

**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**“ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΟΝ ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ”**



**Επιβλέπων Καθηγητής:  
Σπουδαστής:**

κ. Σ. Τσιώλης  
κ. Θ. Στάμος  
κ. Α. Εφραιμίδης

ΑΜ: 32782  
32772

**Αθήνα, Αιγάλεω  
Απρίλιος – 2014**

Copyright © Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα .....	iii
Λίστα σχημάτων .....	v
Λίστα πινάκων .....	vii
Summary .....	viii
Πρόλογος .....	1
<b>1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ Βιοκλιματικός Σχεδιασμός ” .....</b>	<b>3</b>
1.1 Αρχαία Γνώση .....	3
1.2 Βασικές Αρχές Βιοκλιματισμού .....	1
<b>2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ Θερμική Άνεση ” .....</b>	<b>3</b>
2.1 Παράμετροι θερμικής άνεσης .....	4
2.1.1 Εξωτερικές Παράμετροι .....	4
2.1.2 Ατομικές-Προσωπικές Παράμετροι .....	7
2.2 Εξίσωση Θερμικής ισορροπίας .....	7
2.3 Δείκτες θερμικής άνεσης: PMV, PDD .....	9
<b>3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ Ηλιακά Παθητικά συστήματα ” .....</b>	<b>11</b>
3.1 Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους .....	13
3.1.1 Θερμική Μάζα .....	13
3.1.2 Ανοίγματα .....	22
3.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους .....	28
3.2.1 Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης .....	28
3.2.2 Ηλιακοί Χώροι .....	46
<b>4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ Χωροθέτηση, σχήμα και προσανατολισμός του κτηρίου ” .....</b>	<b>51</b>
<b>5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “Ειδικά συστήματα προστασίας του κελύφους και θερμικής προστασίας του κτηρίου ” .....</b>	<b>54</b>
5.1 Ηλιοπροστασία - Σκιασμός .....	55
5.1.1 Σταθερά Σκίαστρα .....	56
5.1.2 Κινητά Σκίαστρα .....	59
5.1.3 Σκίαση από δέντρα .....	61
5.1.4 Σκίαση από γειτονικά κτήρια .....	62
5.1.5 Ειδικά Κρύσταλλα .....	62
5.1.6 Επικεφαλίδες επιπέδου 3 .....	65
5.1.7 Φράγμα ακτινοβολίας .....	67
5.1.8 Βλάστηση-Φυτεμένα δώματα .....	70
5.2 Φυσικός Αερισμός .....	76
5.2.1 Πύργος Αερισμού .....	78
5.2.2 Ηλιακή Καμινάδα .....	79
5.2.3 Διαμπερής Αερισμός .....	83
5.2.4 Αεριζόμενο κέλυφος .....	84
5.3 Φυσική Ψύξη-Δροσισμός .....	85
5.3.1 Δροσισμός από εξάτμιση .....	86
5.3.2 Δροσισμός από το έδαφος .....	88
5.3.3 Δροσισμός από ακτινοβολία .....	89
<b>6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ Φωτισμός ” .....</b>	<b>91</b>
6.1 Φυσικός φωτισμός και ενεξία ενοίκων .....	92
6.2 Οπτική άνεση .....	92
6.3 Φυσικός φωτισμός και εξοικονόμηση ενέργειας .....	93

6.4	Συντελεστής φυσικού φωτός.....	93
6.5	Βάθος δωματίου και φυσικός φωτισμός.....	96
6.6	Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού.....	96
6.6.1	Ανοίγματα Οροφής.....	97
6.6.2	Αίθρια.....	98
6.6.3	Ηλιοστάσια.....	99
6.6.4	Φωτοσωλήνες.....	100
6.6.5	Φωταγωγοί.....	101
6.6.6	Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά.....	101
6.6.7	Ράφια Φωτισμού.....	102
6.6.8	Ανακλαστικές περσίδες.....	104
6.6.9	Διαφανή μονωτικά υλικά.....	105
<b>7<sup>ο</sup></b>	<b>Κεφάλαιο “ Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας ” .....</b>	<b>107</b>
7.1	Απλοί τρόποι εξοικονόμηση ενέργειας στην κεντρική θέρμανση και στο κλιματισμό	
7.2	Σύγχρονες Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	110
7.2.1	Ηλιακή θέρμανση.....	110
7.2.2	Ψύξη από θάλασσα.....	113
7.2.3	Ψύξη με ηλιακή ενέργεια .....	116
7.2.4	Ανάκτηση θερμότητας.....	123
	<b>“ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ” .....</b>	<b>126</b>
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>127</b>

## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Απεικόνιση Βιοκλιματικού Κελύφους.....	3
Σχήμα 2.1 .....	3
Σχήμα 2.1 Παράμετροι Θερμικής Άνεσης.....	4
Σχήμα 2.2 Ψυχομετρικό Διάγραμμα.....	6
Σχήμα 2.3 Ένδειξης θερμικής άνεσης σε συνθήκες εσωτερικού χώρου.	6
Σχήμα 2.4Κλίμακα προσδιορισμού PMV .....	9
.....	.....
Σχήμα 3.1 Ηλιακά Παθητικά Συστήματα .....	11
Σχήμα 3.2 Συστήματα άμεσου κέρδους.....	13
Σχήμα 3.3 : Λειτουργία Θερμικής Μάζας .....	15
Σχήμα 3.3 : Διακύμανση του ψυκτικού φορτίου κατά τη διάρκεια της ημέρας για μικρή και μεγάλη θερμική μάζα.....	15
Σχήμα 3.4 : Επίδραση της θερμικής μάζας.....	16
Σχήμα 3.5 : Επίδραση της θερμικής μάζας.....	17
Σχήμα 3.6 Χρονική Υστέρηση (time lag) σε σχέση με το πάχος του υλικού και την πυκνότητα .....	18
.....	.....
Σχήμα 3.7 Διακύμανση της θερμοκρασίας του τοίχου, λόγω χρονικής υστέρησης.....	19
Σχήμα 3.8 Χρονική Υστέρηση. ....	19
Σχήμα 3.9 Χρονική Υστέρηση .....	19
Σχήμα 3.10 Διακύμανση της θερμοκρασίας κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας.....	20
Σχήμα 3.11 Παραδείγματα θερμικής αντίστασης στρωμάτων της τοιχοποιίας .....	21
Σχήμα 3.12 Συντελεστής Θερμοπερατότητας .....	22
Σχήμα 3.13 Άμεσα ηλιακά κέρδη μέσω ανοιγμάτων .....	22
Σχήμα 3.14 Είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από τζάμι .....	23
Σχήμα 3.15 Κατανάλωση Ενέργειας ανάλογα με τον τύπο του υαλοπίνακα .....	24
Σχήμα 3.16 Μονός υαλοπίνακας .....	24
Σχήμα 3.17 Διπλός και τριπλός υαλοπίνακας και αντίστοιχα ηλιακά κέρδη .....	25
Σχήμα 3.18 U-τιμές διαφορετικών τύπων παραθύρων.....	25
Σχήμα 3.19 Τύποι Παραθύρων .....	26
Σχήμα 3.23 Τοίχος μάζας .....	31
Σχήμα 3.24 Τοίχος Trombe .....	33
Σχήμα 3.25 Τοίχος Trombe .....	34
Σχήμα 3.26 Στοιχειώδες εμβαδό του τοίχου Trombe .....	36
Σχήμα 3.27 Εφαρμογές τοίχου Trombe σε κτήρια χαμηλής ενέργειας.....	38
Σχήμα 3.28 Τοίχος νερού.....	39
Σχήμα 3.29 Τοίχος νερού.....	41
Σχήμα 3.30 Τοίχος νερού.....	41
Σχήμα 3.31 Τοίχος Barra-Constantini .....	42
Σχήμα 3.32 Μηνιαία φορτία για θέρμανση γιατην περίπτωση του συνδυασμού τοίχο .....	43
Σχήμα 3.33 Λειτουργία ηλιακής λίμνης το καλοκαίρι .....	44
Σχήμα 3.34 Ηλιακή Λίμνη.....	45
Σχήμα 3.35 Λειτουργία Θερμοκηπίου .....	46
Σχήμα 4.1 Βέλτιστη Χωροθέτηση .....	51
Σχήμα 4.2 Σχήμα κτηρίου και μεταφορά θερμότητας.....	51
Σχήμα 4.3 Ηλιακή Ακτινοβολία για διάφορους προσανατολισμούς.....	52
Σχήμα 4.4 Βέλτιστο σχήμα και προσανατολισμός κτηρίου .....	52

