ
7	Θεσσαλονίκη (Ν)	22.58	40.31	Ζώνη Γ
8	Νάξος	25.23	37.06	Ζώνη Α
9	Τυμπάκι	24.46	35.00	Ζώνη Α
10	Αργασόλι	20.29	38.11	Ζώνη Α
11	Ηράκλειο	25.11	35.20	Ζώνη Β
12	Ιεράπετρα	25.44	35.00	Ζώνη Α
13	Ιωάννινα	20.49	39.42	Ζώνη Γ
14	Καλαμάτα	22.00	37.04	Ζώνη Α
15	Κέρκυρα	19.55	39.37	Ζώνη Β
16	Κύθηρα	23.10	36.17	Ζώνη Α
17	Μεθώνη	21.42	36.50	Ζώνη Α
18	Μήλος	24.27	36.43	Ζώνη Α

Α/α	Μήνας	Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία	Ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (kWh/m <sup>2</sup> )	Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Μέση σχετική υγρασία (%)	Ειδική υγρασία (g/Kgr)
1	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	10.3	63.0	3.9	68.8	5.3
2	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	10.6	79.0	4.0	67.6	5.3
3	ΜΑΡΤΙΟΣ	12.3	117.7	3.8	65.8	5.8
4	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	16.0	154.3	3.3	62.5	7.0
5	ΜΑΪΟΣ	20.7	195.4	3.1	58.6	8.8
6	ΙΟΥΝΙΟΣ	25.4	214.0	3.3	52.2	10.4
7	ΙΟΥΛΙΟΣ	28.1	222.4	3.9	46.8	11.0
8	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	28.0	202.7	4.0	46.7	10.9
9	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	24.3	152.6	3.6	53.5	10.0
10	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	19.6	109.0	3.7	62.0	8.7
11	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	15.4	70.7	3.4	68.8	7.4
12	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	12	55.7	3.8	70.1	6.1

Εικόνα 91 Επιλογή κλιματολογικών και γεωγραφικών χαρακτηριστικών κτηρίου.

### 5. Έλεγχος μόνωσης Κτηρίου

Στο παράθυρο αυτό εμφανίζονται στοιχεία του κτηρίου (επιφάνειες, τοποθεσία κλπ.) όπως επίσης και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  του κτηρίου. Παρέχεται ο πίνακας με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή  $U$  ανά κλιματική ζώνη και το λόγο επιφάνειας/όγκου του κτηρίου και εμφανίζεται ο αντίστοιχος μέγιστος συντελεστής για τη ζώνη που γίνεται η μελέτη. Επιπλέον, εμφανίζονται αναλυτικά οι πίνακες της μόνωσης του κτηρίου.

1Α. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ				
1. Πόλη	Αθήνα (Ελληνικό)			
2. Ζώνη	B			
1Β. ΕΙΔΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ				
1. Επιφάνεια οροφών	Fd = 0.000 m <sup>2</sup>			
2. Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	Fw = 98.500 m <sup>2</sup>			
3. Επιφάνεια δαπέδων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	Fw = 0.000 m <sup>2</sup>			
4. Επιφάνεια δαπέδων σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς ΜΘΧ	Fg = 0.000 m <sup>2</sup>			
5. Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς ΜΘΧ	Fwe = 0.000 m <sup>2</sup>			
6. Επιφάνεια ανοιγμάτων	Ff = 9.500 m <sup>2</sup>			
7. Επιφάνεια γυάλινων προσόψεων	Fgf = 0.000 m <sup>2</sup>			
8. Όγκος κτηρίου	V = 240.000 m <sup>3</sup>			
9. Λόγος	A/V = 0.450 1/m			
<b>1Γ. ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ U = 1.032 W/m<sup>2</sup>K</b>				
<b>1Δ. ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Um = 0.980 W/m<sup>2</sup>K</b>				
A/V m <sup>-1</sup>	Um σε W/m <sup>2</sup> K			
	ζώνη Α	ζώνη Β	ζώνη Γ	
<=0.2	1.26	1.14	1.05	
0.3	1.20	1.09	1.00	
0.4	1.15	1.03	0.95	
0.5	1.09	0.98	0.90	
0.6	1.03	0.93	0.86	
0.7	0.98	0.88	0.81	
0.8	0.92	0.83	0.76	

Εικόνα 92 Σύγκριση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κτηρίου με τον μέγιστο επιτρεπτό.

## 6. Ο χρήστης εισάγει τους μη θερμαινόμενους χώρους:

Μέσα από το παράθυρο αυτό εισάγονται οι μη θερμαινόμενοι χώροι του κτηρίου καθώς και ορισμένα στοιχεία που τους χαρακτηρίζουν. Καλείται δηλαδή ο χρήστης να δώσει το όνομα του χώρου, το εμβαδόν το ύψος του και τον τύπο αεροστεγανότητας του μη θερμαινόμενου χώρου από την αντίστοιχη λίστα. Τέλος, συμπληρώνει την εκτεθειμένη περίμετρο του δαπέδου. Εισάγει δηλαδή τα δομικά στοιχεία του χώρου πχ τοίχους, ανοίγματα, προσανατολισμό, μήκη και πλάτη των στοιχείων και αυτομάτως προκύπτει ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας.

## 7. Ορίζονται τα διπλανά κτήρια

Ο χρήστης μπορεί σε περίπτωση που το γειτονικό κτήριο έχει απλή γεωμετρία και σκιάζει ολόκληρη την πλευρά του κτηρίου του να δηλώσει εδώ την ύπαρξή του, δίνοντας την απόσταση και το ύψος του ανά προσανατολισμό, είτε να δηλώσει αναλυτικά στο φύλλο υπολογισμού το σκιασμό που δέχεται το κάθε δομικό στοιχείο από το διπλανό κτήριο.

Προσανατολισμός	Απόσταση	Ύψος
Ανατολικά	0	0
Νοτιοανατολικά	0	0
Νότια	0	0
Νοτιοδυτικά	0	0
Δυτικά	0	0
Βορειοδυτικά	0	0
Βόρεια	0	0
Βορειοανατολικά	0	0

OK      Ακύρωση

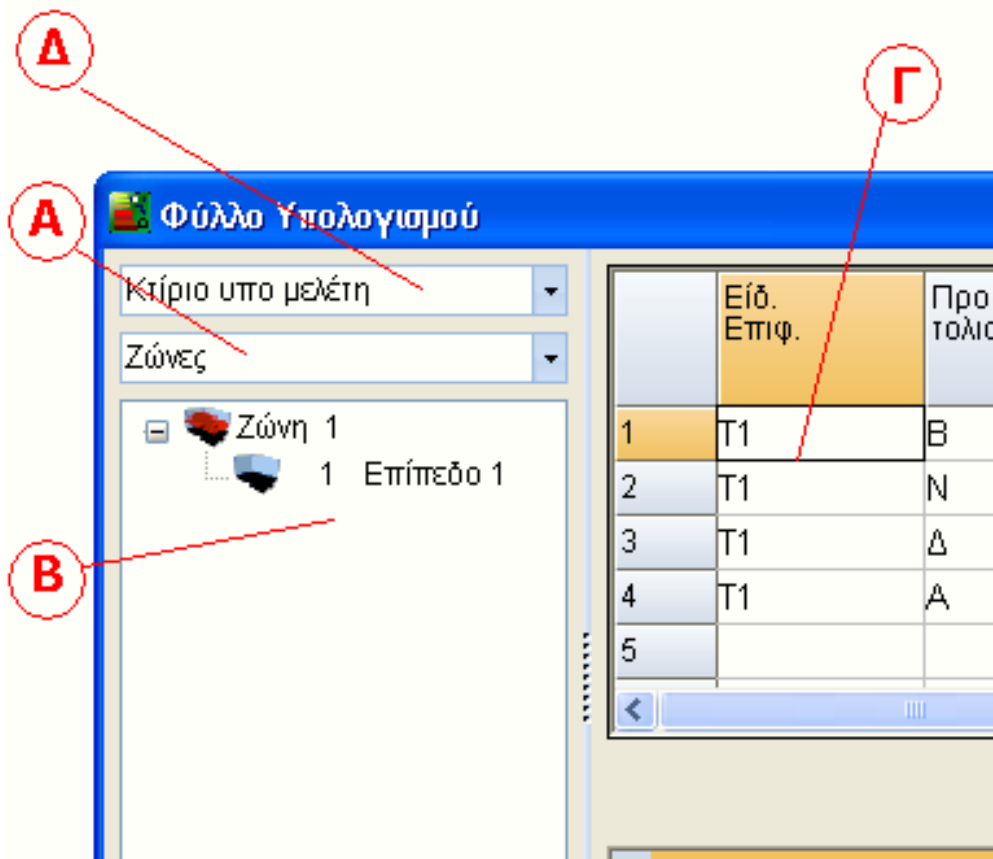
Εικόνα 93 Ορισμός γειτονικών κτηρίων.

#### 8. Έλεγχος υπολογισμών από Φύλλο Υπολογισμού

Το φύλλο υπολογισμού αποτελεί την καρδιά των υπολογισμών της εφαρμογής. Στο παράθυρο αυτό αναλύονται οι θερμικές ζώνες και τα συστήματα του κτηρίου αλλά και του κτηρίου αναφοράς. Το παράθυρο αυτό αποτελείται από τέσσερα βασικά τμήματα:

- Στο τμήμα Α ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν θα εμφανίζονται οι Ζώνες ή τα Συστήματα.
- Η μορφή του τμήματος Β εξαρτάται από την επιλογή που έχει κάνει ο χρήστης στο τμήμα Α. Αν ο χρήστης έχει επιλέξει «Ζώνες» στο τμήμα Β εμφανίζονται οι ζώνες και τα επίπεδα του κτηρίου. Αν ο χρήστης έχει επιλέξει «Συστήματα» στο τμήμα εμφανίζονται τα συστήματα του κτηρίου.
- Το τμήμα Γ έχει άλλη μορφή όταν επιλέγεται μια Ζώνη, άλλη όταν επιλέγεται ένα επίπεδο, άλλη όταν επιλέγεται το Κτήριο και άλλη όταν επιλέγεται ένα σύστημα.
- Στο τμήμα Δ, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν τα στοιχεία που επεξεργάζεται στα υπόλοιπα τμήματα του παραθύρου (ζώνες-συστήματα) αναφέρονται στο υπό μελέτη κτήριο ή στο κτήριο αναφοράς.

Τα στοιχεία του κτηρίου αναφοράς συμπληρώνονται αυτόματα όταν ο χρήστης εισάγει τα δεδομένα του στο υπό μελέτη κτήριο. Ο χρήστης εργάζεται στο «Κτήριο υπό μελέτη» και ανά πάσα στιγμή μπορεί να επιλέξει «Κτήριο Αναφοράς» για να δει τα αντίστοιχα στοιχεία και καταναλώσεις του Κτηρίου Αναφοράς ως μέτρο σύγκρισης με το δικό του.



Εικόνα 94 Ορισμός θερμικών ζωνών-Συστημάτων.

	Πολυμορφισμός	Γειτνιάζων χώρος	Αφαιρού μεση	Συντελεστής U (W/m²K)	Υπολογιζόμενο Συντελεστής U (W/m²K)	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφ. (m²)
6	T7	270	Δ	0.450	0.550	10.00	3	30.00
7	T2	180	N	3.366	3.366	1.45	1.20	1.74
8	A1	180	N	0.432	0.532	10.00	0.30	3.00
9	T7	180	N	0.450	0.550	10.00	3	30.00
10	T2	90	A	0.450	0.550	10.00	3	30.00
11	A2	90	A	3.367	3.367	1.40	1.20	1.68
12	T7	90	A	0.432	0.532	10.00	0.30	3.00
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								

Εικόνα 95 Φύλλο υπολογισμού ενεργειακής ζήτησης κτηρίου.



Ακόμα μέσα από το φύλλο υπολογισμού δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να:

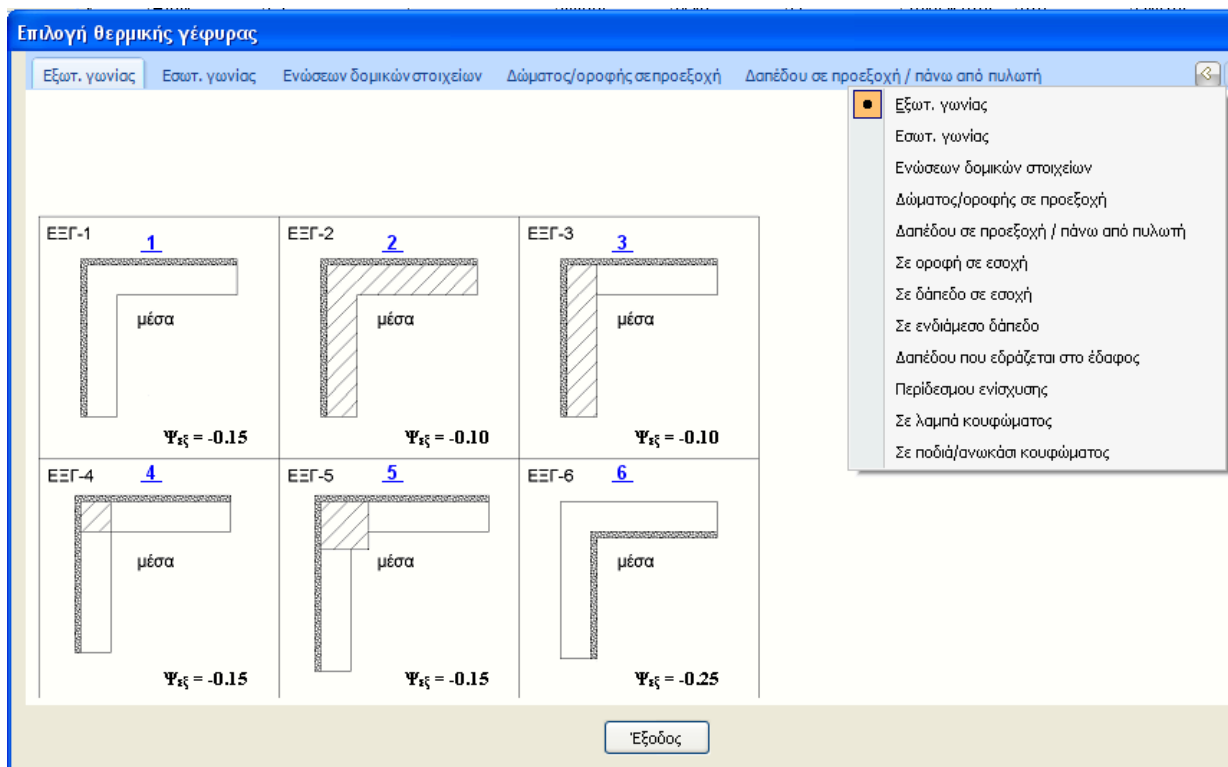
8.1 Διακρίνει το κτήριο σε ζώνες, κάθε μία από τις οποίες μπορεί να απαρτίζεται από ένα ή περισσότερα επίπεδα. Επίσης υπολογίζεται για κάθε ζώνη η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση χώρου, για συνθήκες συνεχούς θέρμανσης, για τους αντίστοιχους μήνες και αντίστοιχα υπολογίζεται για κάθε ζώνη η ενεργειακή ζήτηση για ψύξη χώρου, για συνθήκες συνεχούς ψύξης, για τους αντίστοιχους μήνες.

	Ιανουάριος (kWh/m <sup>2</sup> )	Φεβρουάριο (kWh/m <sup>2</sup> )	Μάρτιος (kWh/m <sup>2</sup> )	Απρίλιος (kWh/m <sup>2</sup> )
Θέρμανση/Ψύξη	Θέρμανση	Θέρμανση	Θέρμανση	Θέρμανση
Ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση	18.61	15.21	11.58	4.38
Ενεργειακή ζήτηση για ψύξη	4.30	4.12	5.45	6.77

Εικόνα 96 Ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση/ψύξη ανάλογα το μήνα.

8.2 Ορίζει τις ζώνες του κτηρίου, και με τη βοήθεια των αντίστοιχων φύλλων υπολογισμού του προγράμματος εισάγει τα γεωμετρικά δεδομένα και τα δομικά υλικά του περιβλήματος της ζώνης.

8.3 Υπολογίζει τις θερμικές γέφυρες. Οι θερμογέφυρες αποτελούν τα «ασθενή» σημεία του κτηριακού περιβλήματος και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική του προστασία προσαυξάνοντας την ενεργειακή κατανάλωση του κελύφους. Διακρίνονται σε δύο τύπους α) γραμμικές και β) σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση ενώ οι σημειακές δε λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς. Στο φύλλο υπολογισμού συμπληρώνονται τόσο οι θερμικές γέφυρες προς το εξωτερικό περιβάλλον, όσο και οι θερμικές γέφυρες προς εσωτερικούς χώρους (αποτελούν τις θερμικές γέφυρες που βρίσκονται στα σημεία που διαχωρίζουν ένα θερμαινόμενο χώρο από ένα μη θερμαινόμενο χώρο). Ο χρήστης μπορεί να δει όλα τα είδη και αναλόγως της κατασκευής που έχει να επιλέξει μία κατηγορία.



Εικόνα 97 Επιλογή τύπου θερμικής γέφυρας.

## 9. Έλεγχος σκιάσεων

Όταν μέσω των συμπληρωματικών στοιχείων έχουν δοθεί τα στοιχεία των σκιάσεων, ο χρήστης μπορεί να δει τους συντελεστές σκίασης που έχουν υπολογιστεί.

Πλήρης σκίαση	
<b>Σκίαση Προβόλου</b>	
Πλάτος Οριζόντιου Προβόλου (m)	
Πλάτος Κατακόρυφου Προβόλου [δεξιά πλευρά] (m)	
Πλάτος Κατακόρυφου Προβόλου [αριστερή πλευρά] (m)	
Απόσταση Οριζόντιου Προβόλου (m)	
Απόσταση Κατακόρυφου Προβόλου [δεξιά πλευρά] (m)	
Απόσταση Κατακόρυφου Προβόλου [αριστερή πλευρά] (m)	
<b>Σκίαση τέντας</b>	
Απόσταση κάτω μέρους τέντας από δομικό στοιχείο (m)	
Πλάτος τέντας	
<b>Συντελεστές σκίασης</b>	
Απόσταση από γειτονικό κτίριο	
Απόσταση μέσου κατακόρυφης επιφάνειας από παρειά γειτο	
Τύπος εξωτερικών περσίδων	
Συντελεστής θερμικών απολαβών ανοίγματος	
Κλίση δομικού στοιχείου (°)	
<b>Στοιχεία σχεδίασης</b>	
Συντεταγμένη Χ Κάτω Αριστερής Γωνίας	0.00
Συντεταγμένη Y Κάτω Αριστερής Γωνίας	0.00
Τρίγωνο	
Αριστερό Τρίγωνο	
Εκτεθειμένη περίμετρος δαπέδου (m)	

Εικόνα 98 Στοιχεία σκίασης.

	Είδ. Επιφ.	Προσανατολισ. (°)	Προσανατολισ.	Κωδικός ανοίγματος	Συντελεστής σκίασης οριζόντια θέρμανσης Fhor,h	Συντελεστής σκίασης οριζόντια ψύξης Fhor,c	Συντελεστής σκίασης οριζόντιων προβόλων θέρμανσης Fov,h	Συντελεστής σκίασης οριζόντιων προβόλων ψύξης Fov,c	Συντελεστής σκίασης κατακόρυφων προβόλων θέρμανσης Fvh,h	Συντελεστής σκίασης κατακόρυφων προβόλων ψύξης Fvh,c	Ολικός συντελεστής σκίασης θέρμανσης	Ολικός συντελεστής σκίασης ψύξης
1	T2	0	B		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	A4	0	B	B1	1.000	1.000	0.612	0.659	1.000	1.000	0.612	0.659
3	T7	0	B		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	T2	270	Δ		0.595	0.751	1.000	1.000	1.000	1.000	0.595	0.751
5	A3	270	Δ	Δ1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	T7	270	Δ		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	T2	180	N		0.578	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	0.578	0.996
8	A1	180	N	N1	1.000	1.000	1.000	1.000	0.793	0.873	0.793	0.873
9	T7	180	N		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	T2	90	A		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	A2	90	A	A1	1.000	1.000	0.667	0.589	1.000	1.000	0.667	0.589
12	T7	90	A		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												

Σκαρίφημα προσανατολισμού

Εικόνα 99 Συντελεστές σκίασης.

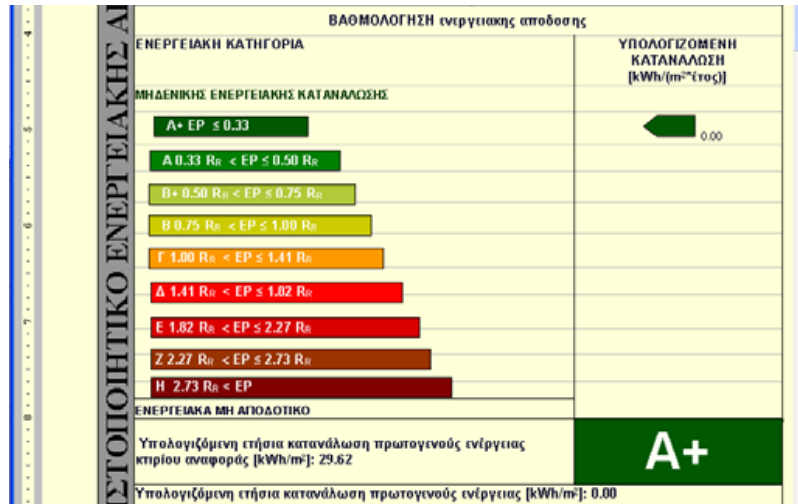
## 10. Φύλλο υπολογισμών και Περιεχόμενα Εκτύπωσης

Η μορφή και τα περιεχόμενα του εκτυπωτικού, εξαρτώνται από τις επιλογές του χρήστη. Αντίστοιχα, προκειμένου να εμφανίζεται το «Τεύχος Αναλυτικών Υπολογισμών» ο χρήστης επιλέγει τα «Περιεχόμενα τεύχους αναλυτικών υπολογισμών και τσεκάρει αυτά που θέλει να εμφανίζονται στην εκτύπωση.

Εικόνα 100 Επιλογή περιεχομένων για εκτύπωση.

## 11. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ)

Το πρόγραμμα παράγει το έντυπο της Ενεργειακής Απόδοσης της ζώνης που μελετάται, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να δει την κατηγορία κατάταξης της ζώνης του και σε περίπτωση μη αποδεκτής κατάταξης να κάνει τις απαραίτητες αλλαγές. Υπενθυμίζεται ότι για να είναι ενεργειακά αποδεκτή η ζώνη πρέπει η κατάταξη να είναι κατηγορίας B και άνω.



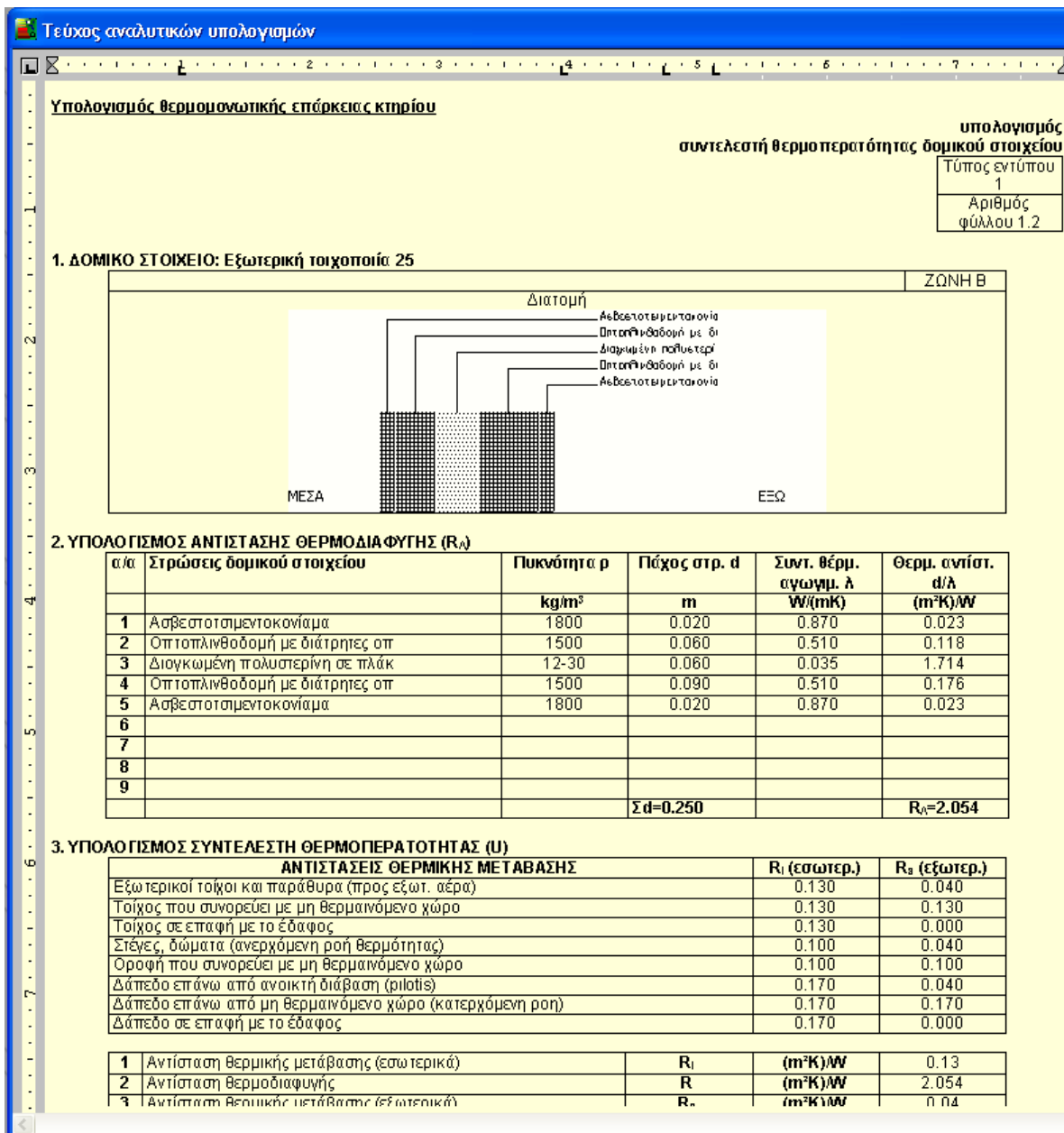
Εικόνα 101 Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης.

## 12. Μη αποδεκτά στοιχεία Κτηρίου/Συστημάτων

Στο παράθυρο αυτό παρουσιάζονται οι συντελεστές που δεν είναι αποδεκτοί βάσει του κανονισμού. Αυτό γίνεται για να δει ο χρήστης πού υπάρχει πρόβλημα, ώστε να ενεργήσει ανάλογα. Τα μη αποδεκτά στοιχεία μπορεί να είναι είτε δομικά στοιχεία, είτε στοιχεία των συστημάτων (θέρμανσης, κλιματισμού κλπ). Για παράδειγμα, αν ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός τοίχου είναι μεγαλύτερος του ορίου, τότε δεν υπάρχει άλλος τρόπος διόρθωσής του από το να μεγαλώσει η μόνωση στον τοίχο. Το παράθυρο αυτό παρέχει πληροφορίες σε ποιά ζώνη και σε ποιο επίπεδο βρίσκεται το μη αποδεκτό στοιχείο καθώς και την ονομασία του, προκειμένου ο χρήστης να το βρει ευκολότερα και να το διορθώσει από τα «Τυπικά Στοιχεία».

## 13. Τεύχος αναλυτικών υπολογισμών

Στο «Τεύχος αναλυτικών υπολογισμών» εμφανίζονται στοιχεία όπως η καταγραφή και ανάλυση των δομικών στοιχείων, τα σκαριφήματα προσανατολισμών, ο υπολογισμός του αθέλητου αερισμού, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου κλπ.



Εικόνα 102 Τεύχος αναλυτικών υπολογισμών.

#### 14. Σύγκριση ενεργειακών προφίλ κτηρίου-κτηρίου αναφοράς.

Η σύγκριση ενεργειακών προφίλ αποτελεί ένα πολύ σημαντικό βοήθημα για το χρήστη. Σε αυτή, μπορεί να δει αναλυτικά τη σύγκριση των καταναλώσεων του κτηρίου αναφοράς και του κτηρίου υπό μελέτη, ενώ στη στήλη Αξιολόγηση εμφανίζονται με βαθμό σημαντικότητας οι τομείς στους οποίους το κτήριο υπό μελέτη μειονεκτεί. Επιπλέον, στο κάτω μέρος του προτείνονται διορθωτικές ενέργειες σε αυτούς τους τομείς (και αναλυτικά τί κατανάλωση θα εξοικονομηθεί), προκειμένου να βελτιωθεί η κατάταξη του κτηρίου.

## *Κεφάλαιο 9*

## 9. Προσομοίωση Κτηρίων

Η επιλογή των τριών κτηρίων που μελετώνται παρακάτω έγινε με βάση την περίοδο που κατασκευάστηκαν ώστε να καλυφτεί το πλήρες φάσμα των Κανονισμών Θερμομόνωσης στην Ελλάδα.

- 1<sup>η</sup> περίοδος: πριν το 1979 όπου δεν υπήρχε Κανονισμός Θερμομόνωσης.
- 2<sup>η</sup> περίοδος: από το 1979-2011 όπου θεσπίστηκαν οι πρώτοι κανόνες για την θερμομονωτική προστασία του κτηρίου.
- 3<sup>η</sup> περίοδος: από το 2011 και μετά όπου ισχύει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης

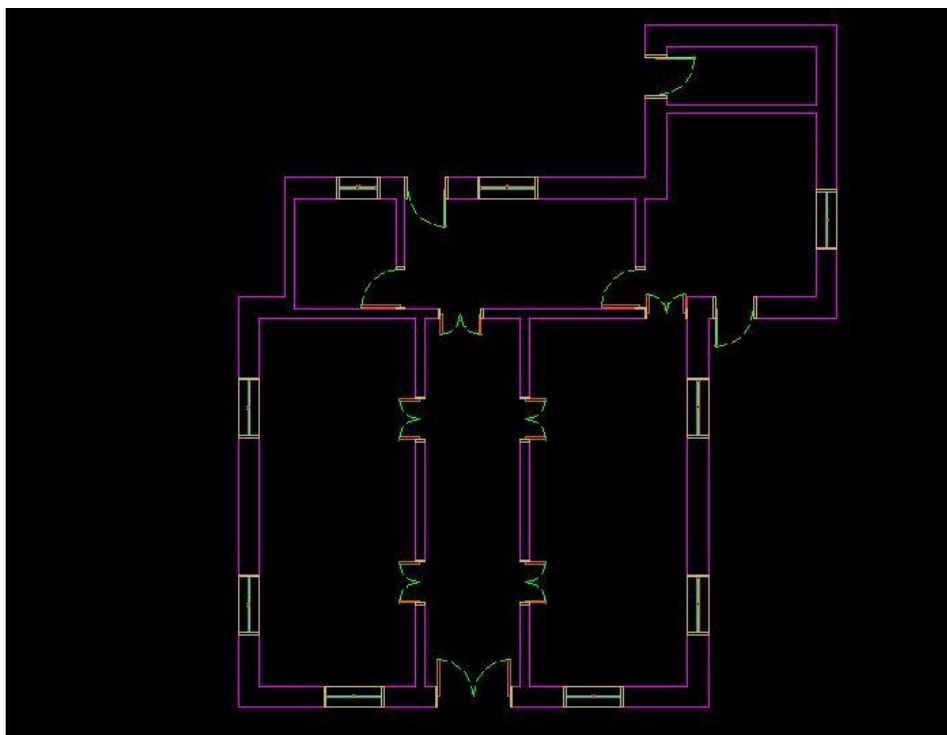
### 9.1 Γενική Περιγραφή Κτηρίου 1

Το υπό μελέτη κτήριο έχει ανεγερθεί πριν το 1979 στο δήμο Χανίων. Πρόκειται για ισόγειο κτήριο με όροφο οι οποίοι κατασκευάστηκαν χωρίς κανονισμό θερμομόνωσης. Το ισόγειο όπως και ο πρώτος όροφος θα χρησιμοποιηθούν ως χώροι κατοικίας. Οι χώροι κύριας χρήσης θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι των οποίων τα τετραγωνικά δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

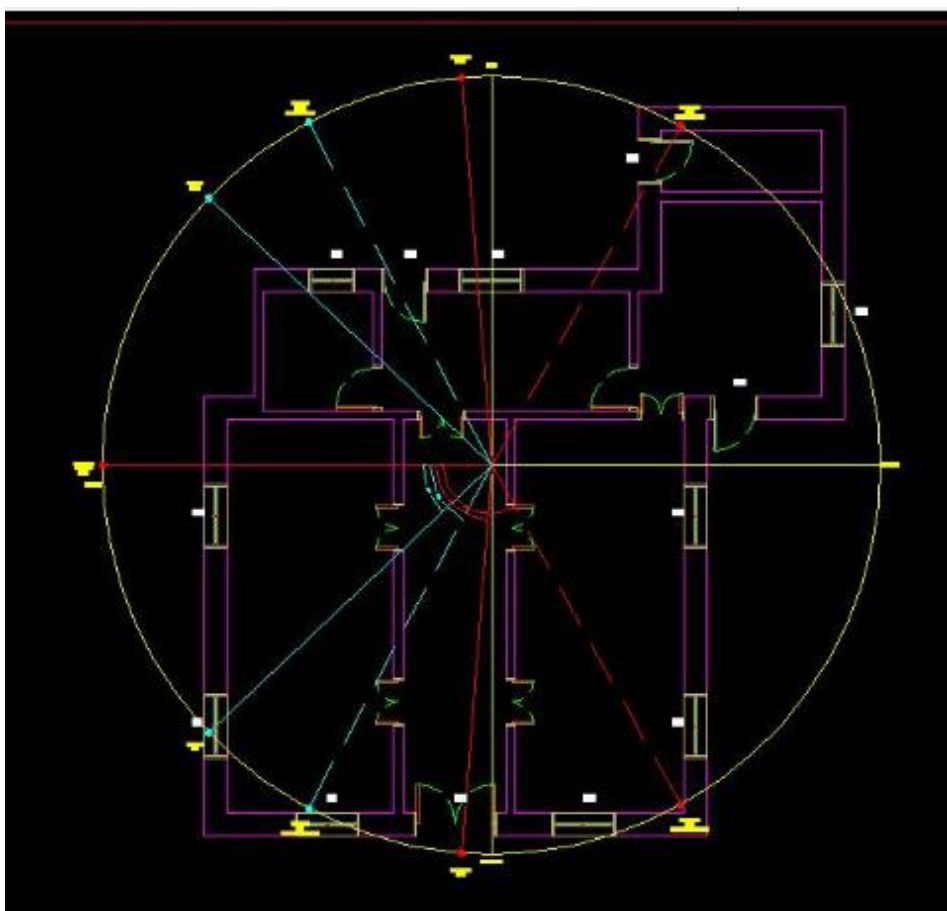
**Πίνακας 4** Επιμέρους χρήσεις χώρων του κτηρίου 1 και επιφάνειες αυτών.

Επιφάνεια επιμέρους χώρων κτηρίου σε m <sup>2</sup>		
Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Ζώνη 1 [m <sup>2</sup> ]	Σύνολο [m <sup>2</sup> ]
Κατοικίας	318	318

Στο σχήμα της κάτοψης που παρουσιάζεται παρακάτω ορίζονται οι χώροι της κατοικίας και αναφαίνεται το αρχιτεκτονικό σχέδιο του κτηρίου όπως έχει διαμορφωθεί για κάθε όροφο.



Εικόνα 103 Κάτοψη κτηρίου 1.



Εικόνα 104 Απεικόνιση σκιάσεων.

Παρακάτω φαίνονται τα στοιχεία του κτηρίου όπως αυτά παρουσιάζονται στο



εκτυπωτικό του προγράμματος 4M.

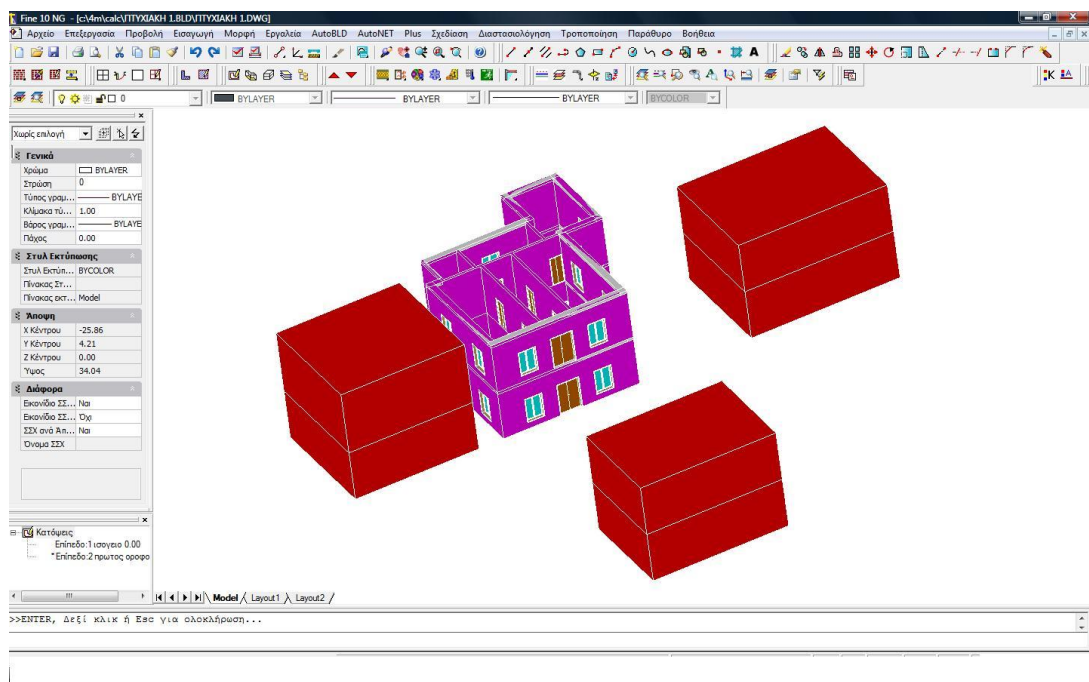
Πίνακας 5 Στοιχεία κτηρίου 1 .

Πόλη	Χανιά
Αριθμός Θερμικών Ζωνών	1
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου (1 - 15)	2
Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m)	4
Κλιματική Ζώνη	ZΩΝΗ Α
Γωνία Περιστροφής	0
Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m	ΟΧΙ
Χρήση Κτηρίου	Μονοκατοικία
Τύπος κατασκευής	Λιθοδομή
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Βάθος δαπέδου στο έδαφος (m)	0
Περίμετρος κτηρίου (m)	59.90
Νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτήριο	0.00
Περίοδος έκδοσης οικοδομικής άδειας	1
Θερμομονωτική προστασία	1

Το οικοπέδο βρίσκεται εντός πυκνοκατοικημένου αστικού ιστού.

Ειδικότερα,

- η ανατολική πλευρά του οικοπέδου γειτνιάζει με διώροφη κατοικία.
- η νότια γειτνιάζει με τριώροφη κατοικία.
- η βόρεια γειτνιάζει με διώροφη κατοικία.
- η δυτική γειτνιάζει με οικόπεδο.