Σχήμα 5.1 Εξωτερικά σταθερά οριζόντια σκίαστρα.....	55
Σχήμα 5.2 Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα .....	57
Σχήμα 5.5 : Εξωτερικά κατακόρυφα σκίαστρα, κατάλληλα για δυτικό/ανατολικό προσανατολισμό .....	59
Σχήμα 5.6 : Τέντες για εξωτερική σκίαση.....	59
Σχήμα 5.7 : Εσωτερικά ενετικά στόρια .....	60
Σχήμα 5.8 Σκίαση από βλάστηση.....	61
Σχήμα 5.9 Σκίαση από γειτονικά κτήρια .....	62
Σχήμα 6.1 Φυσικός φωτισμός.....	91
Σχήμα 6.2 Συντελεστής Φυσικού Φωτός.....	94
Σχήμα 6.3 Συντελεστής φυσικού φωτισμού. ....	95
Σχήμα 6.4 Μερικά από τα συστήματα φυσικού φωτισμού.. ..	97
Σχήμα 6.6 Ηλιοστάσιο .....	99
Σχήμα 6.7 Χρήση ηλιοστασίων για φυσικό φωτισμό.....	99
Σχήμα 6.8 Χρήση ηλιοστασίων για φυσικό φωτισμό.....	100
Σχήμα 6.9 Φωτοσωλήνας .....	100
Σχήμα 6.10 : Φωταγωγοί .....	101
Σχήμα 6.11 Εξωτερικά ράφια φωτισμού .....	102
Σχήμα 6.12 Πόσο βαθιά σε ένα δωμάτιο μπορεί να φτάσει το φυσικό φως, ανάλογα με τις διαστάσεις του παραθύρου, συνδυασμένο με ράφι φωτισμού. ....	103
Σχήμα 6.13 Πόσο βαθιά σε ένα δωμάτιο μπορεί να φτάσει το φυσικό φως, ανάλογα με τις διαστάσεις του παραθύρου, συνδυασμένο με ράφι φωτισμού. ....	103
Σχήμα 6.14 Ανακλαστικές Περσίδες.....	104
Σχήμα 6.15 Διαφανής Μόνωση .....	105
Σχήμα 6.16 Διαφανής θερμομόνωση.....	106
Σχήμα 7.1 Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με ηλιακά .....	111
Σχήμα 7.2 Σχηματικό Διάγραμμα Ροής, ενός μεγάλου συστήματος κλιματισμού που λειτουργεί είτε με κρύο νερό θάλασσας, είτε με συμβατικό σύστημα ψύξης	113
Σχήμα 7.3 Τυπικές θερμοκρασίες του θαλασσινού νερού για διάφορα βάθη, στην περιοχή της Χαβάης .....	115
Σχήμα 7.4.....	115
Σχήμα 7.6 Διαδικασία ηλιακού κλιματισμού με απορρόφηση.....	119
Σχήμα 7.7 Διαδικασία ηλιακού κλιματισμού με προσρόφηση.....	120
Σχήμα 7.8 Ηλιακός κλιματισμός με αφύγρανση. ....	121
Σχήμα 7.9 Διάγραμμα ροής συστήματος ηλιακού κλιματισμού.	122
Σχήμα 7.10 Διάταξη ηλιακών σωλήνων-συλλεκτών.....	122
Σχήμα 7.11 Διάφοροι τύποι εναλλακτών .....	123
Σχήμα 7.12 Μηχανικός συμπιεστής ατμού.....	124
Σχήμα 7.13 Εναλλάκτες αποβλήτων.....	125

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 Σχέση θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας για θερμική άνεση .....	5
Πίνακας 3.1 Θερμοχωρητικότητες Υλικών .....	14
Πίνακας 5.1 Προτεινόμενο τύπος σκίασης ανάλογα με τον προσανατολισμό .....	56
Πίνακας 6.1 Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό για διάφορα είδη κτηρίων .....	93
Πίνακας 6.2 Συντελεστής Φυσικού Φωτός και Οπτική Αίσθηση .....	95
Πίνακας 7.1 Σύγκριση ωριαίας λειτουργίας κλιματιστικού και ανεμιστήρα οροφής .....	110

# SUMMARY

## Chapter 1.

That chapter refers to the principals of bioclimatology, which is an ancient knowledge.

## Chapter 2.

That chapter refers to the meaning of thermal **comfort** and to the parameters that specify it. Moreover the equation of thermal balance is described.

## Chapter 3.

That chapter is referred to the basic solar **liability** systems of direct and indirect profit.

## Chapter 4.

In chapter 4 is highlighted the importance of the orientation and the sitting of the building.

## Chapter 5.

In that chapter 5 presented the methods of thermal protection of the shell, also described the systems of shading for sun protection and the methods of natural ventilation in order to minimize the thermal gains of the building. Moreover, in this chapter listed the vegetation advantages, around and on the roof of the building.