Εικόνα 105 Αξονομετρικό σχέδιο όπου φαίνονται οι γειτονικές κατοικίες.



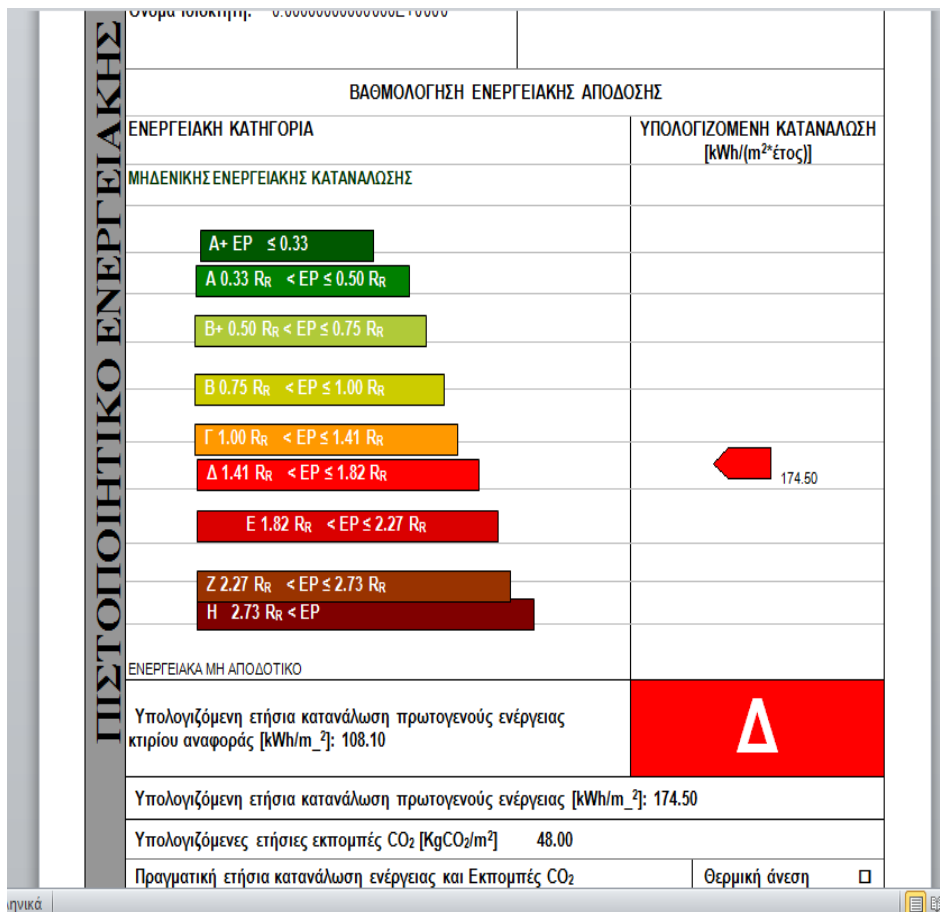
Εικόνα 106 Δορυφορική φωτογραφία που απεικονίζει τη θέση του κτηρίου 1 στην πόλη των Χανίων.

### 9.1.1 Περιγραφή Δομικών Στοιχείων Κτηρίου

Το κτήριο είναι κατασκευασμένο στο δήμο Χανίων, οπότε βάσει του Κ.Εν.Α.Κ. ανήκει στη Α κλιματική ζώνη. Κάθε δομικό στοιχείο πρέπει να έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από αυτούς που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ. για την συγκεκριμένη ζώνη.

Πρόκειται για ένα κλασικό κτήριο κατασκευής λιθοδομής πάχους 60cm χωρίς θερμομόνωση στο κέλυφος, δάπεδο και οροφή. Το κτήριο έχει μονούς υαλοπίνακες με ξύλινα κουφώματα. Δεδομένου των παραπάνω είναι κατανοητό ότι πρόκειται για ένα κτήριο με μεγάλες απώλειες όπου μπορούν να γίνουν πολλές παρεμβάσεις για την βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων αλλά και το ενεργειακό και οικονομικό κέρδος.

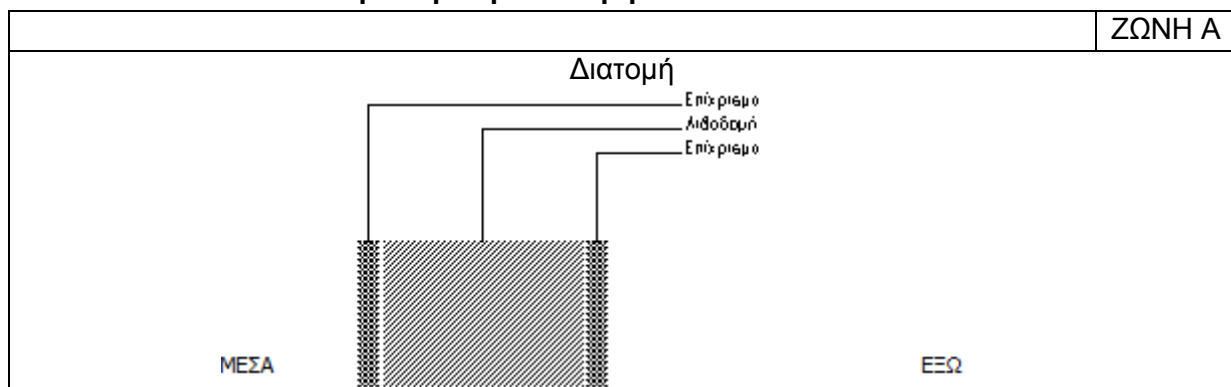
Παρακάτω φαίνεται η ενεργειακή κατηγορία που βρίσκεται το κτήριο βάσει της κατασκευής που περιγράφηκε παραπάνω.



Εικόνα 107 Ενεργειακή κατηγορία κτηρίου σύμφωνα με την αρχική του κατάσταση.

Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται αναλυτικά ανά δομικό στοιχείο τα σκαριφήματα και τα υλικά που αποτελούνται. Επίσης γίνεται σύγκριση του συντελεστή θερμοπερατότητας του συγκεκριμένου αδιαφανούς δομικού στοιχείου με αυτόν του μέγιστου επιτρεπόμενου.

### 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Υφιστάμενη λιθοδομή



Εικόνα 108 Σκαρίφημα εξωτερικής τοιχοποιίας.

### 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 6 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας.

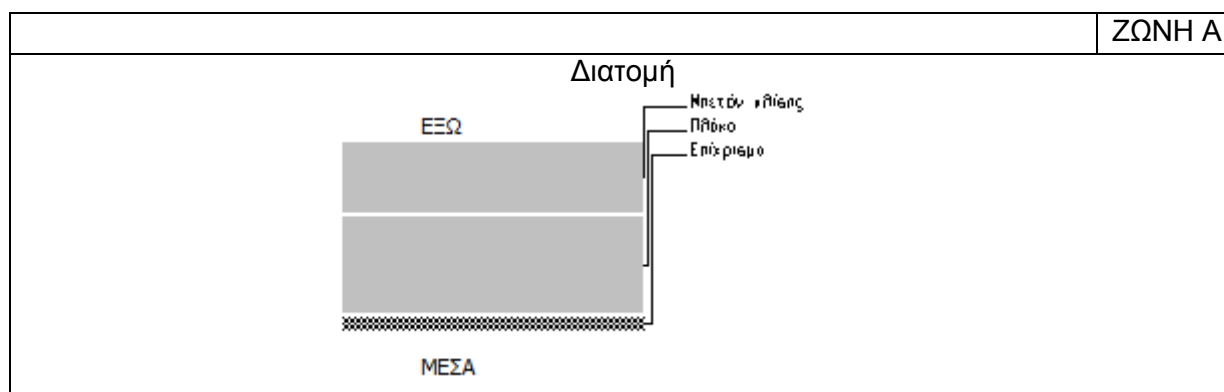
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	0.592
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	0.762

Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/(m^2K)$	1.312
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/(m^2K)$	0.6

Πρέπει  $U \leq U_{max}$   
**ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ**

## 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Οροφή 14



Εικόνα 109 Σκαρίφημα οροφής.

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 7 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130

Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.10
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	0.378
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	0.518

Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/(m^2K)$	1.930
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/(m^2K)$	0.5

Πρέπει  $U \leq U_{max}$   
**ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ**

### 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δάπεδο μαρμάρινο σε φυσικό έδαφος



Εικόνα 110 Σκαρίφημα δαπέδου.

### 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 8 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	0.181
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.00
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	0.351

<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας</b>	<b>U</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>K)</b>	2.847
<b>Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας</b>	<b>U<sub>max</sub></b>	<b>W/(m<sup>2</sup>K)</b>	1.2

Πρέπει  $U \leq U_{max}$

**ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ**

Παρακάτω φαίνονται οι υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων ανάλογα τις εμβαδομετρήσεις.

**Τύπος πλαισίου:** Ξύλο

**U<sub>f</sub> πλαισίου:** 2.2 W/m<sup>2</sup>K

**Τύπος υαλοπίνακα:** Απλό κοινό τζάμι (ξύλινο ισ.πλαισίο 7.5cm)

**U<sub>g</sub> υαλοπίνακα:** 5.7 W/m<sup>2</sup>K

**g υαλοπίνακα σε κάθε προσπτ.:** 0.85

**g υαλοπίνακα:** 0.77

**Γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υάλου και πλαισίου Ψ<sub>g</sub>:** 0.06 W/mK

**Μέσο πλάτος πλαισίου:** 0.075 m

**Πίνακας 9 Αναλυτικά στοιχεία υαλοστασίων.**

Τύπος κουφώματος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Αριθμός φύλλων	Εμβαδό κουφώματος [m <sup>2</sup> ]
A1	1.40	2.00	2	2.80
A2	1.80	2.60	2	4.68
A3	1.00	1.00	2	1.00
A4	1.00	2.30	1	2.30

**Πίνακας 10 Αναλυτικά στοιχεία υαλοστασίων**

Τύπος κουφώματος	Εμβαδό πλαισίου [m <sup>2</sup> ]	Εμβαδό υαλοπίνακα [m <sup>2</sup> ]	Ποσοστό πλαισίου	Μήκος L <sub>g</sub> [m]	U κουφώματος [W/(m <sup>2</sup> K)]	g <sub>w</sub> κουφώματος
A1	0.77	2.03	27%	9.600	4.949	0.56
A2	1.01	3.67	21%	12.80	5.113	0.60
A3	0.41	0.59	41%	4.800	4.571	0.46
A4	0.47	1.83	21%	6.000	5.137	0.61

Η συλλογή των γεωμετρικών δεδομένων και οι υπολογισμοί των θερμικών χαρακτηριστικών των επιφανειών του κτηρίου έγιναν έχοντας υπόψη τα εξής:

- για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και κατ' επέκταση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου είναι απαραίτητα όχι μόνο τα θερμικά και

γεωμετρικά χαρακτηριστικά των θερμαινόμενων χώρων αλλά και των μη θερμαινόμενων σε επαφή με τους θερμαινόμενους,

2. τα δομικά στοιχεία του κτηρίου που γειτνιάζουν με αλλά θερμαινόμενα κτήρια, κατά τον έλεγχο θερμικής επάρκειας του κτηρίου θεωρείται ότι έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης θεωρούνται αδιαβατικά,
3. τα δομικά στοιχεία θερμικής ζώνης του κτηρίου που γειτνιάζουν με άλλη θερμική ζώνη του ίδιου κτηρίου θεωρούνται αδιαβατικά, οι αδιαφανείς και οι διαφανείς επιφάνειες έχουν ηλιακά κέρδη τα οποία εξαρτώνται από τον προσανατολισμό τους και τον σκιασμό τους.

#### 4. Πίνακας 11 Συγκεντρωτικά στοιχεία υαλοστασίων.

Όροφος	Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]	Σ(UxA) [W/K]	n	ΣΑ [m <sup>2</sup> ]	nxΣ(UxA) [W/K]
κατοικία	34.98	174.80	1	34.98	174.80
κατοικία	32.68	162.99	1	32.68	162.99
Συνολικά				67.66	337.79

#### 9.1.2 Περιγραφή Ικανών Επεμβάσεων για τη Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης σε Υφιστάμενο Κτήριο στα Χανιά

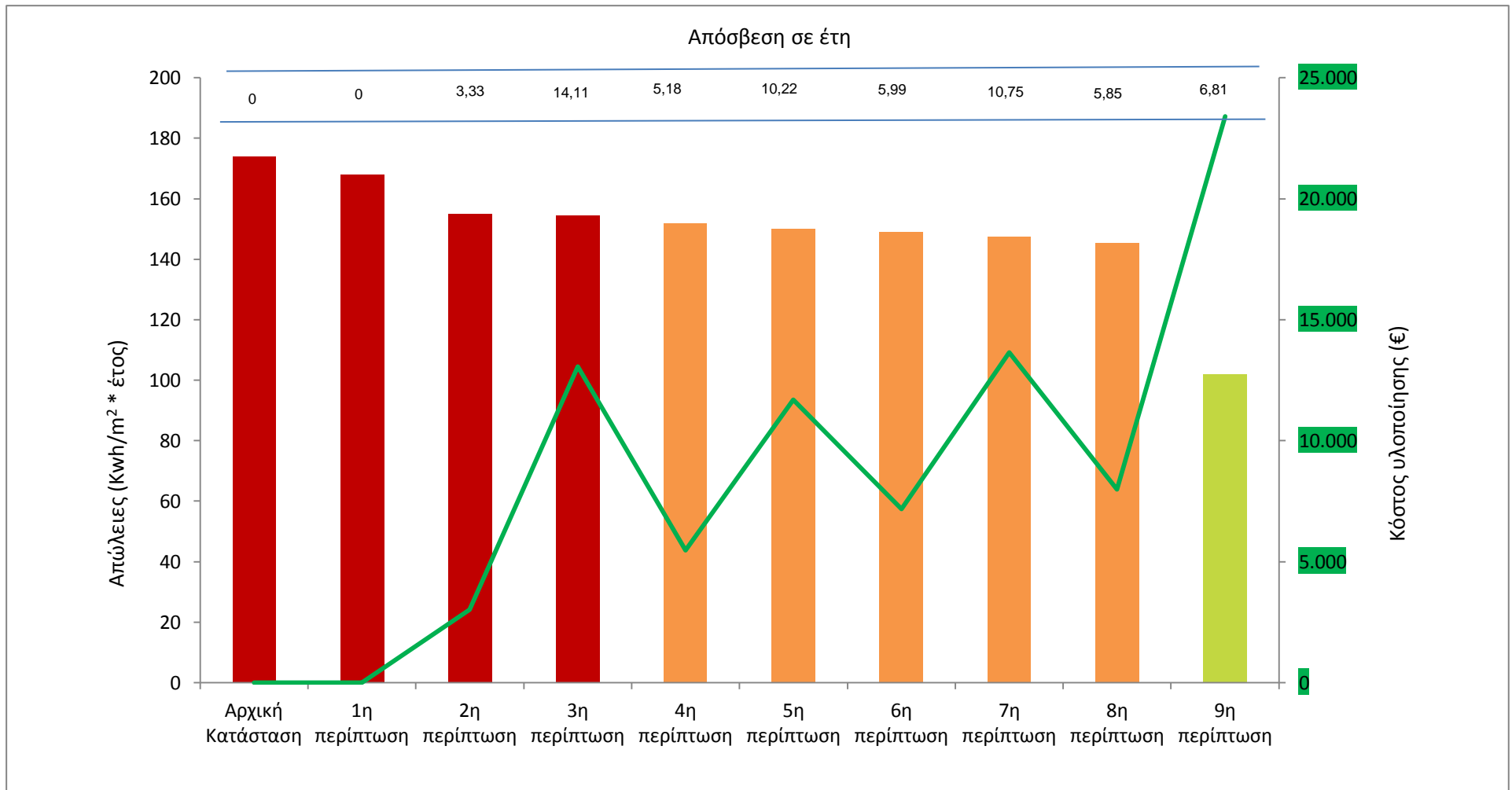
Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται ανά περίπτωση οι αλλαγές που μπορούν να γίνουν στο κτήριο για να ανέβει ενεργειακή κατηγορία και ό,τι άλλο αυτό συνεπάγεται, όπως επίσης και το αντίστοιχο κόστος αυτών των αλλαγών. Η ταξινόμηση τους στον πίνακα έγινε κατά φθίνουσα σειρά του συνόλου των ενεργειακών καταναλώσεων. Σε κάθε περίπτωση φαίνεται και ο συγκεκριμένος συντελεστής θερμοπερατότητας για όλα τα δομικά στοιχεία ξεχωριστά. Συγκεκριμένα στην πρώτη γραμμή φαίνεται η κατάσταση του κτηρίου όπως έχει τώρα και έχει περιγραφεί παραπάνω. Στην πρώτη περίπτωση αλλάζουμε τον προσανατολισμό του κτηρίου κάτι που δεν είναι εφικτό αφού το κτήριο είναι ήδη κατασκευασμένο αλλά θέλαμε να δείξουμε την σπουδαιότητα αυτής της επιλογής. Στην δεύτερη περίπτωση προσθέτουμε εξωτερική μόνωση στην οροφή 6cm και υγραμόνωση που είναι από τις πιο σημαντικές επεμβάσεις που μπορεί να κάνει κάποιος όπως διαπιστώνεται και από την αισθητή μείωση στον συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής. Στην τρίτη περίπτωση η αλλαγή γίνεται στα υαλοστάσια αφού τώρα τοποθετείται διπλό τζάμι με ξύλινο πλαίσιο έναντι του μονού υαλοπίνακα που υπήρχε, αυξάνοντας έτσι πριν κατά πολύ τις απώλειες. Στην τέταρτη περίπτωση επαναλαμβάνουμε την τρίτη περίπτωση διαφοροποιώντας απλά το πάχος της μόνωσης που τώρα είναι 15cm ,επέμβαση ικανή να μας ανεβάσει ενεργειακή κατηγορία. Στην πέμπτη περίπτωση προσθέτουμε μόνωση εξωτερικά του κελύφους 5cm παραμένοντας στην ίδια ενεργειακή κλάση. Στην έκτη περίπτωση επεμβαίνουμε πάλι στα υαλοστάσια τοποθετώντας αυτή τη φορά συνθετικό πλαίσιο με διπλό τζάμι βελτιώνοντας έτσι τις απώλειες στο συγκεκριμένο δομικό στοιχείο. Στην έβδομη περίπτωση επαναλαμβάνουμε την διαδικασία της πέμπτης περιπτώσεως αυξάνοντας το πάχος της μόνωσης κατά 2 cm

και μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις απώλειες από το κέλυφος και κατ' επέκταση τις συνολικές. Στην όγδοη περίπτωση τοποθετούμε και πάλι συνθετικό κούφωμα αλλά συνδυάζοντας το με διπλό τζάμι low-e για την καλύτερη συμπεριφορά των υαλοπινάκων σε όλες τις εποχές του έτους. Ως βέλτιστη επιλογή προκύπτει ο συνδυασμός των περιπτώσεων 1,2,6,7 όπως αναφάινεται σαν ένατη περίπτωση στον πίνακα, μειώνοντας έτσι τους συντελεστές θερμοπερατότητας σε όλα τα δομικά στοιχεία και ανεβαίνοντας ενεργειακή κατηγορία.