## Chapter 6.

Chapter 6 is related to natural light and the techniques of its utilization. Firstly is highlighted the effect of natural light in saving energy and in everyday comfort and euphoria of the dweller.

## Chapter 7.

In the last chapter presented simple meanings of saving energy in central heating and in air-conditioning systems. In addition, presented modern techniques of saving energy such as the cooling from sea and the recovery of temperature.

**Keywords:** bioclimatology

Natural light

Moderntechniquesofsavingenergy

Thermalgainsofthebuilding



# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

**Η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι δημιουργία των φοιτητών Στάμου Θωμά και Εφραιμίδη Αλέξανδρου του τμήματος ηλεκτρολογίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.**

Στο **1<sup>ο</sup> κεφάλαιο**, περιγράφονται οι βασικές αρχές του βιοκλιματισμού, ο οποίος δεν αποτελεί γνώση σύγχρονη, αλλά υφίσταται από την αρχαιότητα.

Στο **2<sup>ο</sup> κεφάλαιο**, ορίζεται η έννοια της θερμικής άνεσης, οι παράμετροι που την καθορίζουν, περιγράφεται η εξίσωση θερμικής ισορροπίας.

Στη συνέχεια, στο **3<sup>ο</sup> κεφάλαιο**, αναφέρονται τα βασικά ηλιακά παθητικά συστήματα, άμεσου και έμμεσου κέρδους, ενώ στο **4<sup>ο</sup> κεφάλαιο**, παρουσιάζεται η σπουδαιότητα της σωστής χωροθέτησης και του προσανατολισμού του κτηρίου.

Στο **5<sup>ο</sup> κεφάλαιο**, γίνεται παρουσίαση των μεθόδων θερμικής προστασίας του κελύφους. Περιγράφονται συστήματα σκιασμού για επίτευξη ηλιοπροστασίας, καθώς επίσης, οι μέθοδοι φυσικού αερισμού και δροσισμού, προκειμένου να μειωθούν τα θερμικά κέρδη του κτηρίου. Αναφέρονται τα πλεονεκτήματα της βλάστησης στα κτήρια, τόσο στον περιβάλλοντα χώρο, όσο και στις στέγες- φυτεμένα δώματα.

Το **6<sup>ο</sup> κεφάλαιο**, σχετίζεται με το φυσικό φωτισμό και τις τεχνικές αξιοποίησης του, αφού πρώτα γίνει αναφορά στην επίδραση του φυσικού φωτισμού τόσο στην εξοικονόμηση ενέργειας, όσο και στην οπτική άνεση και ευεξία των ενοίκων.

Τέλος, στο **7<sup>ο</sup> κεφάλαιο**, παρουσιάζονται απλοί τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας στις κεντρικές θερμάνσεις και στα συστήματα κλιματισμού, καθώς και σύγχρονες τεχνολογίες εξοικονόμησης, όπως είναι ο ηλιακός κλιματισμός, η ψύξη από θάλασσα, η ανάκτηση θερμότητας.

**Λέξειςκλειδιά:** ηλιακάπαθητικάσυστήματα  
θερμικήπροστασίακτηριου  
φυσικόςφωτισμόςκτηριου

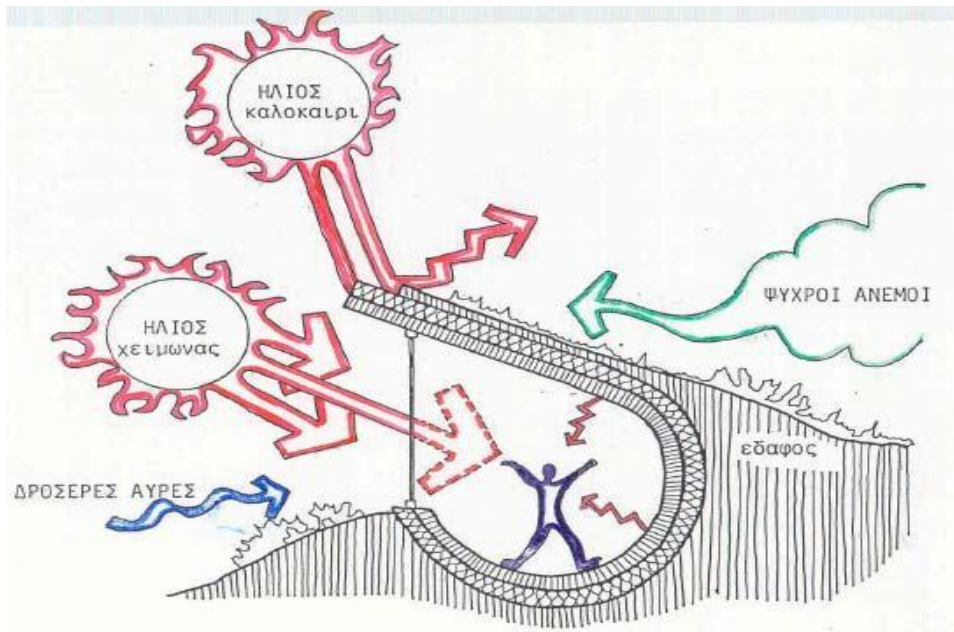
## Εισαγωγή

Είναι πλέον γνωστό και κοινά αποδεκτό στις μέρες μας, ότι η ορθή κατανάλωση ενέργειας είναι πρωταρχικής σημασίας. Τα αέρια του θερμοκηπίου, υπεύθυνα για την μόλυνση και υπερθέρμανση του πλανήτη, η αλλοίωση τη σύστασης της ατμόσφαιρας και των υδάτων, η εξάντληση των φυσικών πόρων, η διατάραξη των οικοσυστημάτων και τελικά η κλιματική αλλαγή του πλανήτη είναι τα θέματα που μας απασχολούν και καλούμαστε να τα αντιμετωπίσουμε προκειμένου να εξασφαλίσουμε ένα βιώσιμο μέλλον για τον πλανήτη. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση του ενδιαφέροντος για την εύρεση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, φιλικών προς το περιβάλλον. Ταυτόχρονα γίνεται προσπάθεια ενημέρωσης για τη σπουδαιότητα της εξοικονόμησης ενέργειας. Στο πλαίσιο της ανάγκης για εξοικονόμηση ενέργειας εντάσσεται και **ο κτηριακός τομέας ο οποίος είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας**,

τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Δεδομένου ότι το 80% των κατοίκων της Ευρώπης κατοικούν πλέον σε πόλεις, η ανάγκη για κάλυψη των απαιτήσεων σε θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης αυξάνει συνεχώς. Εκτιμάται ότι τα καύσιμα για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τα κτήρια ευθύνονται για το 50% περίπου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως του CO<sub>2</sub>. Όσον αφορά την κατανάλωση ανά χρήση, η θέρμανση των χώρων κατέχει την πρώτη θέση στις ενεργειακές απαιτήσεις, αφού απορροφάει το 72% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, παρόλο που η Ελλάδα έχει μεσογειακό κλίμα, άρα και λιγότερες απαιτήσεις σε θέρμανση το χειμώνα. Δυστυχώς, τα ποσοστά αυτά έχουν αυξητική τάση λόγω της αύξησης της χρήσης μικροσυσκευών και κλιματιστικών. Συνεπώς, η κατασκευή περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων και η χρήση μεθόδων και τεχνικών για τη αξιοποίηση φυσικών πηγών ενέργειας στα κτήρια, είναι επιτακτική ανάγκη, μπροστά στην περιβαλλοντική κρίση που ολοένα εντείνεται. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν διεξαχθεί, η εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτήρια, θα επέφερε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση κατά 50%. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, η εφαρμογή ηλιακών παθητικών συστημάτων και η επιλογή των σωστών υλικών σε ένα κτήριο, είναι οι λύσεις για την κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων.

# 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## “ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ”



Σχήμα 1.1: Απεικόνιση Βιοκλιματικού Κελύφους

### 1.1 Αρχαία Γνώση

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν είναι σύγχρονη γνώση, αλλά αρχαία. Στα **Απομνημονεύματα του ιστορικού και φιλόσοφου Ξενοφώντα**, μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι **οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού ήταν ήδη γνωστές από το Σωκράτη**. Συγκεκριμένο αναφέρει ο Ξενοφώντας για το Σωκράτη :

«...Καὶ οἱ κί ας δὲ λέγων τὰς αὐτὰς καλὰς τε εἶναι καὶ χρησίμους παιδεύειν ἔμοιγ' ἐδόκει,

οἷ ας χρή, οἷ κοδομεῖσθαι. ἐπεσκόπει δὲ ὧδε· Ἄρα γε τὸν μέλλοντα

οἷ κί αν, οἷ αν χρή, ἔχειν τοῦτο δεῖ μηχανᾶσθαι, ὅπως ἡδίστητε

ἐνδαιτᾶσθαι καὶ χρησιμωτάτη ἔσται; τούτου δὲ

ὁ μολογουμένου, Οὐκοῦν ἡδὺ μὲν θέρουσι ψυχρινὴν ἔχειν, ἡδὺ δὲ χειμῶνος ἀλεινὴν;

ἔπειδῃ δὲ καὶ τοῦτο συμφαῖεν, οὐκοῦν ἐν ταῖς πρὸς μεσημβρίαν  
βλεπούσαις οἰκίαις τοῦ μὲν χειμῶνος ὁ ἥλιος εἰς τὰς παστάδας  
ὑπολάμπει, τοῦ δὲ θέρους ὑπερῆμῶν αὐτῶν καὶ τῶν στεγῶν πορευόμενος  
σκιάν παρέχει. οὐκοῦν, εἴγε καλῶς ἔχει ταῦτα οὕτω γίγνεσθαι,

οἱ κοδομεῖν δεῖ ὑψηλότερα μὲν τὰ πρὸς μεσημβρίαν, ἵνα ὁ χειμερινὸς  
ἥλιος μὴ ἀποκλείηται,

χθαμαλότερα δὲ τὰ πρὸς ἄρκτον, ἵνα οἱ ψυχροὶ μὴ ἐμπίπτωσιν ἄνεμοι· ὡς  
δὲ συνελὸς εἰπεῖν, ὅποιπᾶσας ὥρας αὐτός τε ἄνῃ διστα καταφεύγοι καὶ τὰ  
ὄντα ἀσφαλῆστατα τιθοῖτο,

αὐτῇ ἄν εἰκότως ἡδίστητε καὶ καλλίστη οἴκησις εἴη...»

*«...Και όταν ἔλεγε ὅτι τα ἴδια σπίτια εἶναι ωραία και χρήσιμα, νομίζω ὅτι δίδασκε με  
ποιο τρόπο πρέπει αὐτά να χτίζονται. Εξέταξε τὸ θέμα ἔτσι: « Πρέπει ἀραγε, ὅποιος  
πρόκειται να ἔχει κατάλληλη οἰκία να βρεῖ τὸν τρόπο να τὴν κάνει ὅσο τὸ δυνατόν πιο  
ευχάριστη για τὴν κατοίκηση και χρήσιμη;» Και όταν αὐτὸ γινόταν παραδεκτό, συνέχιζε  
: «Εἶναι, λοιπόν, ευχάριστο να εἶναι δροσερὴ τὸ καλοκαίρι και ζεστὴ τὸ χειμῶνα;» Και  
ὅταν συμφωνούσαν και σε αὐτό, ἔλεγε: «Ὁ ἥλιος λοιπόν στα σπίτια τα στραμμένα πρὸς  
νότο λάμπει κάτω στα δωμάτια, ἐνὸς τὸ καλοκαίρι προχωρώντας πάνω ἀπὸ ἐμᾶς και  
ἀπὸ τις στέγες παρέχει σκιά. Ἐπομένως, αν αὐτά βέβαια εἶναι καλὸ να γίνονται ἔτσι, τα  
σπίτια που εἶναι στραμμένα πρὸς τὸ νότο πρέπει να χτίζονται ψηλότερα, για να μὴ μένει  
ἀπέξω ὁ χειμωνιάτικος ἥλιος, ἐνὸς ὅσα βλέπουν πρὸς βορὰ πρέπει να χτίζονται  
χαμηλότερα, για να μὴ δέρνονται ἀπὸ τὸν κρύους ἀνέμους. Με μια λέξη, τὸ σπίτι, στο  
οποῖο μπορεῖ ὁ ιδιοκτῆτης να βρεῖ πολὺ ευχάριστο καταφύγιο σε ὅλες τις εποχές και να  
τοποθετήσῃ ἀσφαλῆστατα τα υπάρχοντά του, αὐτὴ θα ἦταν και ἡ πιο ευχάριστη και  
ὀμορφη κατοικία...»*

Στόχος ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, λοιπόν, ἦταν τα σπίτια να εξασφαλίζουν μια ἀρμονικὴ  
σχέση τοῦ ἀνθρώπου με τὸ περιβάλλον. Ὁ **Ἀριστοτέλης** σημειώνει: «τα κύρια  
δωμάτια τοῦ σπιτιοῦ δεν θερμαίνονταν μόνο ἀπὸ τις ἀκτίνες τοῦ ἡλίου που περνοῦσαν  
στο ἐσωτερικὸ τοῦ ἀπὸ το χαγιάτι, ἀλλὰ ἦταν και προστατευμένα ἀπὸ τὸ βορρὰ για να  
κρατήσουν μακριὰ τὸν κρύους ἀνέμους »

## 1.2 Βασικές Αρχές Βιοκλιματισμού

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη μια σύνθεση δεδομένων που αφορούν τις κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής, την τοποθεσία, την θερμική και οπτική άνεση των ενοίκων, για το σχεδιασμό και την κατασκευή κτηρίων και χώρων αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός που έχει ως βασικά στοιχεία τα ηλιακά παθητικά συστήματα, **συμβάλλει στον περιορισμό της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων και στην ανάδειξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας** (ηλιακής ενέργειας). Στοχεύει, δηλαδή, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προσαρμογή των κτηρίων στο περιβάλλον τους.

**Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού** συνοψίζονται στα εξής:

- Εξασφάλιση ηλιασμού και μείωσης των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ώστε να αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση των χώρων .  
Εξασφάλιση ηλιοπροστασίας το καλοκαίρι προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των θερμικών κερδών, άρα και μείωση της ανάγκης για ψυκτικό φορτίο.
- Αξιοποίηση του ήλιου για φυσικό φωτισμό
- Εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων για φυσικό αερισμό και δροσισμό
- Βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτήριο
- Βελτίωση και ρύθμιση των εσωτερικών συνθηκών ενός χώρου για επίτευξη θερμικής άνεσης των ατόμων.

Συνεπώς, για να κατασκευαστεί και να λειτουργεί ένα κτήριο βιοκλιματικά, πρέπει να κατανοήσουμε πλήρως τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και να σταθμίσουμε τα κλιματικά οφέλη και τους περιορισμούς. Το κτήριο θα πρέπει να είναι ικανό να συλλέγει και να αποθηκεύει θερμότητα όταν υπάρχει ανάγκη για θέρμανση, να λειτουργεί ως φυσικός συλλέκτης δροσισμού και ως αποθήκη ψύξης, όταν χρειάζεται ψυκτικά φορτία και να δρα ως φυσικός ανανεωτής αέρα, προκειμένου να προσφέρει στους χρήστες άνετο θερμικό εσωκλίμα. Επίσης, πεδίο μελέτης της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η χρήση τοπικών δομικών υλικών μιας περιοχής, φιλικών προς το περιβάλλον μετά από μελέτη των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων τους.

**Βασικά κριτήρια** για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να είναι η απλότητα χρήσης των εφαρμογών και η αποφυγή περίπλοκων συστημάτων και τεχνικών, ώστε να είναι περιορισμένη η συμβολή του χρήστη στη λειτουργία τους, καθώς και η χρήση ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ”

**Ως θερμική άνεση, ορίζεται η κατάσταση εκείνη κατά την οποία ο εγκέφαλος εκφράζει ικανοποίηση όσον αφορά στο θερμικό περιβάλλον. Διαφορετικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι σε συνθήκες καλής θερμικής άνεσης το άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή**

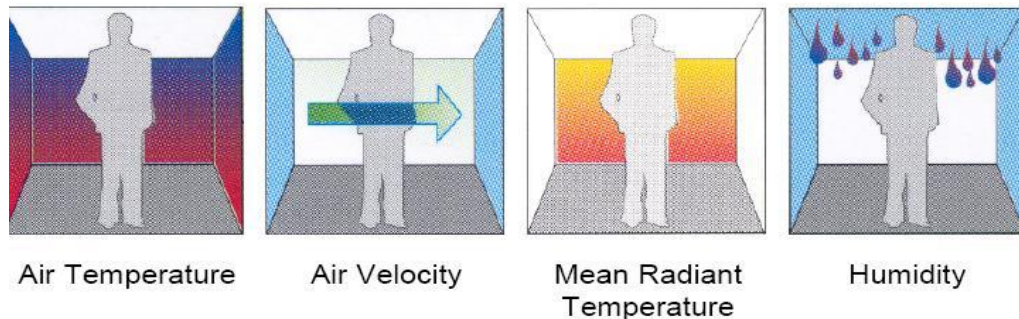
στο περιβάλλον του, διότι δεν αισθάνεται ανεπιθύμητη ζέστη, ούτε ανεπιθύμητο κρύο. Η εσωτερική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος είναι σταθερή και κάθε θερμότητα που δημιουργείται από αυτό πρέπει να αποβάλλεται. Για το λόγο αυτό, συνθήκες βέλτιστης θερμικής άνεσης έχουμε όταν η παραγωγή εσωτερικής θερμοκρασίας εξισώνεται με τις θερμικές απώλειες του σώματος. Η ισορροπία μεταξύ αυτών των παραμέτρων καθορίζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης η οποία εξαρτάται από ένα συνδυασμό φυσικών, οργανικών και

περιβαλλοντικών παραμέτρων. Εξαιτίας των διαφορών μεταξύ των ανθρώπων και την υποκειμενικότητα του συναισθήματος τη θερμικής άνεσης τα διαγράμματα και οι συνθήκες άνεσης που έχουν ορισθεί, ικανοποιούν την πλειοψηφία του πληθυσμού και μάλιστα ένα ποσοστό 80% του πληθυσμού.



*Σχήμα 2.1*

## 2.1 Παράμετροι θερμικής άνεσης



Σχήμα 2.1 Παράμετροι Θερμικής Άνεσης

### 2.1.1 Εξωτερικές Παράμετροι

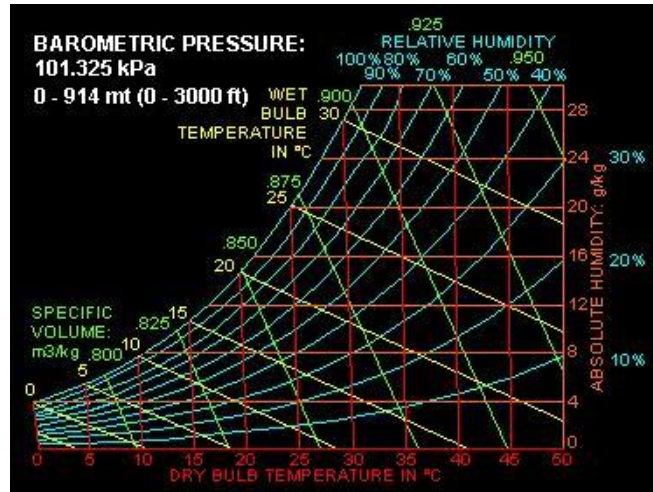
- Θερμοκρασία αέρα χώρου: Πρόκειται για τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο και είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που χάνεται από το ανθρώπινο σώμα μεταφέρεται στον αέρα. Αξιοσημείωτο είναι ότι η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του επιπέδου του πατώματος και του ταβανιού (δηλαδή η διαφορά θερμοκρασίας που αντιλαμβάνεται το άτομο μεταξύ των ποδιών και του κεφαλιού του αντίστοιχα) πρέπει να είναι μέχρι 3 °C. Η δε θερμοκρασία δαπέδου συνίσταται να κυμαίνεται μεταξύ 19-29 °C.
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών : Αναφέρεται στην θερμότητα που ακτινοβολείται από τις θερμές επιφάνειες του εσωτερικού χώρου. Είναι πολύ σημαντική παράμετρος, διότι επηρεάζει τη θερμότητα που χάνεται με ακτινοβολία και με αγωγιμότητα (σε περίπτωση επαφής) από το σώμα προς τις επιφάνειες. Το δέρμα απορροφά μεγάλα ποσά από αυτή τη θερμότητα, πράγμα που μπορεί, ωστόσο, να μειωθεί λόγω της ανακλαστικότητας των ρούχων. Ένα καλά μονωμένο κτήριο εξασφαλίζει θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πολύ κοντά στη θερμοκρασία χώρου, περιορίζοντας έτσι τις απώλειες της ακτινοβολουμένης θερμότητας, με αποτέλεσμα την επίτευξη καλύτερης θερμικής άνεσης.