**Πίνακας 12 Πίνακας επεμβάσεων για μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας στο κτήριο 1.**

	ΚΕΛΥΦΟΣ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΟΡΟΦΗ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΔΑΠΕΔΟ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΥΑΛΟΣΤΑ ΣΙΑ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh/m <sup>2</sup> έτος)	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΗ ΚΛΑΣΗ
<b>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ:</b> Χωρίς μόνωση σε τοίχο Χωρίς μόνωση σε οροφή Χωρίς μόνωση σε δάπεδο Μονό τζάμι-Ξύλινο πλαίσιο	1,312	1,930	2,847	4,949 - 5,137	174	-	<b>Δ</b>
<b>1<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Αλλαγή προσανατολισμού (περιστροφή 90 <sup>ο</sup> )	1,312	1,930	2,847	4,949 - 5,137	168	-	<b>Δ</b>
<b>2<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Εξωτερική μόνωση σε οροφή 6 cm και υγρομόνωση	1,312	0,479	2,847	4,949 - 5,137	155	3020	<b>Δ</b>
<b>3<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Διπλό τζάμι - Ξύλινο πλαίσιο	1,312	1,930	2,847	2,665 - 2,747	154,6	13067	<b>Δ</b>
<b>4<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Εξωτερική μόνωση σε οροφή 15cm και υγρομόνωση	1,312	0,239	2,847	4,949 - 5,137	151,9	5468	<b>Γ</b>
<b>5<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Εξωτερική μόνωση σε τοίχο 5cm	0,505	1,930	2,847	4,949 - 5,137	150	11.70 0	<b>Γ</b>
<b>6<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Διπλό τζάμι - Συνθετικό πλαίσιο	1,312	1,930	2,847	2,951 - 3,064	148,9	7.173	<b>Γ</b>
<b>7<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Εξωτερική μόνωση σε τοίχο 7cm	0,405	1,930	2,847	4,949 - 5,137	147,4	13.65 0	<b>Γ</b>
<b>8<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Διπλό τζάμι low-e – Συνθετικό πλαίσιο	1,312	1,930	2,847	2.221 - 2,584	145,4	7.980	<b>Γ</b>
<b>9<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Συνδυασμός περιπτώσεων 6, 2, 1, 7	0,505	0,479	0,637	2,951 - 3,064	102	23.40 3	<b>Β</b>





**Εικόνα 111 Χρόνος απόσβεσης, κατανάλωση & κόστος επεμβάσεων**

Θεωρώντας 0,15 € την τιμή της kWh και 318 τα τετραγωνικά του κτηρίου προκύπτει ανά περίπτωση το ετήσιο κόστος της ενέργειας που δαπανάται από την αντίστοιχη κατοικία για να καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων της.

Κατάσταση:  $174 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 8.300 \text{ €}$

1<sup>η</sup> περίπτωση:  $168 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 8.014 \text{ €}$

2<sup>η</sup> περίπτωση:  $155 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 7.393 \text{ €}$

3<sup>η</sup> περίπτωση:  $154,6 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 7.374 \text{ €}$

4<sup>η</sup> περίπτωση:  $151,9 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 7.245 \text{ €}$

5<sup>η</sup> περίπτωση:  $150 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 7.155 \text{ €}$

6<sup>η</sup> περίπτωση:  $148,9 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15 \text{ €/kWh} * 318\text{m}^2 = 7.102 \text{ €}$

7<sup>η</sup> περίπτωση:  $147,4 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 7.030 \text{ €}$

8<sup>η</sup> περίπτωση:  $145,4 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 6.935 \text{ €}$

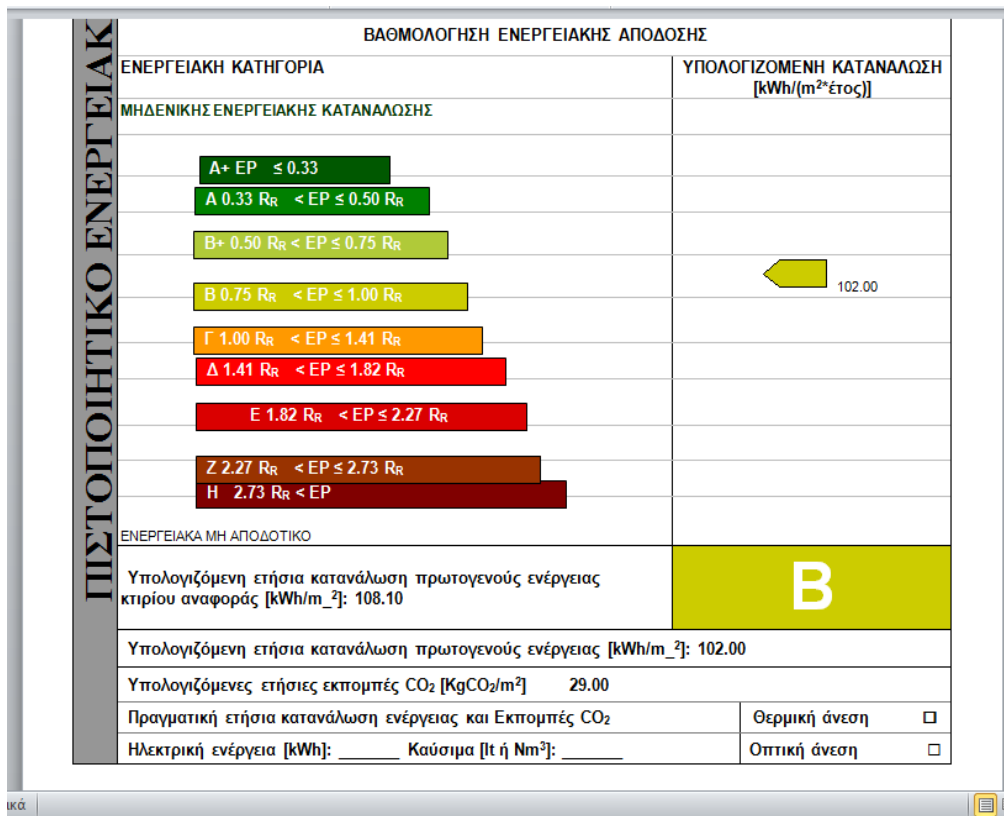
9<sup>η</sup> περίπτωση:  $102 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 318\text{m}^2 = 4.865 \text{ €}$

Στον παρακάτω πίνακα λαμβάνοντας υπόψη το ετήσιο συνολικό κόστος ενέργειας που έχει προκύψει όπως φαίνεται παραπάνω και υπολογίζοντας για κάθε περίπτωση το κέρδος κάθε χρόνου κάνοντας τις αντίστοιχες αλλαγές υπολογίζεται σε πόσα χρόνια θα γίνεται η απόσβεση των χρημάτων που έχουν δοθεί για να βελτιωθεί το κτήριο ενεργειακά.

**Πίνακας 13 Τεχνοοικονομική μελέτη του κτηρίου 1.**

ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€)	ΚΕΡΔΟΣ/ ΕΤΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΣΕ ΕΤΗ
8.300	-	-
8.014	8300-8014= 286	-
7393	8300-7393= 907	3020/907=3,33
7374	8300-7374= 926	13.067/926=14,11
7245	8300-7245= 1055	5468/1055=5,18
7155	8300-7155= 1145	11.700/1145=10,22
7102	8300-7102= 1198	7.173/1198=5,99
7030	8300-7030= 1270	13.650/1270=10,75
6935	8300-6935= 1365	7.980/1365=5,85
4.865	8300-4865= 3435	23.403/3435=6,81

Μετά τις παραπάνω αλλαγές και θεωρώντας ότι η βέλτιστη λύση είναι η δεκάτη περίπτωση αφού μας δίνει τις λιγότερες συνολικές απώλειες και απόσβεση σε μικρό διάστημα παραθέτουμε τον πίνακα ενεργειακής απόδοσης όπου φαίνεται η διαφορά στην ενεργειακή κατηγορία σχετικά με το αρχικό κτήριο.



Εικόνα 112 Ανανεωμένο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης μετά από τις επεμβάσεις που έγιναν στο κτήριο 1.

## 9.2 Γενική Περιγραφή Κτηρίου 2

Το υπό μελέτη κτήριο έχει ανεγερθεί το 1990 στο δήμο Ρεθύμνου. Πρόκειται για ισόγειο κτήριο με όροφο οι οποίοι κατασκευάστηκαν με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης που ίσχυε από το 1979-2011. Το ισόγειο όπως και ο πρώτος όροφος θα χρησιμοποιηθούν ως χώροι κατοικίας. Οι χώροι κύριας χρήσης θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι των οποίων τα τετραγωνικά δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

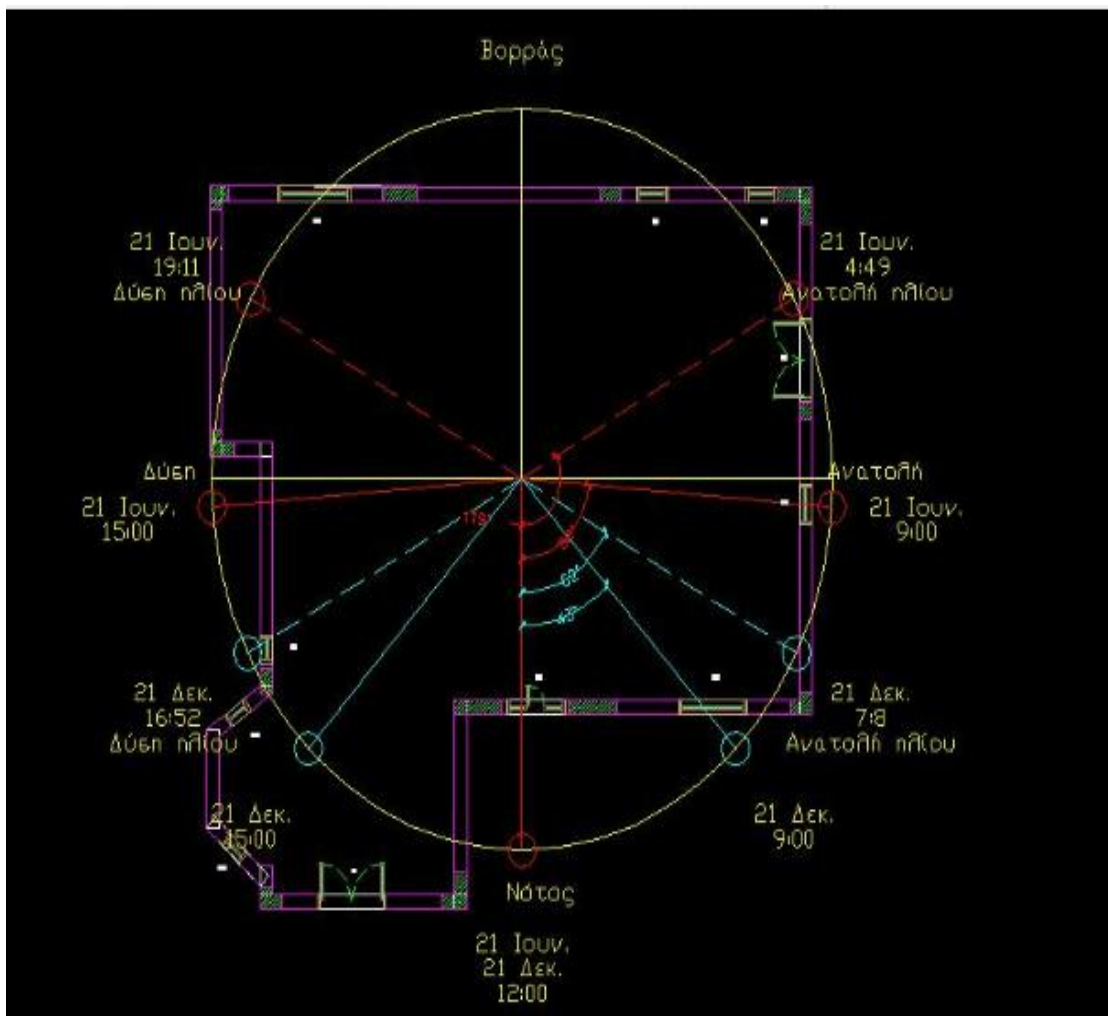
Πίνακας 14 Επιμέρους χρήσεις χώρων του κτηρίου και επιφάνειες αυτών.

Επιφάνεια επιμέρους χώρων κτηρίου σε m <sup>2</sup>		
Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Ζώνη 1 [m <sup>2</sup> ]	Σύνολο [m <sup>2</sup> ]
Κατοικίας	267	267

Στο σχήμα της κάτοψης που παρουσιάζεται παρακάτω ορίζονται οι χώροι της κατοικίας και αναφάνεται το αρχιτεκτονικό σχέδιο του κτηρίου όπως έχει διαμορφωθεί για κάθε όροφο.



Εικόνα 113 Κάτοψη κτηρίου 2.



Εικόνα 114 Απεικόνιση σκιάσεων.

Παρακάτω φαίνονται τα στοιχεία του κτηρίου όπως αυτά παρουσιάζονται στο εκτυπωτικό του προγράμματος 4M.

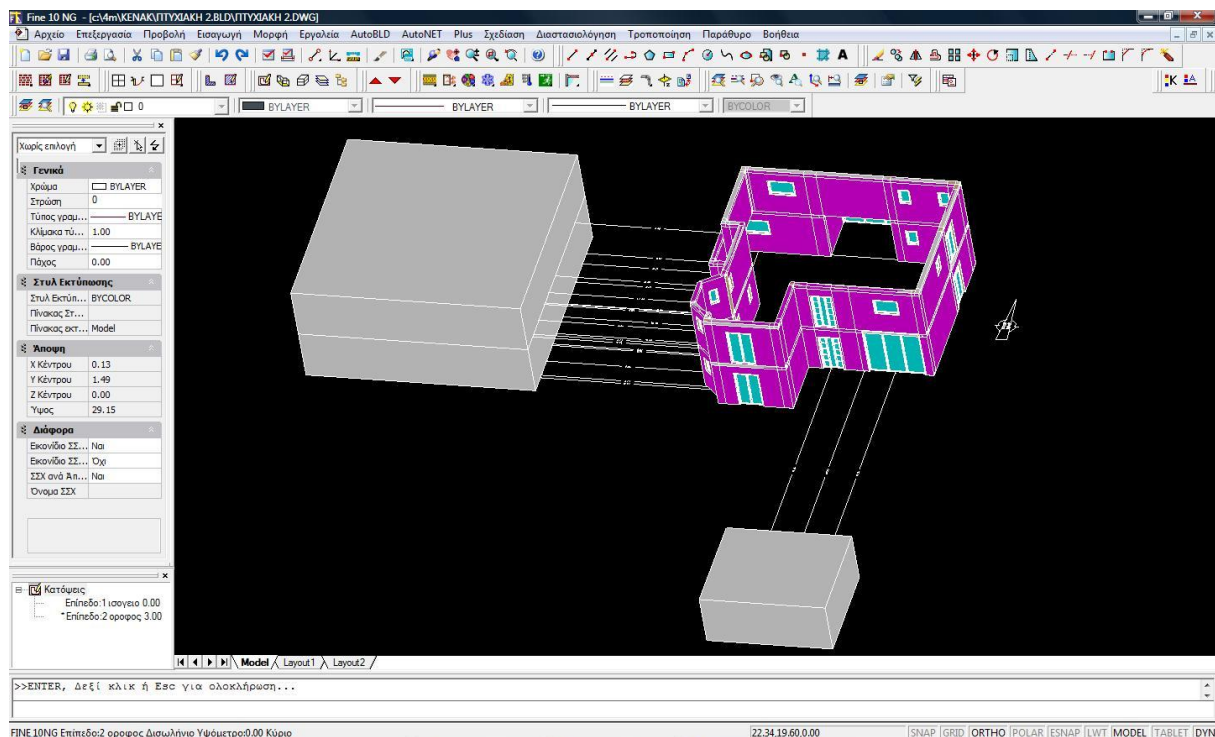
**Πίνακας 15 Στοιχεία κτηρίου 2.**

Πόλη	Ρέθυμνο
Αριθμός Θερμικών Ζωνών	1
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου (1 - 15)	2
Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m)	3
Κλιματική Ζώνη	ΖΩΝΗ Α
Γωνία Περιστροφής	0
Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m	ΟΧΙ
Χρήση Κτηρίου	Μονοκατοικία
Τύπος κατασκευής	Φέρων οργ. από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Βάθος δαπέδου στο έδαφος (m)	0
Περίμετρος κτηρίου (m)	
Νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτήριο	1
Περίοδος έκδοσης οικοδομικής άδειας	3
Θερμομονωτική προστασία	2

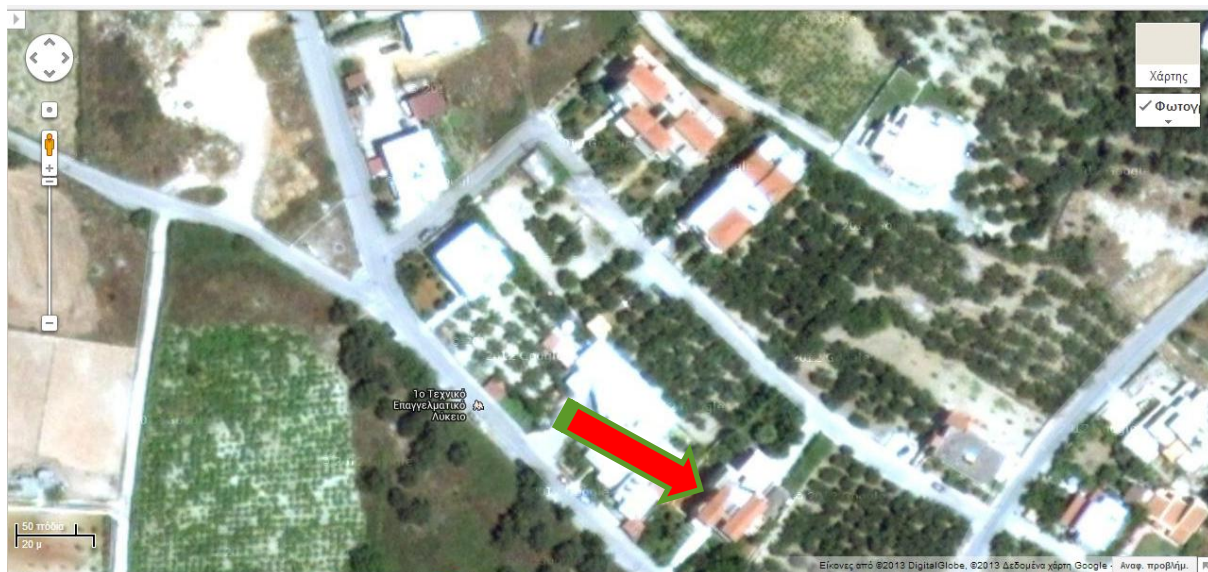
Το οικόπεδο βρίσκεται εκτός αστικού ιστού σε αραιοκατοικημένη περιοχή.

Ειδικότερα,

- η ανατολική πλευρά του οικοπέδου γειτνιάζει με οικόπεδο
- η νότια γειτνιάζει με διώροφη κατοικία.
- η βόρεια γειτνιάζει με οικόπεδο.
- η δυτική γειτνιάζει με διώροφη κατοικία.



Εικόνα 115 Αξονομετρικό σχέδιο όπου φαίνονται οι γειτονικές κατοικίες του κτηρίου 2.



Εικόνα 116 Δορυφορική φωτογραφία που απεικονίζει τη θέση του κτηρίου 2 στην πόλη του Ρεθύμνου.

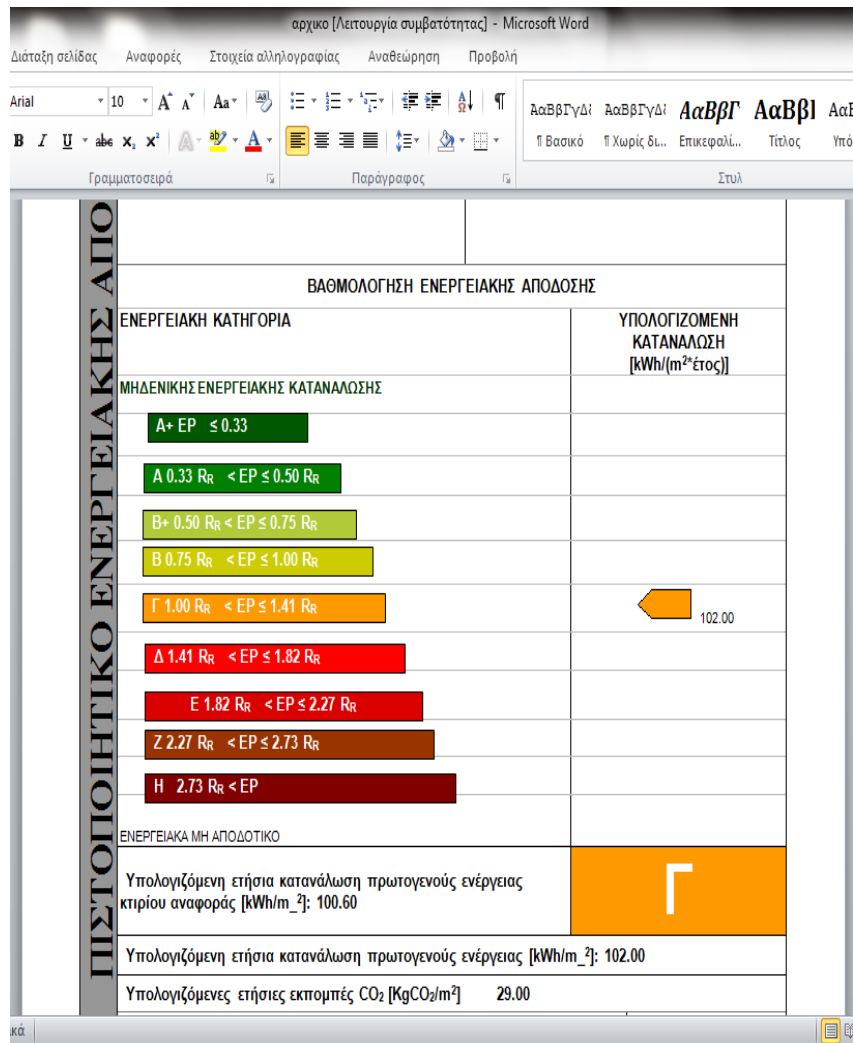
### 9.2.1 Περιγραφή Δομικών Στοιχείων Κτηρίου 2

Το κτήριο είναι κατασκευασμένο στο δήμο Ρεθύμνου, οπότε βάσει του Κ.Εν.Α.Κ. ανήκει στη Α κλιματική ζώνη. Κάθε δομικό στοιχείο πρέπει να έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από αυτούς που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ. για την συγκεκριμένη ζώνη.

Το κτήριο είναι κατασκευασμένο με διπλό δομικό τοίχο θερμομονωμένο στον

πυρήνα και ο φέρων οργανισμός φέρει μόνωση εξωτερικά. Ακόμα υπάρχει μόνωση στην οροφή και στο δάπεδο πάχους 3 cm. Τα υαλοστάσια αποτελούνται από διπλούς υαλοπίνακες και μεταλλικό πλαίσιο. Δεδομένου των παραπάνω είναι κατανοητό ότι πρόκειται για ένα κτήριο με περιθώρια βελτίωσης σε όλα τα δομικά στοιχεία του για καλύτερη ποιότητας ζωής των κατοίκων αλλά και το ενεργειακό και οικονομικό κέρδος.

Παρακάτω φαίνεται η ενεργειακή κατηγορία που βρίσκεται το κτήριο βάσει της κατασκευής που περιγράφηκε παραπάνω.

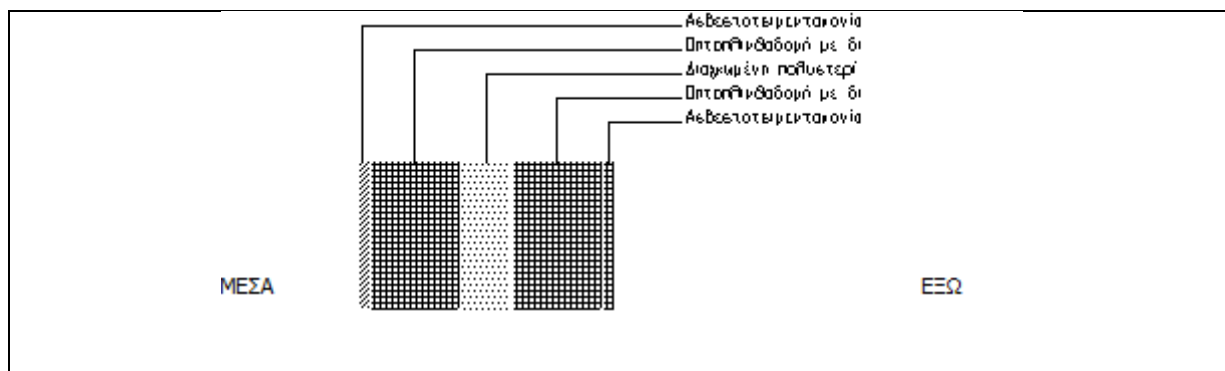


Εικόνα 117 Ενεργειακή κατηγορία κτηρίου 2 σύμφωνα με την αρχική του κατάσταση.

Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται αναλυτικά ανά δομικό στοιχείο τα σκαριφήματα και τα υλικά που αποτελούνται. Επίσης γίνεται σύγκριση του συντελεστή θερμοπερατότητας του συγκεκριμένου αδιαφανούς δομικού στοιχείου με αυτόν του μεγίστου επιτρεπόμενου.

### 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική τοιχοποιία 26

	ZΩΝΗ Α
Διατομή	



Εικόνα 118 Σκαρίφημα εξωτερικής τοιχοποιίας.

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 16 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

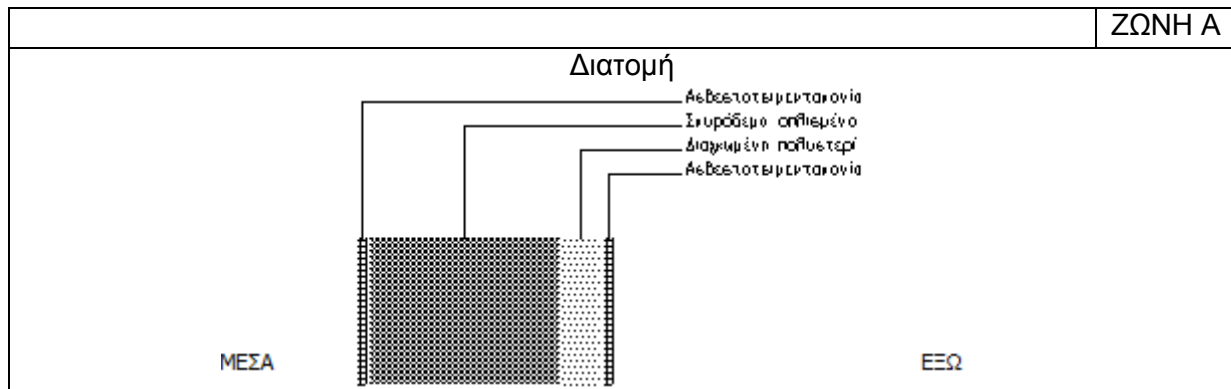
1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	1.805
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	1.975

Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/(m^2K)$	0.506
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/(m^2K)$	0.6

Πρέπει  $U \leq U_{max}$   
**ΙΣΧΥΕΙ**



## 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική δοκός/υποστύλωμα/τοίχωμα



Εικόνα 119 Σκαρίφημα υποστυλώματος.

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 17 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας υποστυλώματος.

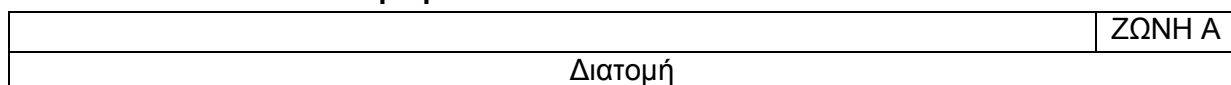
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

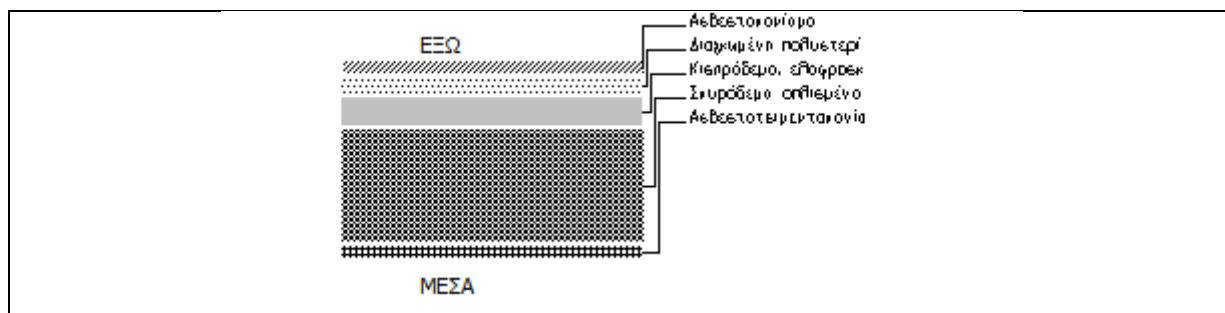
1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	1.552
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	1.722

Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/(m^2K)$	0.581
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/(m^2K)$	0.6

Πρέπει  $U \leq U_{max}$   
**ΙΣΧΥΕΙ**

## 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δώμα βατό





Εικόνα 120 Σκαρίφημα δώματος.

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 18 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δώματος.

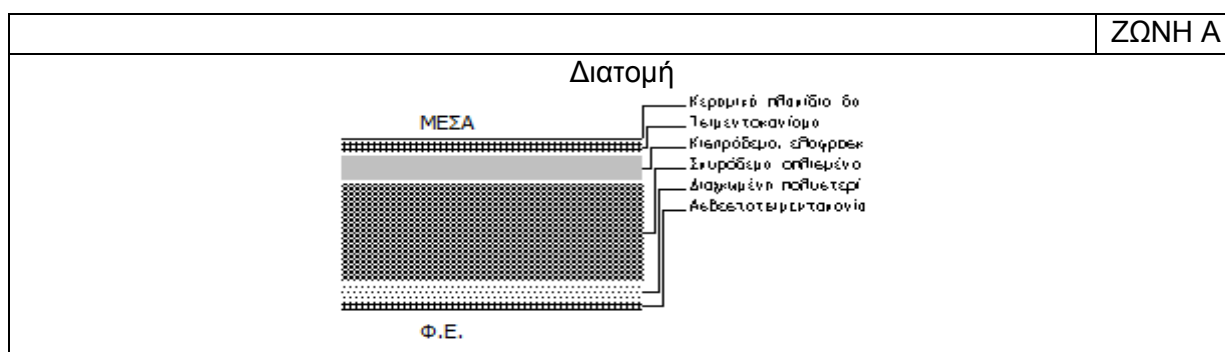
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.100
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	1.233
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	1.373

Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/(m^2K)$	0.728
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/(m^2K)$	0.5

Πρέπει  $U \leq U_{max}$   
**ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ**

### 2. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δάπεδο σε προεξοχή/πιλοτή



Εικόνα 121 Σκαρίφημα δαπέδου.

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 19 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	R <sub>i</sub> (εσωτερ.)	R <sub>a</sub> (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m <sup>2</sup> K)/W	1.230
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	1.440

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m <sup>2</sup> K)	0.694
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	1.2

Πρέπει  $U \leq U_{\max}$   
**ΙΣΧΥΕΙ**

Παρακάτω φαίνονται οι υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων ανάλογα τις εμβαδομετρήσεις.

Τύπος πλαισίου: Μεταλλικό 6 mm  
U<sub>f</sub> πλαισίου: 7 W/m<sup>2</sup>K

Τύπος υαλοπίνακα: Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ.7.5cm)  
U<sub>g</sub> υαλοπίνακα: 3.3 W/m<sup>2</sup>K  
g υαλοπίνακα σε κάθε προσπτ.: 0.75  
g υαλοπίνακα: 0.68

γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υάλου και πλαισίου Ψ<sub>g</sub>: 0.02 W/mK  
μέσο πλάτος πλαισίου: 0.075 m

Πίνακας 20 Αναλυτικά στοιχεία υαλοστασίων.

Τύπος κουφώματος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Αριθμός φύλλων	Εμβαδό κουφώματος [m <sup>2</sup> ]
A1	1.20	2.30	3	2.76
A2	3.25	3.00	3	9.75

A3	1.40	2.30	3	3.22
A4	2.25	2.30	3	5.17
A5	3.60	2.30	3	8.28
A6	1.40	2.30	2	3.22
A7	0.50	1.00	1	0.50
A8	0.60	1.00	1	0.60
A9	1.50	1.00	1	1.50
A10	0.65	1.00	1	0.65
A11	0.70	1.00	1	0.70
A12	1.40	1.00	1	1.40

Πίνακας 21 Αναλυτικά στοιχεία υαλοστασίων.

Τύπος κουφώματος	Εμβαδό πλαισίου [m <sup>2</sup> ]	Εμβαδό υαλοπίνακα [m <sup>2</sup> ]	Ποσοστό πλαισίου	Μήκος L <sub>g</sub> [m]	U κουφώματος [W/(m <sup>2</sup> K)]	g <sub>w</sub> κουφώματος
A1	1.15	1.61	42%	14.40	4.943	0.40
A2	1.77	7.98	18%	22.70	4.018	0.56
A3	1.18	2.04	37%	14.80	4.745	0.43
A4	1.31	3.87	25%	16.50	4.297	0.51
A5	1.51	6.77	18%	19.20	4.020	0.56
A6	0.86	2.36	27%	10.80	4.350	0.50
A7	0.20	0.30	41%	2.400	4.895	0.40
A8	0.22	0.38	36%	2.600	4.728	0.43
A9	0.35	1.15	24%	4.400	4.228	0.52
A10	0.23	0.42	35%	2.700	4.664	0.44
A11	0.23	0.47	33%	2.800	4.609	0.45
A12	0.34	1.06	24%	4.200	4.252	0.52

Πίνακας 22 Συγκεντρωτικά στοιχεία υαλοστασίων ανά όροφο.

Όροφος	Κούφωμα	Πλάτος [m]	Ύψος [m]	Τύπος	Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	UxA [W/K]	g <sub>w</sub>
κατοικία	NΔ1	0.50	1.00	A7	0.50	4.895	2.45	0.40
	N1	1.40	2.30	A6	3.22	4.350	14.01	0.50
	N2	1.20	2.30	A1	2.76	4.943	13.64	0.40
	N3	3.25	3.00	A2	9.75	4.018	39.18	0.56
	A1	1.40	2.30	A3	3.22	4.745	15.28	0.43
	B1	0.65	1.00	A10	0.65	4.664	3.03	0.44
	B2	0.65	1.00	A10	0.65	4.664	3.03	0.44
	A2	2.25	2.30	A4	5.17	4.297	22.24	0.51
	B3	3.60	2.30	A5	8.28	4.020	33.29	0.56
	B4	1.50	1.00	A9	1.50	4.228	6.34	0.52
	Δ1	0.50	1.00	A7	0.50	4.895	2.45	0.40
	Δ2	0.60	1.00	A8	0.60	4.728	2.84	0.43
	Δ3	0.50	1.00	A7	0.50	4.895	2.45	0.40
	Δ4	0.50	1.00	A7	0.50	4.895	2.45	0.40
	BΔ1	0.50	1.00	A7	0.50	4.895	2.45	0.40
	κατοικία	Δ1	0.50	1.00	A7	0.50	4.895	2.45

ΒΔ1	0.50	1.00	A7	0.50	4.895	2.45	0.40
ΝΔ1	0.50	1.00	A7	0.50	4.895	2.45	0.40
N1	1.40	2.30	A6	3.22	4.350	14.01	0.50
N2	1.20	2.30	A1	2.76	4.943	13.64	0.40
N3	1.40	1.00	A12	1.40	4.252	5.95	0.52
A1	1.40	2.30	A3	3.22	4.745	15.28	0.43
A2	0.70	1.00	A11	0.70	4.609	3.23	0.45
B1	0.65	1.00	A10	0.65	4.664	3.03	0.44
B2	0.65	1.00	A10	0.65	4.664	3.03	0.44
B3	1.50	1.00	A9	1.50	4.228	6.34	0.52

Η συλλογή των γεωμετρικών δεδομένων και οι υπολογισμοί των θερμικών χαρακτηριστικών των επιφανειών του κτηρίου έγιναν έχοντας υπόψη τα εξής:

1. για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και κατ' επέκταση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου είναι απαραίτητα όχι μόνο τα θερμικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των θερμαινόμενων χώρων αλλά και των μη θερμαινόμενων σε επαφή με τους θερμαινόμενους,
2. τα δομικά στοιχεία του κτηρίου που γεινιάζουν με αλλά θερμαινόμενα κτήρια, κατά τον έλεγχο θερμικής επάρκειας του κτηρίου θεωρείται ότι έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης θεωρούνται αδιαβατικά,
3. τα δομικά στοιχεία θερμικής ζώνης του κτηρίου που γεινιάζουν με άλλη θερμική ζώνη του ίδιου κτηρίου θεωρούνται αδιαβατικά, οι αδιαφανείς και οι διαφανείς επιφάνειες έχουν ηλιακά κέρδη τα οποία εξαρτώνται από τον προσανατολισμό τους και τον σκιασμό τους.