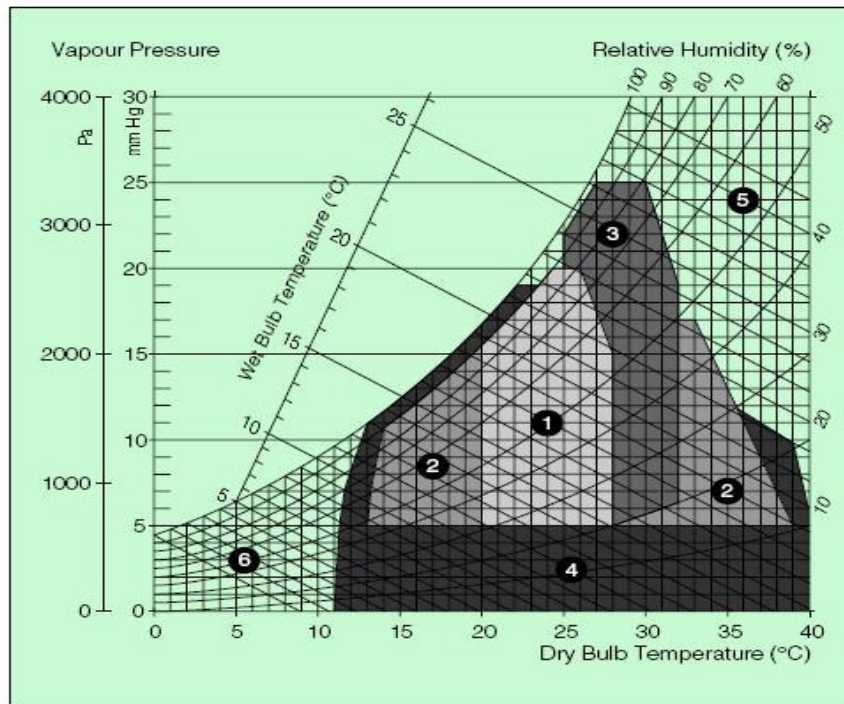
- Ταχύτητα αέρα: Μέσα στα κτήρια, οι ταχύτητες του αέρα είναι μικρότερες από 0.2 m/s. Η σχετική όμως ταχύτητα του αέρα που οφείλεται στη δραστηριότητα του ατόμου ποικίλει από 0-0,1 για δουλειά γραφείου, έως 0.5-2 m/s, για πιο έντονες δραστηριότητες.
- Σχετική υγρασία: Όταν το νερό θερμαίνεται και εξατμίζεται στο περιβάλλοντα χώρο, παρέχει ως αποτέλεσμα υγρασία στον αέρα του χώρου. Σχετική υγρασία είναι ο λόγος του ποσού της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε, αν ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Σχετική υγρασία ποσοστού 40% έως 70%, δεν έχει ιδιαίτερη επίδραση στη θερμική άνεση. Σε κάθε περίπτωση, η σχετική υγρασία πρέπει να είναι πάνω από 20% ώστε να εμποδίζεται η αποξήρανση των βλεννογόνων και κάτω από 80% για την αποφυγή σχηματισμού μούχλας στο κτήριο

Πίνακας 2.1 Σχέση θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας για θερμική άνεση

ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΩΡΟΥ (°C)
Καλοκαίρι (ελαφριά ένδυση)	30%	24,5-28
	60%	23-25,5
Χειμώνας (ζεστός ρουχισμός)	30%	20,5-25,5
	60%	20-24



Σχήμα 2.2 Ψυχομετρικό Διάγραμμα



Σχήμα 2.3 Ένδειξης θερμικής άνεσης σε συνθήκες εσωτερικού χώρου. 1. Ζώνη Θερμικής Άνεσης, 2. Ζώνη εφαρμογής παθητικών συστημάτων θέρμανσης 3. Ζώνη Ανάγκης Αερισμού, 4. Ζώνη επίδρασης στους χρήστες 5. Ζώνη ανάγκης μηχανικής ψύξης, 6. Ζώνη Ανάγκης Θέρμανσης

### 2.1.2 Ατομικές-Προσωπικές Παράμετροι

- Μεταβολισμός: Περιγράφει τη θερμότητα που παράγεται στο σώμα μας, ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων. Όσο μεγαλύτερη είναι η φυσική δραστηριότητα του ατόμου, τόσο μεγαλύτερη θερμότητα παράγεται και τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη να αποβάλει αυτή τη θερμότητα για να μην υπερθερμανθεί το σώμα. Σκοπός είναι να διατηρείται το σώμα σε μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία 36.7 °C. Ωστόσο, η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος. Συνεπώς, οι αντιδράσεις μεταβολισμού συμβαίνουν συνεχώς για να αντισταθμίσουν την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον.
  - Ένδυση: Παρεμβαίνει στην ιδιότητα μας να αποβάλλουμε θερμότητα προς το περιβάλλον, για αυτό είναι πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική άνεση. Η θερμική αντίσταση στην ανταλλαγή θερμότητας, μεταξύ της επιφάνειας του δέρματος και της γύρω ατμόσφαιρας, που οφείλεται στο ρουχισμό, μετριέται σε clo, όπου  $1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2 \text{ K/watt}$ .
  - Θερμοκρασία Δέρματος: Είναι συνάρτηση του μεταβολισμού, της ένδυσης, της θερμοκρασίας χώρου και άλλων παραγόντων και σε αντίθεση με την εσωτερική θερμοκρασία σώματος, αυτή δεν είναι σταθερή .