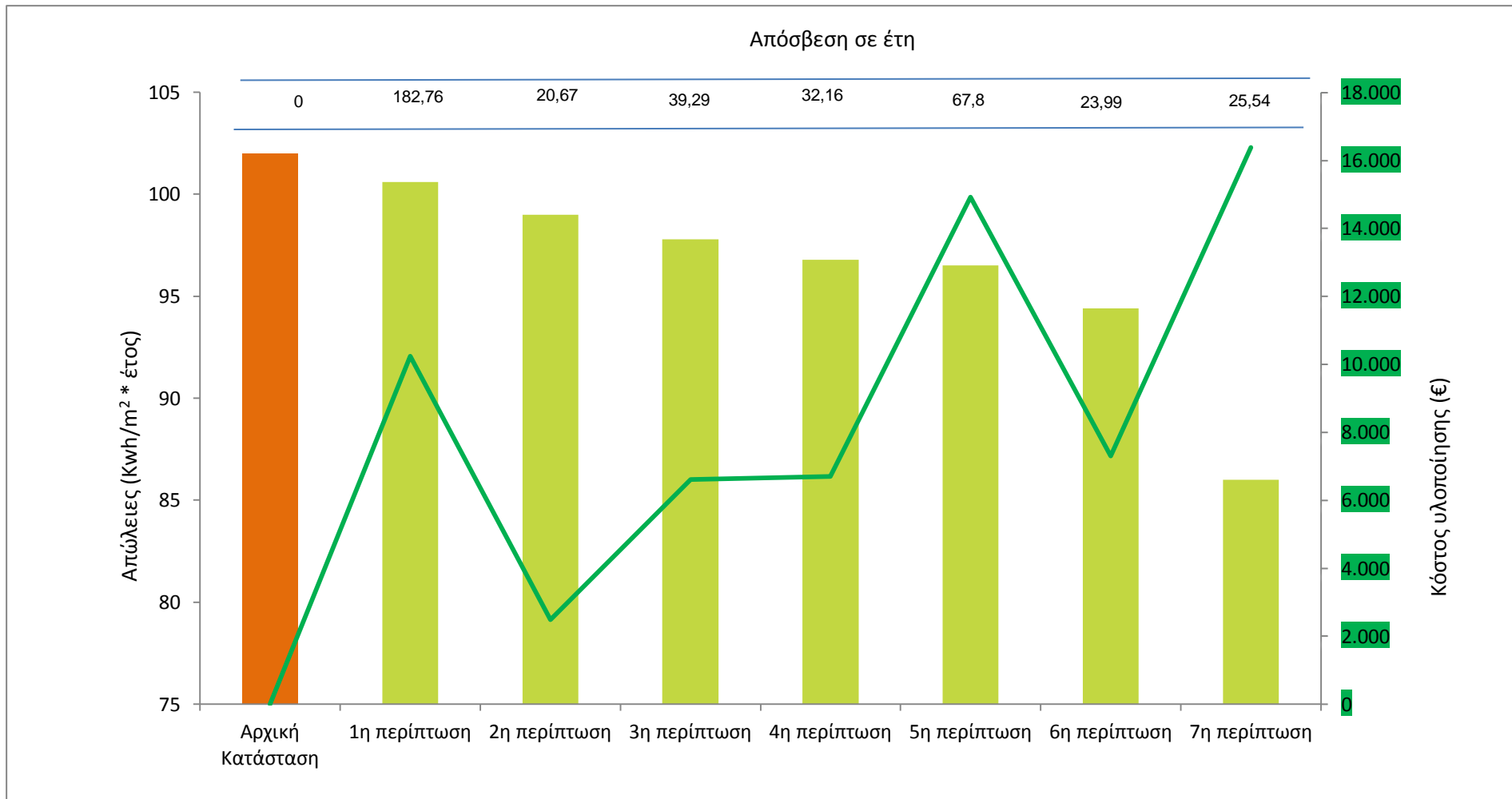
### 9.2.2 Περιγραφή Ικανών Επεμβάσεων για τη Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης σε Υφιστάμενο Κτήριο στο Ρέθυμνο

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται ανά περίπτωση οι αλλαγές που μπορούν να γίνουν στο κτήριο για να ανέβει ενεργειακή κατηγορία και ό,τι άλλο αυτό συνεπάγεται, όπως επίσης και το αντίστοιχο κόστος αυτών των αλλαγών. Η ταξινόμηση τους στον πίνακα έγινε κατά φθίνουσα σειρά του συνόλου των ενεργειακών καταναλώσεων. Σε κάθε περίπτωση φαίνεται και ο συγκεκριμένος συντελεστής θερμοπερατότητας για όλα τα δομικά στοιχεία ξεχωριστά. Συγκεκριμένα στην πρώτη γραμμή φαίνεται η κατάσταση του κτηρίου όπως έχει τώρα και έχει περιγραφεί παραπάνω. Στην πρώτη περίπτωση αντικαταστήσαμε τα κουφώματα επιλέγοντας ξύλινα. Αυτή η αλλαγή ενώ επέφερε σημαντική μείωση στον συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοστασίων δεν επέφερε και την αντίστοιχη στο σύνολο λόγω της μειωμένης αεροστεγανότητας που έχουν αυτού του είδους τα κουφώματα. Στην δεύτερη περίπτωση προσθέσαμε μόνωση στην οροφή 5cm και υγραμόνωση, επέμβαση που μας μείωσε αρκετά τις συνολικές απώλειες. Στην τρίτη περίπτωση θερμομονώσαμε το κτήριο εξωτερικά απαλείφοντας έτσι τις θερμογέφυρες. Στην τέταρτη περίπτωση η αλλαγή έγινε και πάλι στα κουφώματα όπου αυτή τη φορά επιλέχθηκαν συνθετικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ σ' αυτό το παράδειγμα ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι μεγαλύτερος

απ' ότι στο πρώτο οι συνολικές απώλειες είναι κατά πολύ μικρότερες ,γεγονός που οφείλεται στην χαμηλή τιμή αερισμού που προκύπτει από τα συγκεκριμένα κουφώματα λόγω καλής αεροστεγανότητας. Στην πέμπτη περίπτωση τοποθετήσαμε μεταλλικά κουφώματα με θερμοδιακοπή έχοντας περίπου τα ίδια αποτελέσματα με την τέταρτη περίπτωση αυξάνοντας όμως κατά πολύ το κόστος. Στην έκτη περίπτωση η επέμβαση έγινε και πάλι στα υαλοστάσια αφήνοντας τα συνθετικά κουφώματα τα οποία μας δίνουν την βέλτιστη τεχνοοικονομική λύση και αλλάζοντας τα υαλοστάσια σε διπλά με επίστρωση low-e για την καλύτερη συμπεριφορά των υαλοπινάκων σε όλες τις εποχές του έτους. Ως βέλτιστη επιλογή προκύπτει ο συνδυασμός των περιπτώσεων 2, 3, 6 όπως αναφάνεται σαν έβδομη περίπτωση στον πίνακα, μειώνοντας έτσι σημαντικά τις συνολικές απώλειες του κτηρίου.

**Πίνακας 23 Πίνακας επεμβάσεων για μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας στο κτήριο 2.**

	ΚΕΛΥΦΟΣ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΟΡΟΦΗ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΔΑΠΕΔΟ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh/m <sup>2</sup> έτος)	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ
<u>Κατάσταση:</u> Ενδιάμεση μόνωση σε τοίχο 5cm Μόνωση οροφής 3cm Μόνωση σε δάπεδο 3cm Μεταλλικό πλαίσιο-διπλό τζάμι(4-6-4)	0,566	0,728	0,694	4,018- 4,943	102	-	<b>Γ</b>
<u>1<sup>η</sup> περίπτωση:</u> Ξύλινο πλαίσιο - Διπλό τζάμι(4-12-4)	0,566	0,728	0,694	2,665- 2,755	100,6	10.235	<b>B</b>
<u>2<sup>η</sup> περίπτωση:</u> Εξωτερική μόνωση οροφής 8cm και υγραμόνωσης	0,566	0,381	0,694	4,018- 4,943	99	2.480	<b>B</b>
<u>3<sup>η</sup> περίπτωση:</u> Εξωτερική μόνωση 5cm	0,313	0,728	0,694	4,018- 4,943	97,8	6.600	<b>B</b>
<u>4<sup>η</sup> περίπτωση:</u> Συνθετικό πλαίσιο - Διπλό τζάμι (4-12-4)	0,566	0,728	0,694	2,935- 3,1	96,8	6.689	<b>B</b>
<u>5<sup>η</sup> περίπτωση:</u> Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή - Διπλό τζάμι (4-12-4)	0,566	0,728	0,694	2,886- 2,983	96,5	14.917	<b>B</b>
<u>6<sup>η</sup> περίπτωση:</u> Συνθετικό πλαίσιο - Διπλό τζάμι low-e (4-12-4)	0,566	0,728	0,694	2,175- 2,643	94,4	7.293	<b>B</b>
<u>7<sup>η</sup> περίπτωση:</u> Συνδυασμός περιπτώσεων 3, 2, 6	0,313	0,381	0,694	2,175- 2,643	86	16.373	<b>B</b>



Εικόνα 122 Χρόνος απόσβεσης, κατανάλωση & κόστος επεμβάσεων

Θεωρώντας 0,15 € την τιμή της kWh και 267 τα τετραγωνικά του κτηρίου προκύπτει ανά περίπτωση το ετήσιο κόστος της ενέργειας που δαπανάται από την αντίστοιχη κατοικία για να καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων της.

Κατάσταση:  $102 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 267\text{m}^2 = 4.085\text{€}$

1<sup>η</sup> περίπτωση:  $100,6 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 267\text{m}^2 = 4.029 \text{ €}$

2<sup>η</sup> περίπτωση:  $99 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 267\text{m}^2 = 3.965 \text{ €}$

3<sup>η</sup> περίπτωση:  $97,8 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 267\text{m}^2 = 3.917 \text{ €}$

4<sup>η</sup> περίπτωση:  $96,8 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 267\text{m}^2 = 3.877 \text{ €}$

5<sup>η</sup> περίπτωση:  $96,5 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 267\text{m}^2 = 3.865 \text{ €}$

6<sup>η</sup> περίπτωση:  $94,4 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 267\text{m}^2 = 3.781 \text{ €}$

7<sup>η</sup> περίπτωση:  $86 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 267\text{m}^2 = 3.444 \text{ €}$

Στον παρακάτω πίνακα λαμβάνοντας υπόψη το ετήσιο συνολικό κόστος ενέργειας που έχει προκύψει όπως φαίνεται παραπάνω και υπολογίζοντας για κάθε περίπτωση το κέρδος κάθε χρόνου κάνοντας τις αντίστοιχες αλλαγές υπολογίζεται σε πόσα χρόνια θα γίνει η απόσβεση των χρημάτων που έχουν δοθεί για να βελτιωθεί το κτήριο ενεργειακά.

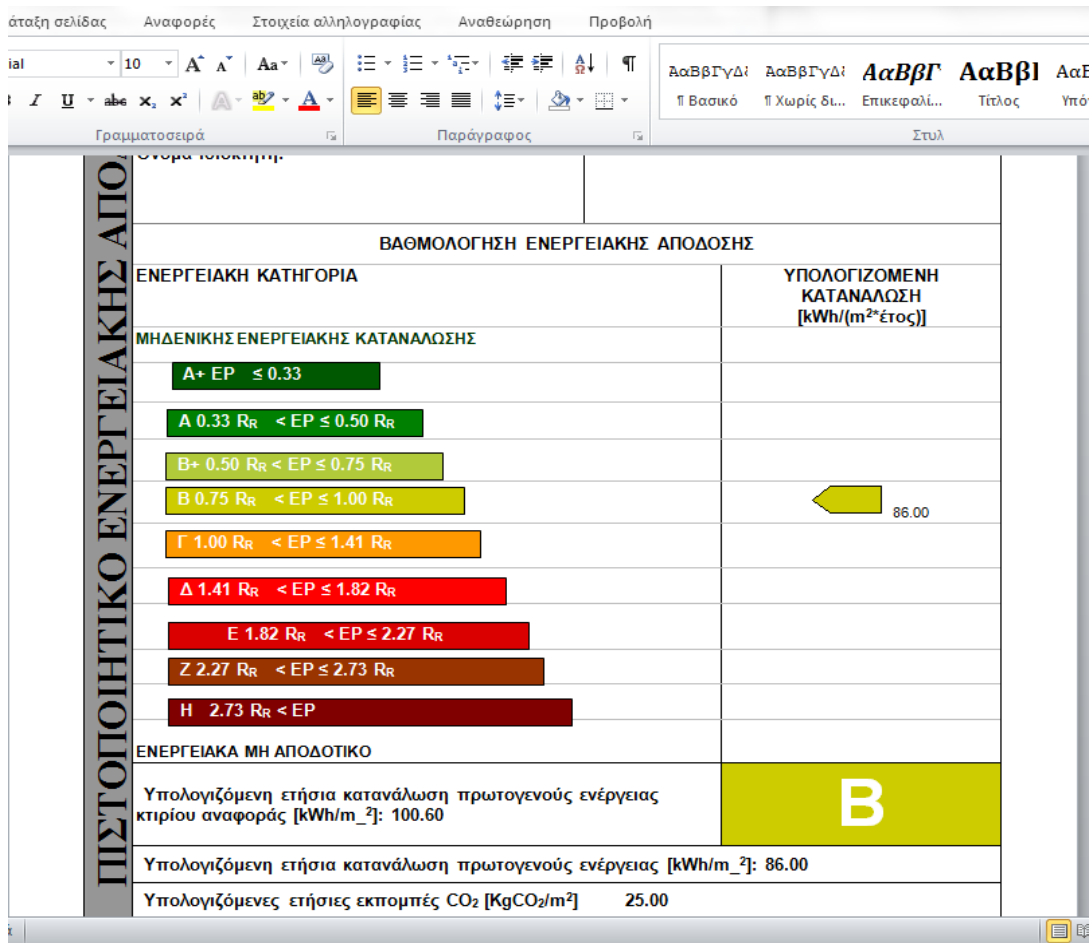
**Πίνακας 24 Τεχνοοικονομική μελέτη κτηρίου 2.**

ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€)	ΚΕΡΔΟΣ/ ΕΤΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΣΕ ΕΤΗ
4.085	-	-
4.029	$4.085-4.029=56$	$10.235/56=182,76$
3.965	$4.085-3.965=120$	$2.480/120=20,67$
3.917	$4.085-3.917=168$	$6.600/168=39,29$
3.877	$4.085-3.877=208$	$6.689/208=32,16$
3.865	$4.085-3.865=220$	$14.917/220=67,80$
3.781	$4.085-3.781=304$	$7.293/304=23,99$
3.444	$4.085-3.444=641$	$16.373/641=25,54$

Μετά τις παραπάνω αλλαγές και θεωρώντας ότι η βέλτιστη λύση είναι η έβδομη περίπτωση αφού μας δίνει τις λιγότερες συνολικές απώλειες και απόσβεση σε λογικό διάστημα παραθέτουμε τον πίνακα ενεργειακής απόδοσης όπου φαίνεται η διαφορά



στην ενεργειακή κατηγορία σχετικά με το αρχικό κτήριο.



Εικόνα 123 Ανανεωμένο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης μετά από τις επεμβάσεις που έγιναν στο κτήριο 2.

### 9.3 Γενική Περιγραφή Κτηρίου 3

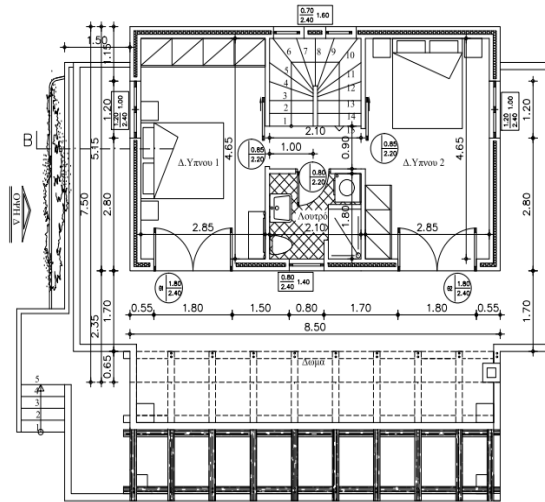
Το υπό μελέτη κτήριο το οποίο πρόκειται να κατασκευαστεί στο νομό Λασιθίου είναι στη φάση του σχεδιασμού. Πρόκειται για ισόγειο κτήριο με όροφο οι οποίοι μελετώνται με τη χρήση ΚΕνΑΚ. Το ισόγειο όπως και ο πρώτος όροφος θα χρησιμοποιηθούν ως χώροι κατοικίας. Οι χώροι κύριας χρήσης θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι των οποίων τα τετραγωνικά δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 25 Επιμέρους χρήσεις χώρων του κτηρίου 3 και επιφάνειες αυτών.

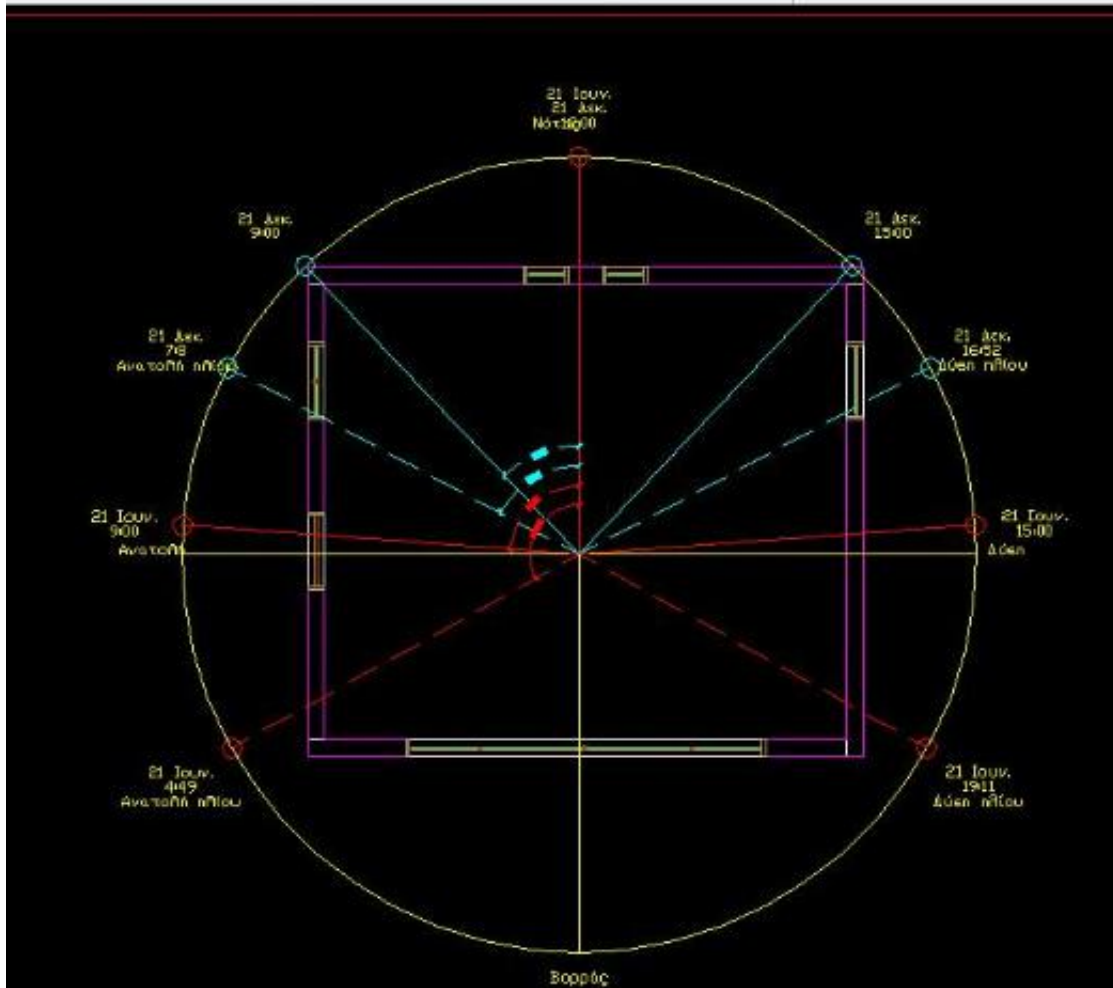
Επιφάνεια επιμέρους χώρων κτηρίου σε m <sup>2</sup>		
Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Ζώνη 1 [m <sup>2</sup> ]	Σύνολο [m <sup>2</sup> ]
Κατοικίας	108	108

Στο σχήμα της κάτοψης που παρουσιάζεται παρακάτω ορίζονται οι χώροι της κατοικίας και αναφαίνεται το αρχιτεκτονικό σχέδιο του κτηρίου όπως έχει

διαμορφωθεί για κάθε όροφο.



Εικόνα 124 Κάτοψη κτηρίου 3.



Εικόνα 125 Απεικόνιση σκιάσεων.

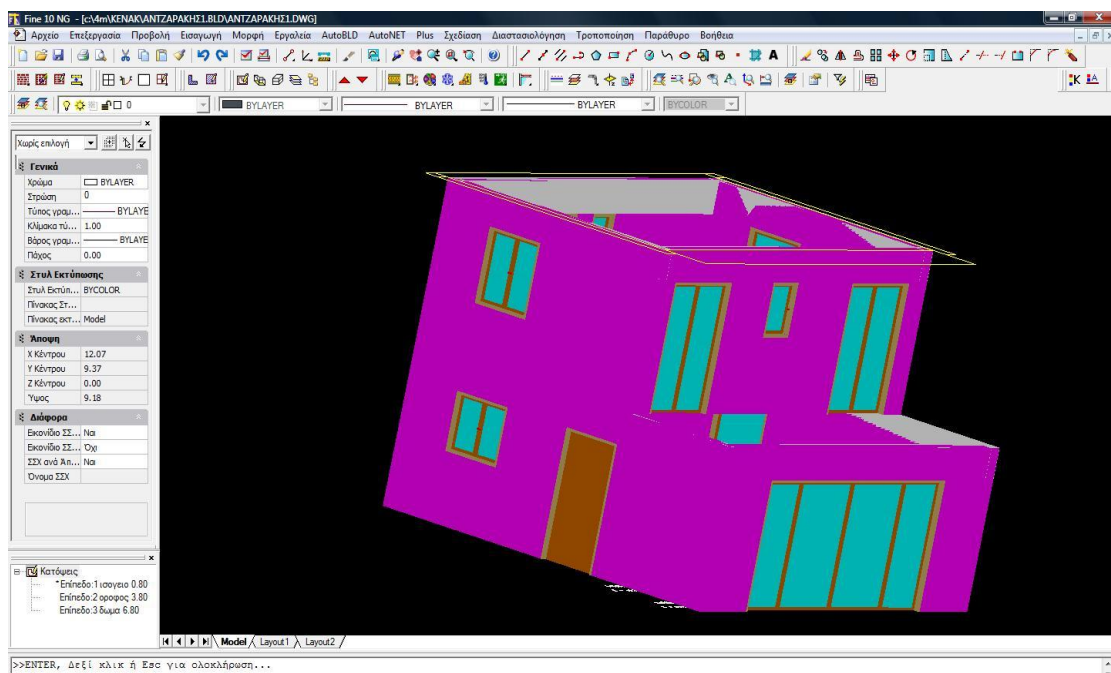
Παρακάτω φαίνονται τα στοιχεία του κτηρίου όπως αυτά παρουσιάζονται στο

εκτυπωτικό του προγράμματος 4M.

Πίνακας 26 Στοιχεία Κτηρίου 3.

Πόλη	Σητεία
Αριθμός Θερμικών Ζωνών	1
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου (1 - 15)	2
Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m)	3
Κλιματική Ζώνη	ΖΩΝΗ Α
Γωνία Περιστροφής	0
Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m	ΟΧΙ
Χρήση Κτηρίου	Μονοκατοικία
Τύπος κατασκευής	Φέρων οργ. από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Βάθος δαπέδου στο έδαφος (m)	0
Περίμετρος κτηρίου (m)	32
Νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτήριο	1
Περίοδος έκδοσης οικοδομικής άδειας	3
Θερμομονωτική προστασία	2
Επιθυμητό συνολικό εμβαδό (m <sup>2</sup> )	107.525
Επιθυμητός συνολικός όγκος (m <sup>3</sup> )	322.575

Το οικόπεδο βρίσκεται εκτός αστικού ιστού σε υψόμετρο, στην περιοχή Ρούσα Εκκλησία 5km έξω από τη Σητεία. Ειδικότερα, το κτήριο δεν γειτνιάζει με καμία κατοικία σε κανέναν από τον ανατολικό, βόρειο, δυτικό και νότιο προσανατολισμό.



Εικόνα 126 Αξονομετρικό σχέδιο κτηρίου 3.



Εικόνα 127 Δορυφορική φωτογραφία που απεικονίζει τη θέση του οικοπέδου στην πόλη της Σητείας.

### 9.3.1 Περιγραφή Δομικών Στοιχείων Κτηρίου 3

Το κτήριο θα κατασκευαστεί στο δήμο Σητείας, οπότε βάσει του Κ.Εν.Α.Κ. ανήκει στη Α κλιματική ζώνη. Κάθε δομικό στοιχείο πρέπει να έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από αυτούς που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ. για την συγκεκριμένη ζώνη.

Πρόκειται για ένα κτήριο που θα αποτελείται από διπλό δρομικό τοίχο με μόνωση στον πυρήνα. Ο φέρων οργανισμός θα φέρει θερμομόνωση εξωτερικά όπως επίσης η οροφή και το δάπεδο. Όσον αφορά τα υαλοστάσια θα αποτελούνται από διπλό υαλοπίνακα με συνθετικό πλαίσιο. Δεδομένου των παραπάνω είναι κατανοητό ότι πρόκειται για ένα κτήριο με καλή ενεργειακή συμπεριφορά έχοντας όμως περιθώρια βελτίωσης για καλύτερη ποιότητα ζωής των κατοίκων αλλά και το ενεργειακό και οικονομικό κέρδος.

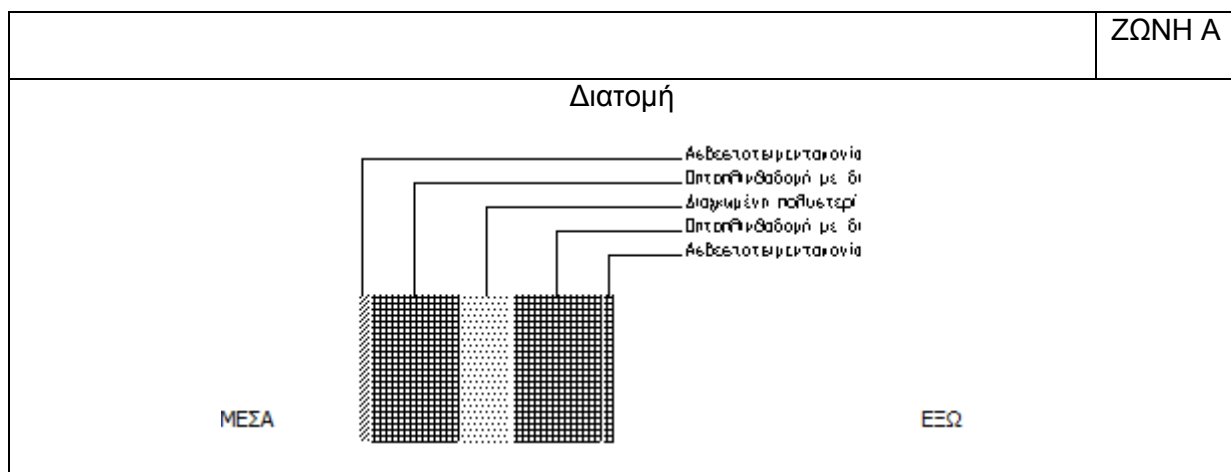
Παρακάτω φαίνεται η ενεργειακή κατηγορία που βρίσκεται το κτήριο βάσει της κατασκευής που περιγράφηκε παραπάνω.

Όνομα ιδιοκτήτη:	
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>	
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ [kWh/(m<sup>2</sup>·έτος)]</b>
<b>ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ</b>	
A+ EP ≤ 0.33	
A 0.33 R <sub>R</sub> < EP ≤ 0.50 R <sub>R</sub>	
B+ 0.50 R <sub>R</sub> < EP ≤ 0.75 R <sub>R</sub>	
B 0.75 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1.00 R <sub>R</sub>	← 96.20
Γ 1.00 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1.41 R <sub>R</sub>	
Δ 1.41 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1.82 R <sub>R</sub>	
E 1.82 R <sub>R</sub> < EP ≤ 2.27 R <sub>R</sub>	
Z 2.27 R <sub>R</sub> < EP ≤ 2.73 R <sub>R</sub>	
H 2.73 R <sub>R</sub> < EP	
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ</b>	
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτηρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ]: 100.40	<b>B</b>
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]: 96.20	
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]: 26.00	

Εικόνα 128 Ενεργειακή κατηγορία κτηρίου 3 σύμφωνα με την αρχική του κατάσταση.

Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται αναλυτικά ανά δομικό στοιχείο τα σκαριφήματα και τα υλικά που αποτελούνται. Επίσης γίνεται σύγκριση του συντελεστή θερμοπερατότητας του συγκεκριμένου αδιαφανούς δομικού στοιχείου με αυτόν του μεγίστου επιτρεπόμενου.

### 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική τοιχοποιία



Εικόνα 129 Σκαρίφημα εξωτερικής τοιχοποιίας.

### 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 27 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

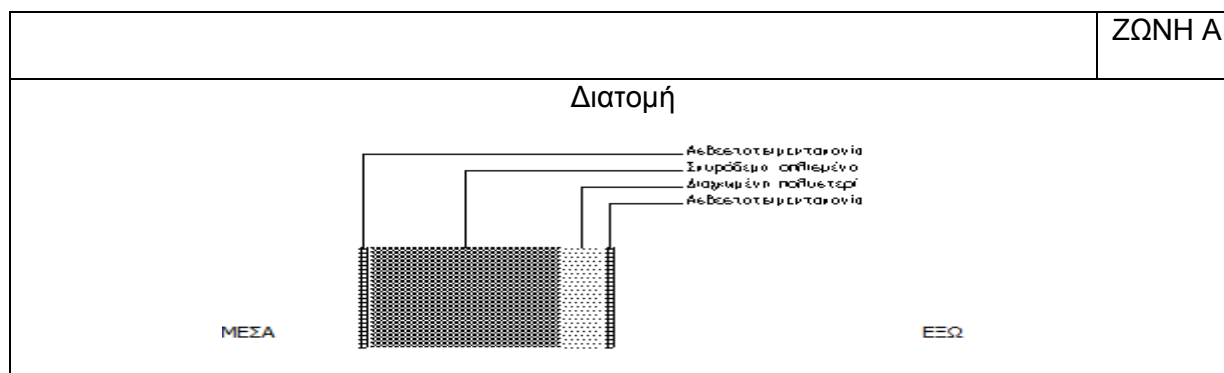
1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	1.805
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	1.975

Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/(m^2K)$	0.506
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/(m^2K)$	0.6

Πρέπει  $U \leq U_{max}$

**ΙΣΧΥΕΙ**

### 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική δοκός/υποστώλωμα



Εικόνα 130 Σκαρίφημα υποστώματος.

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 28 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας υποστυλώματος.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	1.552
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	1.722

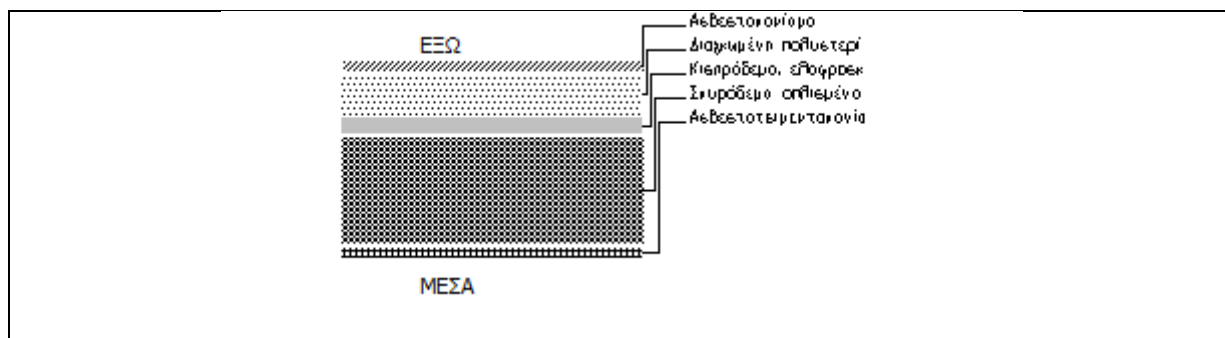
Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/(m^2K)$	0.581
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/(m^2K)$	0.6

Πρέπει  $U \leq U_{max}$

**ΙΣΧΥΕΙ**

### 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δώμα βατό

	ΖΩΝΗ Α
Διατομή	



Εικόνα 131 Σκαρίφημα δώματος.

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 29 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δώματος.

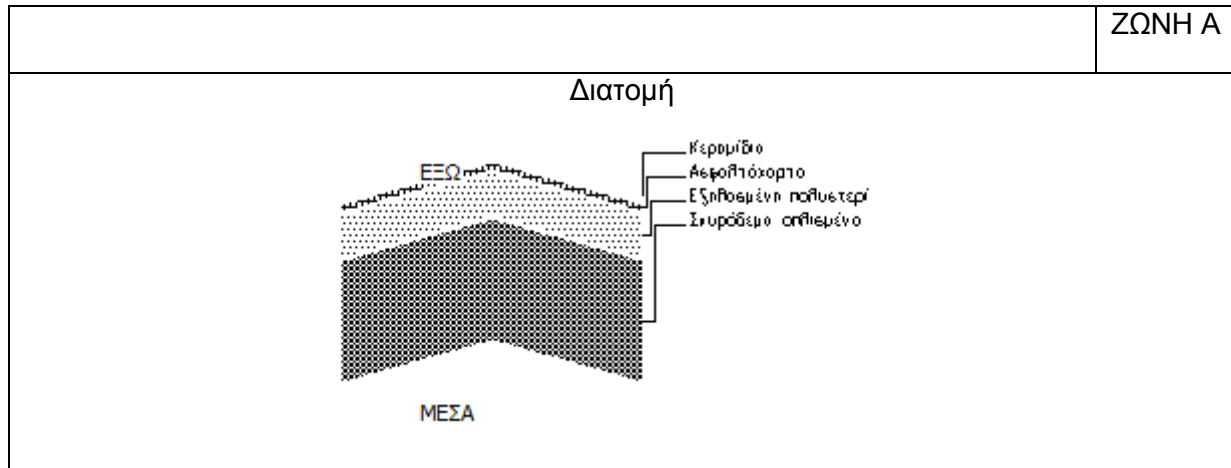
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. Αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.100
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	2.276
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	2.416

Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/(m^2K)$	0.414
Μέγιστος επιτρ. Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/(m^2K)$	0.5



**1.ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Κεκλιμένη οροφή θερμομονωμένη**



Εικόνα 132 Σκαρίφημα οροφής.

**2.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)**

Πίνακας 30 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	$R_i$ (εσωτερ.)	$R_a$ (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροη)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

<b>1</b>	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.10
----------	--	-------	------------	------

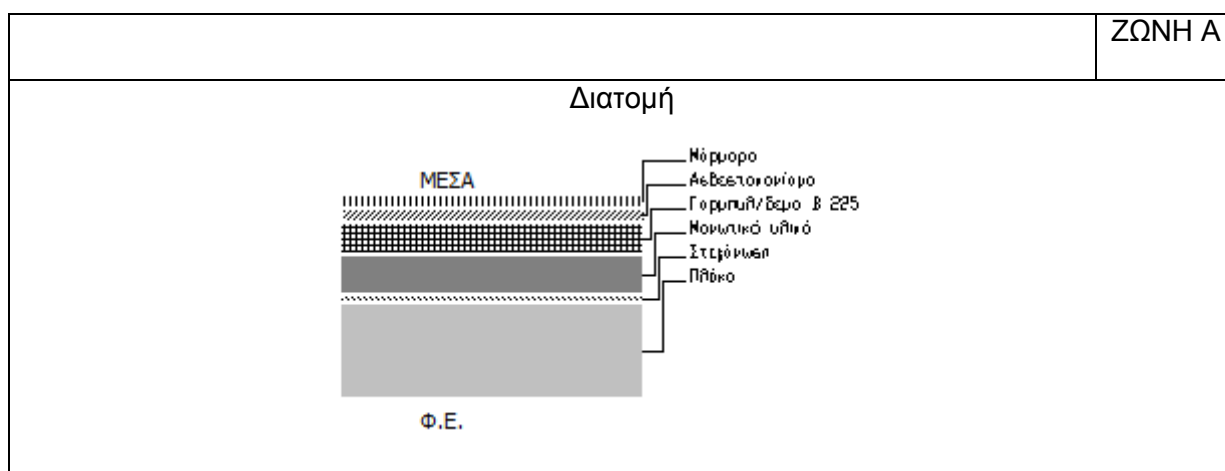
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m <sup>2</sup> K)/W	2.282
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	2.422

<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας</b>	<b>U</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>K)</b>	0.413
<b>Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας</b>	<b>U<sub>max</sub></b>	<b>W/(m<sup>2</sup>K)</b>	0.5

Πρέπει  $U \leq U_{max}$

**ΙΣΧΥΕΙ**

### 1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δάπεδο μαρμάρινο σε φυσικό έδαφος



Εικόνα 133 Σκαρίφημα δαπέδου.

### 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

Πίνακας 31 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	R <sub>i</sub> (εσωτερ.)	R <sub>a</sub> (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.130	0.000

Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$(m^2K)/W$	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R$	$(m^2K)/W$	2.190
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$(m^2K)/W$	0.00
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$(m^2K)/W$	2.360

<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας</b>	<b>U</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>K)</b>	0.424
<b>Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας</b>	<b>U<sub>max</sub></b>	<b>W/(m<sup>2</sup>K)</b>	1.2

Πρέπει  $U \leq U_{max}$

**ΙΣΧΥΕΙ**

Παρακάτω φαίνονται οι υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων ανάλογα τις εμβαδομετρήσεις.

**Τύπος πλαισίου:** Συνθετικό

**U<sub>f</sub> πλαισίου:** 2.2 W/m<sup>2</sup>K

**Τύπος υαλοπίνακα:** Διπλό διακένου 12mm (Συνθετικό ισ.πλ. 10cm)

**U<sub>g</sub> υαλοπίνακα:** 2.8 W/m<sup>2</sup>K

**g υαλοπίνακα σε κάθε προσπτ.:** 0.75

**g υαλοπίνακα:** 0.68

**Γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υάλοπ. και πλαισίου  $\Psi_g$ :** 0.06 W/mK

Μέσο πλάτος πλαισίου: 0.100 m

Πίνακας 32 Αναλυτικά στοιχεία υαλοστασίων.

Τύπος κουφώματος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Αριθμός φύλλων	Εμβαδό κουφώματος [m <sup>2</sup> ]
A1	5.50	2.40	4	13.20
A2	1.20	2.40	1	2.88
A3	1.20	1.10	2	1.32
A4	0.70	0.80	1	0.56
A5	1.20	1.40	2	1.68
A6	0.80	1.00	1	0.80
A7	1.80	2.40	2	4.32

Πίνακας 33 Αναλυτικά στοιχεία υαλοστασίων.

Τύπος κουφώματος	Εμβαδό πλαισίου [m <sup>2</sup> ]	Εμβαδό υαλοπίνακα [m <sup>2</sup> ]	Ποσοστό πλαισίου	Μήκος L <sub>g</sub> [m]	U κουφώματος [W/(m <sup>2</sup> K)]	g <sub>w</sub> κουφώματος
A1	2.86	10.34	22%	27.00	2.793	0.53
A2	0.68	2.20	24%	6.400	2.792	0.52
A3	0.60	0.72	45%	5.200	2.764	0.37
A4	0.26	0.30	46%	2.200	2.757	0.36
A5	0.72	0.96	43%	6.400	2.771	0.39
A6	0.32	0.48	40%	2.800	2.770	0.41
A7	1.24	3.08	29%	11.60	2.789	0.48

Πίνακας 34 Συγκεντρωτικά στοιχεία υαλοστασίων ανά όροφο.

Όροφος	Κούφωμα	Πλάτος	Ύψος	Τύπος	Εμβαδό	U	U <sub>xA</sub>	g <sub>w</sub>
--------	---------	--------	------	-------	--------	---	-----------------	----------------

		[m]	[m]		[m <sup>2</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/K]	
ΚΑΤΟΙΚΙΑ	A1	1.20	2.40	A2	2.88	2.792	8.04	0.52
	A2	1.20	1.10	A3	1.32	2.764	3.65	0.37
	B1	5.50	2.40	A1	13.20	2.793	36.87	0.53
	Δ1	1.20	2.40	A2	2.88	2.792	8.04	0.52
	N1	0.70	0.80	A4	0.56	2.757	1.54	0.36
	N2	0.70	0.80	A4	0.56	2.757	1.54	0.36
ΚΑΤΟΙΚΙΑ	A1	1.20	1.40	A5	1.68	2.771	4.66	0.39
	B1	0.80	1.00	A6	0.80	2.770	2.22	0.41
	B2	1.80	2.40	A7	4.32	2.789	12.05	0.48
	B3	1.80	2.40	A7	4.32	2.789	12.05	0.48
	Δ1	1.20	2.40	A2	2.88	2.792	8.04	0.52
	N1	0.70	0.80	A4	0.56	2.757	1.54	0.36
	N2	0.70	0.80	A4	0.56	2.757	1.54	0.36

Πίνακας 35 Συγκεντρωτικά στοιχεία υαλοστασίων.

Όροφος	Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]	Σ(UxA) [W/K]	n	ΣΑ [m <sup>2</sup> ]	nχΣ(UxA) [W/K]
ΚΑΤΟΙΚΙΑ	21.40	59.69	1	21.40	59.69
ΚΑΤΟΙΚΙΑ	15.12	42.10	1	15.12	42.10
Συνολικά				36.52	101.78

Η συλλογή των γεωμετρικών δεδομένων και οι υπολογισμοί των θερμικών χαρακτηριστικών των επιφανειών του κτηρίου έγιναν έχοντας υπόψη τα εξής:

1. για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και κατ' επέκταση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου είναι απαραίτητα όχι μόνο τα θερμικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των θερμαινόμενων χώρων αλλά και των μη θερμαινόμενων σε επαφή με τους θερμαινόμενους,
2. τα δομικά στοιχεία του κτηρίου που γειτνιάζουν με αλλά θερμαινόμενα κτήρια, κατά

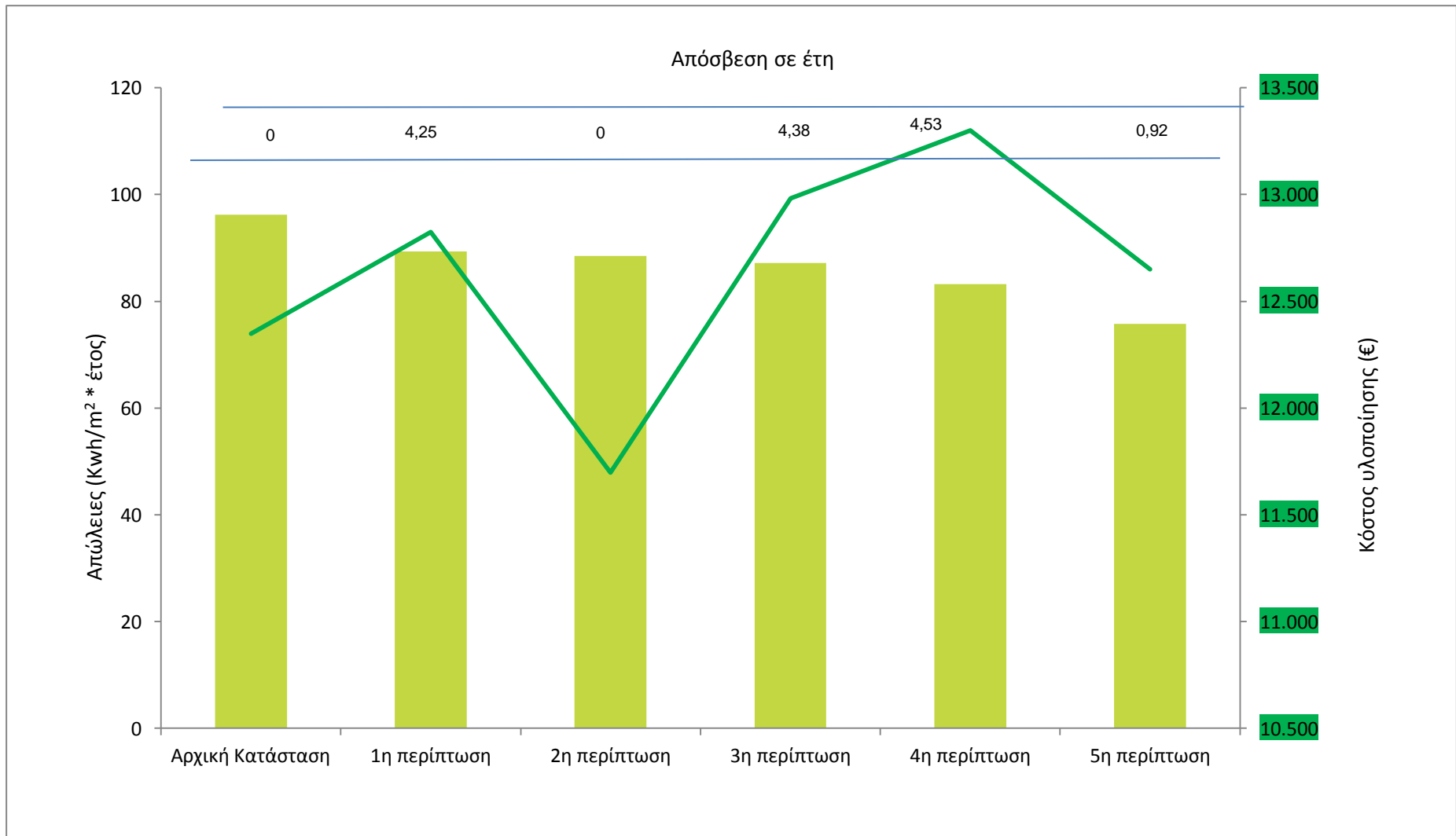
τον έλεγχο θερμικής επάρκειας του κτηρίου θεωρείται ότι έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης θεωρούνται αδιαβατικά,3.τα δομικά στοιχεία θερμικής ζώνης του κτηρίου που γειτνιάζουν με άλλη θερμική ζώνη του ίδιου κτηρίου θεωρούνται αδιαβατικά, οι αδιαφανείς και οι διαφανείς επιφάνειες έχουν ηλιακά κέρδη τα οποία εξαρτώνται από τον προσανατολισμό τους και τον σκιασμό τους.

### **9.3.2 Περιγραφή Ικανών Επεμβάσεων για τη Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης σε υπό Ανέγερση Κτήριο στο Λασίθι**

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται ανά περίπτωση οι αλλαγές που μπορούν να γίνουν στο κτήριο για να ανέβει ενεργειακή κατηγορία και ό,τι άλλο αυτό συνεπάγεται, όπως επίσης και το αντίστοιχο κόστος αυτών των αλλαγών. Η ταξινόμηση τους στον πίνακα έγινε κατά φθίνουσα σειρά του συνόλου των ενεργειακών καταναλώσεων. Σε κάθε περίπτωση φαίνεται και ο συγκεκριμένος συντελεστής θερμοπερατότητας για όλα τα δομικά στοιχεία ξεχωριστά. Συγκεκριμένα στην πρώτη γραμμή φαίνεται η κατάσταση του κτηρίου όπως έχει τώρα μελετηθεί μιας και δεν έχει ξεκινήσει ακόμα η κατασκευαστική διαδικασία αφού πρόκειται για καινούριο κτήριο. Έτσι ως περιπτώσεις ορίζονται οι προτεινόμενες αλλαγές που μπορούν να γίνουν πριν κατασκευαστεί η κατοικία για να μειωθούν στο ελάχιστο οι απώλειες του κτηρίου. Στην πρώτη περίπτωση επεμβαίνουμε στους υαλοπίνακες τοποθετώντας διπλούς με επίστρωση low-e για την καλύτερη συμπεριφορά τους σε όλες τις εποχές του έτους. Στην δεύτερη περίπτωση θερμομονώνουμε το κτήριο εξωτερικά για την πλήρη απαλοιφή των θερμογεφυρών. Στην τρίτη περίπτωση οι υαλοπίνακες παραμένουν ίδιοι με την πρώτη περίπτωση προσθέτοντας μόνο αέριο argon. Αυτή η αλλαγή επιφέρει μια αξιόλογη μείωση των συνολικών απωλειών διαθέτοντας ελάχιστα χρήματα παραπάνω. Στην τέταρτη περίπτωση επεμβαίνουμε και πάλι στα υαλοστάσια τοποθετώντας αυτή τη φορά τριπλά τζάμια low-e με αέριο argon ανάμεσα τους, επέμβαση ικανή να μειώσει αισθητά τον συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοστασίων. Ως βέλτιστη τεχνοοικονομικά λύση προτείνεται η έκτη περίπτωση όπου το κτήριο είναι θερμομονωμένο εξωτερικά και φέρει τους υαλοπίνακες που περιγράφηκαν στην πέμπτη περίπτωση.

Πίνακας 36 Πίνακας επεμβάσεων για μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας στο κτήριο 3.

	ΚΕΛΥΦΟΣ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΟΡΟΦΗ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΔΑΠΕΔΟ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ (kWh/m <sup>2</sup> K)	ΣΥΝΟΛΟ (kWh/m <sup>2</sup> K έτος)	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ
<b>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ:</b> Ενδιάμεση μόνωση σε τοίχο 5cm Εξωτερική μόνωση σε οροφή 7cm Μόνωση σε δάπεδο 8cm Συνθετικό πλαίσιο- διπλό τζάμι(4-12-4)	0,566	0,414	0,424	2,757-2,793	96,2	12.348	<b>B</b>
<b>1<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Ενδιάμεση μόνωση σε τοίχο 5cm Εξωτερική μόνωση σε οροφή 7cm Μόνωση σε δάπεδο 8cm Συνθετικό πλαίσιο- <b>Διπλό τζάμι low-e (4-12-4)</b>	0,566	0,414	0,424	2,009-2,221	89,3	12.824	<b>B</b>
<b>2<sup>η</sup> περίπτωση:</b> <b>Εξωτερική μόνωση σε τοίχο 7cm</b> Εξωτερική μόνωση σε οροφή 7cm Μόνωση σε δάπεδο 8cm Συνθετικό πλαίσιο -Διπλό τζάμι(4-12-4)	0,444	0,414	0,424	2,757-2,793	88,5	11.698	<b>B</b>
<b>3<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Ενδιάμεση μόνωση σε τοίχο 5cm Εξωτερική μόνωση σε οροφή 7cm Μόνωση σε δάπεδο 8cm Συνθετικό πλαίσιο- <b>Διπλό τζάμι low-e με argon (4-12-4)</b>	0,566	0,414	0,424	1,774-2,061	87,2	12.983	<b>B</b>
<b>4<sup>η</sup> περίπτωση:</b> Ενδιάμεση μόνωση σε τοίχο 5cm Εξωτερική μόνωση σε οροφή 7cm Μόνωση σε δάπεδο 8cm Συνθετικό πλαίσιο- <b>Τριπλό τζάμι low-e με argon(4-12-4-12-4)</b>	0,566	0,414	0,424	1,304-1,739	83,2	13.300	<b>B</b>
<b>5<sup>η</sup> περίπτωση:</b> <b>Εξωτερική μόνωση τοίχου 7cm</b> Εξωτερική μόνωση σε οροφή 7cm Μόνωση σε δάπεδο 8cm <b>Συνθετικό πλαίσιο -τριπλά τζάμια low-e με argon (4-12-4-12-4)</b>	0,444	0,414	0,424	1,304-1,739	75,8	12.650	<b>B</b>



Εικόνα 134 Χρόνος απόσβεσης, κατανάλωση & κόστος επεμβάσεων.



Θεωρώντας 0,15 € την τιμή της kWh και 108 τα τετραγωνικά του κτηρίου προκύπτει ανά περίπτωση το ετήσιο κόστος της ενέργειας που θα δαπανάται από την αντίστοιχη κατοικία για να καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων της.

Κατάσταση:  $96,2 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 108\text{m}^2 = 1.558 \text{ €}$

1<sup>η</sup> περίπτωση:  $89,3 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 108\text{m}^2 = 1.446 \text{ €}$

2<sup>η</sup> περίπτωση:  $88,5 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 108\text{m}^2 = 1.434 \text{ €}$

3<sup>η</sup> περίπτωση:  $87,2 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 108\text{m}^2 = 1.413 \text{ €}$

4<sup>η</sup> περίπτωση:  $83,2 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 108\text{m}^2 = 1.348 \text{ €}$

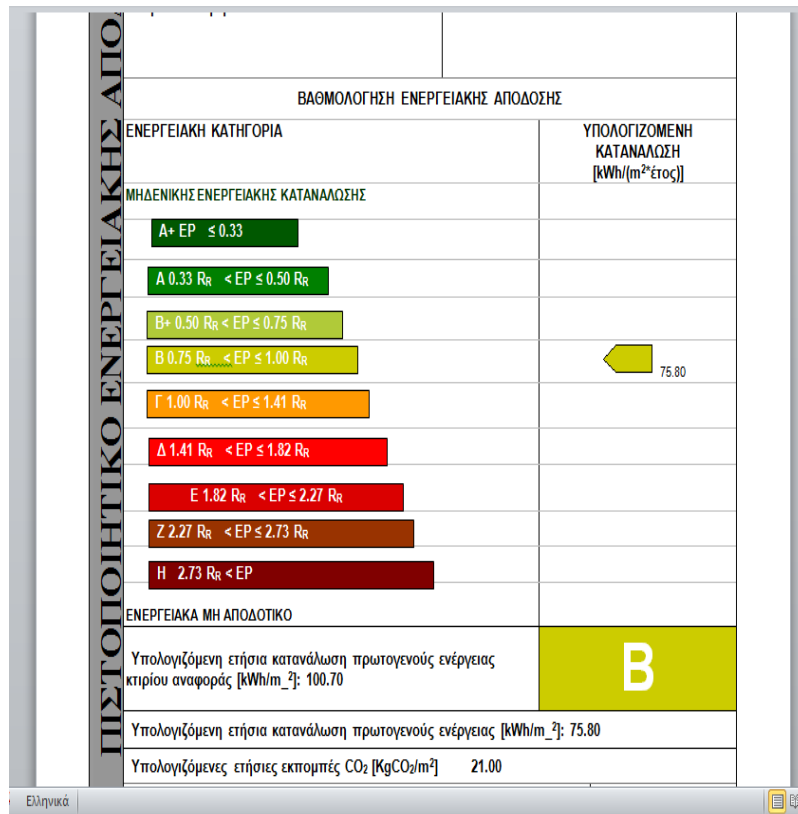
5<sup>η</sup> περίπτωση:  $75,8 \text{ kWh/ m}^2\text{έτος} * 0,15\text{€/kWh} * 108\text{m}^2 = 1.228 \text{ €}$

Στον παρακάτω πίνακα λαμβάνοντας υπόψη το ετήσιο συνολικό κόστος ενέργειας που έχει προκύψει όπως φαίνεται παραπάνω και υπολογίζοντας για κάθε περίπτωση το κέρδος κάθε χρόνου κάνοντας τις αντίστοιχες αλλαγές υπολογίζεται η απόσβεση των χρημάτων σε έτη. Στην περίπτωση που οι αλλαγές που γίνονται θα στοιχίσουν λιγότερο από το αρχικό κτήριο δεν μπορούμε να μιλάμε για απόσβεση αφού δεν δαπανάμε κάποιο επιπλέον ποσό.

**Πίνακας 37 Τεχνοοικονομική μελέτη κτηρίου 3.**

ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€)	ΚΕΡΔΟΣ/ ΕΤΟΣ (€)	ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΣΕ ΕΤΗ
1.558	-	-
1.446	1.558-1.446=112	476/112=4,25
1.434	1.558-1.434=145	-
1.413	1.558-1.413=124	635/145=4,38
1.348	1.558-1.348=210	952/210=4,53
1.228	1.558-1.228=330	302/330=0,92

Μετά τις παραπάνω αλλαγές και θεωρώντας ότι η βέλτιστη λύση είναι η πέμπτη περίπτωση αφού μας δίνει τις λιγότερες συνολικές απώλειες και απόσβεση στο μικρότερο διάστημα παραθέτουμε τον πίνακα ενεργειακής απόδοσης όπου φαίνεται η διαφορά στην ενεργειακή κατηγορία σχετικά με το αρχικό κτήριο.



Εικόνα 135 Αναθεωμένο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης μετά από τις επεμβάσεις που έγιναν στο κτήριο 3.

# *Κεφάλαιο 10*

## 10. Συμπεράσματα

Μετά την παρουσίαση των τεχνικών για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτήρια αλλά και την προσομοίωση αυτών σε τρεις κατοικίες που επιδέχονται βελτιστοποίηση τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι τα εξής:

1. Ο προσανατολισμός του κτηρίου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πριν την ανέγερσή του γιατί η βέλτιστη επιλογή αυτού αποτελεί μια ανέξοδη ενεργειακή λύση.
2. Η θερμομόνωση του κτηρίου πρέπει να γίνεται από την εξωτερική πλευρά του, ώστε να απαλείφονται κατά το δυνατόν περισσότεροι οι θερμογέφυρες.
3. Οι υαλοπίνακες πρέπει να επιλέγονται ανάλογα την τοποθεσία του κτηρίου, το κλίμα που επικρατεί τον προσανατολισμό τους, το μέγεθος του ανοίγματος και τις ιδιαιτερότητες του χώρου που θα τοποθετηθεί. Η παραπάνω επιλογή πρέπει να συνδυάζει πρόσβαση σε φως και αέρα για εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού και αερισμού αντίστοιχα.
4. Η πρόβλεψη για σκίαση θεωρείται απαραίτητη και ειδικότερα αν οι συνθήκες επιτρέπουν την σκίαση με φυλλοβόλα δέντρα όπου το κέρδος είναι μεγάλο μιας και τα δέντρα αυτά έχουν επιπλέον την ιδιότητα να παρέχουν δροσισμό μέσω των φυλλωμάτων τους.

Όλα τα παραπάνω δείχνουν ότι οι προοπτικές εξέλιξης των τεχνικών αυτών στη χώρα μας είναι υπαρκτές και αξιόλογες αφού το κλίμα μας είναι αυτό που στέκεται αρωγός στην προσπάθεια να γίνουν όλα τα κτήρια βιοκλιματικά.

## 11. Βιβλιογραφία

1. <http://www.passivehouse-international.org>
2. <http://www.passiv.de>
3. M. Haase, I. Andresen, B. Time, and A. G. Hestnes, "DESIGN AND FUTURE OF ENERGY-EFFICIENT OFFICE BUILDINGS IN NORWAY," 2009.
4. S. Roaf, M. Fuentes, and S. Thomas-Rees, Ecohouse, 4th ed. Routledge, 2013.
5. B. P. Jelle, A. Hynd, A. Gustavsen, D. Arasteh, H. Goudey, and R. Hart, "Fenestration of today and tomorrow: A state-of-the-art review and future research opportunities," Sol. Energy Mater. Sol. Cells, vol. 96, pp. 1–28, 2012.
6. D. Arasteh, J. Apte, and Y. Huang, "Future advanced windows for zero-energy homes," Ashrae Trans., vol. 109, no. 2, pp. 871–882, 2003.
7. J. Carmody, Residential windows: A guide to new technologies and energy performance. WW Norton & Company, 2007.
8. Περιοδικό Κτίριο( 5/2008, 6/2008, 7/2009, 9/2009, 8/2010, 1/2011, 5/2012, 7/2012).
9. Οικολογική Αρχιτεκτονική Τσίππρας Κώστας Κέδρος 2005
10. <http://www.efficientwindows.org>
12. <http://www.commercialwindows.org>
13. <http://www.cres.gr>
14. <http://www.planitherm.com>
15. <http://energy.gov/energysaver/articles/window-types>
16. <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia>
17. K. Palmer, M. Walls, H. Gordon, and T. Gerarden, "Assessing the energy-efficiency information gap: results from a survey of home energy auditors," Energy Effic., pp. 1–22, 2011.
18. Οικοδομικές εφαρμογές. Μαλινδρέτος Μιχάλης university studio press 2005
19. Οδηγός Θερμομόνωσης Κτηρίων 2007 Υπηρεσία Ενέργειας Υπουργείο Εμπορίας, Βιομηχανίας, Τουρισμού
20. Μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια Παρασκευή Βερβέρη 2008 διπλωματική εργασία
21. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ 16/04/2011
22. Μελέτη και εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιους χώρους και σε χώρους παραγωγής 2012 Πάτσια Χριστοδούλου διπλωματική εργασία
23. Ηλιακή γεωμετρία πανεπιστημιακές διαλέξεις Μετσόβιο Πολυτεχνείο
24. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010
25. Ενεργειακό Πακέτο Κενακ Τόμος Α Υπολογιστικό Περιβάλλον 4M 2010
26. <http://www.4m.gr>