## 2.2 Εξίσωση Θερμικής Ισορροπίας

Η θερμική άνεση μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς των παραπάνω παραμέτρων. Το ζητούμενο είναι να υπάρχει πάντα μια **θερμική ισορροπία** του σώματος, όπως μπορεί να περιγραφεί από την εξίσωση :

$$M - W = R + C + E + L + K + S \quad (2.1)$$

Όπου:

$$\text{Ρυθμός Παραγωγή Θερμότητας} = M - W$$

**M**, είναι ο συνολικός ρυθμός παραγωγής θερμότητας που οφείλεται στο ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου (**1 litre O<sub>2</sub> = 5 kcal = 20.000 joules**)

**W**, ο ρυθμός παραγωγής μηχανικού έργου που παράγεται από το ανθρώπινο σώμα

$$\text{Ρυθμός Απωλειών Θερμότητας} = R + C + E + L + K + S$$

**R**, ακτινοβολία θερμότητας μεταξύ του δέρματος ή της επιφάνειας ρουχισμού και των περιβάλλοντων επιφανειών ( π.χ. τοίχοι ). Σε κατάσταση ξεκούρασης και σε θερμοκρασία χώρου 21 °C, το 60% των θερμικών απωλειών από το σώμα οφείλεται στη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία.

**C**, απώλεια θερμότητας δια συναγωγής (ο αέρας κοντά στο σώμα απορροφάει θερμότητα), που σε κατάσταση ξεκούρασης του ατόμου συμβάλλει κατά 18% στις συνολικές απώλειες θερμότητας **E**, πρόκειται για τις απώλειες θερμότητας από το σώμα λόγω εξάτμισης του νερού δια μέσου των εξωτερικών στρωμάτων της επιδερμίδας ή εξάτμισης του ιδρώτα που βρίσκεται στην επιφάνεια της επιδερμίδας **L**, αναφέρεται στην θέρμανση και ύγρανση του αέρα που εισπνέεται και έπειτα εκπνέεται **K**, απώλεια θερμότητας με συναγωγή, μέσω της αμέσου επαφής του δέρματος με τις επιφάνειες ( π.χ. όταν κάθεται κανείς σε κρύα επιφάνεια ). Σε κατάσταση ξεκούρασης του ατόμου και σε θερμοκρασία χώρου 21 °C ο παράγοντας αυτός είναι υπεύθυνος για το 3% των συνολικών απωλειών

**S**, ο ρυθμός αποθήκευσης της θερμότητας στο σώμα. Ιδανικά, όταν υπάρχει θερμική ισορροπία, ο παράγοντας αυτός πρέπει να λαμβάνει την τιμή μηδέν (0), δηλαδή:

$$\text{Ρυθμός Παραγωγή Θερμότητας} = \text{Ρυθμός Απωλειών Θερμότητας Χωρίς Αποθήκευση}$$

**Άλλη έκφραση της θερμικής ισορροπίας**, παρόμοια με την προαναφερθείσα είναι η εξής:

$$M - W = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) + (S_{sk} + S_{cr}) \quad (2.2)$$

Όπου:

**C+R**, είναι οι απώλειες θερμότητας από το δέρμα λόγω συναγωγής και

ακτινοβολίας **E<sub>sk</sub>**, πρόκειται για τις απώλειες θερμότητας από το δέρμα λόγω εξάτμισης

**C<sub>res</sub>**, απώλειες θερμότητας λόγω συναγωγή κατά την αναπνοή

**E<sub>res</sub>**, είναι οι απώλειες θερμότητας λόγω εξάτμισης κατά την διαδικασία της αναπνοής **S<sub>sk</sub>**, είναι η αποθήκευση θερμότητας στο δέρμα

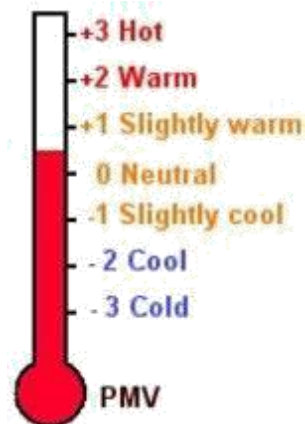
**Scr**, η αποθήκευση θερμότητας στο εσωτερικό του σώματος

### 2.3 Δείκτες θερμικής άνεσης: PMV, PDD

Ο επικρατέστερος τρόπος συσχέτισης μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού συναισθήματος είναι η θεωρία του **PMV** (Predicted Mean Vote-Δείκτης Μέσης Ψήφου) και του **PDD** (Predicted Percent of Dissatisfied Persons-Εκατοστιαίο Ποσοστό Δυσανεστημένων Ατόμων).

Το **PMV** είναι μια μαθηματική σχέση που συνδέει τα επίπεδα δραστηριότητας, ρουχισμού και περιβαλλοντικών παραμέτρων. Ο προσδιορισμός του έγινε μετά από ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων. Η κλίμακα που έχει συνταχθεί είναι από

-3 (αίσθηση κρύου) έως +3 (ζέστη).



Σχήμα 2.4 Κλίμακα προσδιορισμού  
PMV

**Μαθηματικά** μπορεί να εκφρασθεί με την παρακάτω εξίσωση:

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028)L \quad (2.3)$$

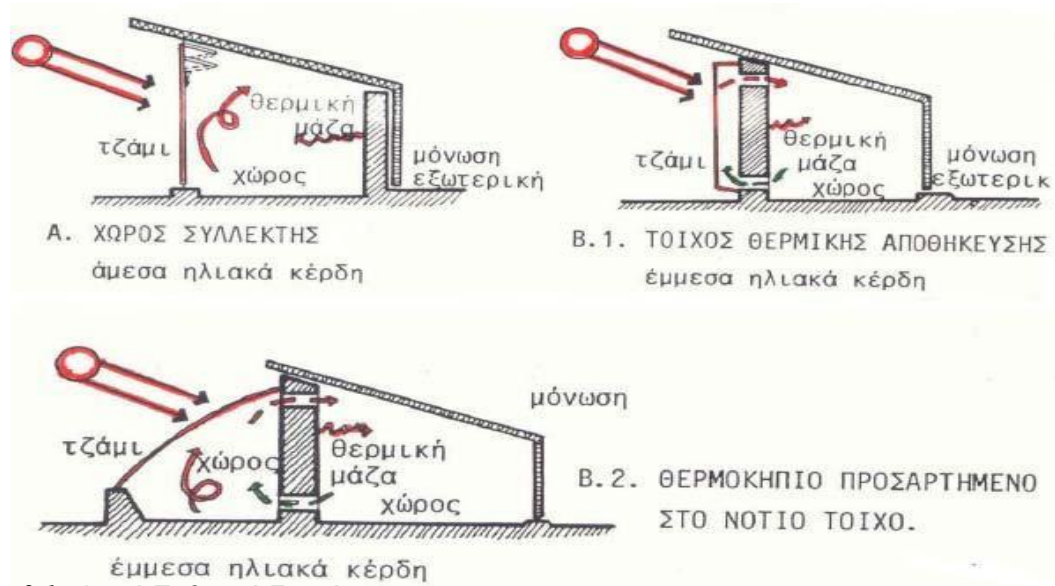
όπου **M** είναι ο Μεταβολικός Ρυθμός και **L** το θερμικό φορτίο που ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της εσωτερικής παραγωγής θερμότητας και των απωλειών προς το περιβάλλον. Για συνθήκες ικανοποιητικής θερμικής άνεσης, συνίσταται οι δείκτες **PMV** και **PDD**, να κυμαίνονται μεταξύ των ακόλουθων ορίων:

$$-0.5 < PMV < 0.5$$

$$PDD < 10\%$$

### 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

## “ ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ”



Σχήμα 3.1 Ηλιακά Παθητικά Συστήματα

Πρόκειται για συστήματα που παρέχουν στο κτήριο θέρμανση και δροσισμό από την εκμετάλλευση των φυσικών πηγών ενέργειας, καθώς και των στοιχείων απορρόφησης ενέργεια. Καθημερινά, η γη δέχεται από τον ήλιο μια εντυπωσιακή ποσότητα θερμότητας που αποβάλλεται προς τον ουρανό κυρίως μέσω της νυχτερινής επανακτινοβολίας. Για την επίτευξη μιας ικανοποιητικής **θερμικής άνεσης** μέσα σε ένα κτήριο, με ταυτόχρονο περιορισμό της χρήση συμβατικών πηγών, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε πηγές φυσικής ενέργειας (ηλιακή ακτινοβολία, εξωτερικός αέρας, εσωτερικά κέρδη), καθώς και κατάλληλα στοιχεία απορρόφησης (όπως είναι ο ουρανός, ο εξωτερικός αέρας, οι υγρές επιφάνειες και η βλάστηση). Η θερμική εκμετάλλευση στα παθητικά κτήρια γίνεται, εκτός από τον τρόπο του σχεδιασμού του, την τοποθέτηση, προσανατολισμό, τη μορφή του, κλπ. με τη χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων τα οποία συγκεντρώνουν, αποθηκεύουν, μεταδίδουν, και διαχέουν θερμότητα ,και αποτελούν μέρη των αρχιτεκτονικών στοιχείων. Σε γενικές γραμμές, τα αρχιτεκτονικά και δομικά στοιχεία που ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου είναι:

- Τα γυάλινα ανοίγματα και ο εξοπλισμός τους
- Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης που λειτουργούν ως συλλέκτες θερμότητας

- Τα προσαρτημένα θερμοκήπια
- Οι προσαρτημένες ηλιακές καμινάδες
- Η εφαρμογή κατάλληλης γεωμετρίας σκιάστρων
- Η δημιουργία ενεργειακής σκεπής
- Η διαμόρφωση του εξωτερικού περιβάλλοντος χώρου (βλάστηση)

Όταν σε ένα κτήριο η ροή της θερμότητας γίνεται, λοιπόν, με φυσικό τρόπο, δηλαδή μέσω αγωγής, μεταφοράς και ακτινοβολίας και η ηλιακή ενέργεια συνεισφέρει πάνω από το μισό της ολικής εξωτερικής ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση, το κτήριο θεωρείται σαν

#### **ηλιακή παθητική κατασκευή.**

Τα παθητικά συστήματα συνεισφέρουν θετικά στις θερμικές απαιτήσεις του κτηρίου σε ψυχρό καιρό, ενώ σε θερμές περιόδους, αποτρέπουν τη διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα και περιορίζουν τα εσωτερικά κέρδη, ώστε να εξασφαλίζουν αποδεκτές θερμικές καταστάσεις για τους ενοίκους. Ανάλογα με τον **τρόπο λειτουργίας τους από θερμική άποψη**, χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

#### **A. Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους:**

- Κατάλληλη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), σε συνδυασμό με συστήματα θερμικής προστασίας (θερμομόνωση κελύφους, διπλοί υαλοπίνακες) και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία για τους καλοκαιρινούς μήνες
- Κατάλληλα προσανατολισμένα ανοίγματα

#### **B. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους:**

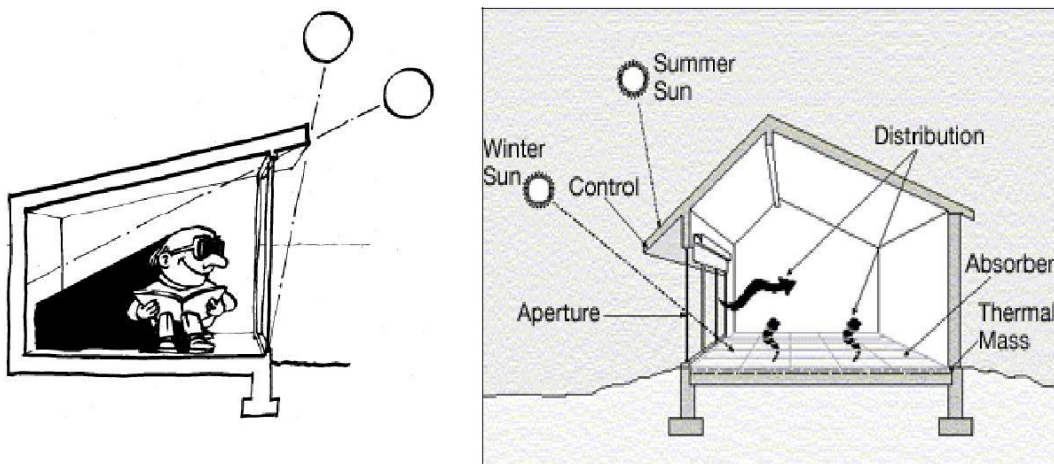
- Ηλιακοί τοίχοι οι οποίοι αποτελούνται από τοιχοποιία συνδυαζόμενη με υαλοστάσιο που τοποθετείται εξωτερικά Μπορεί να πρόκειται για αμόνωτο τοίχο-τοίχος ηλιακής συλλογής και θερμικής αποθήκευσης- ή θερμομονωμένο τοίχο με θυρίδες-θερμοσιφωνικό πανέλο. Στην κατηγορία αυτή είναι:
  - Τοίχοι μάζας Trombe
  - Τοίχος Barra Constantini
  - Τοίχοι νερού



- Θερμοσιφωνικό πάνελο
- Οροφή νερού
- Στα συστήματα αυτά ανήκουν και οι χώροι θερμικής αποθήκευσης:
- Θερμοκήπια, προσαρτημένα στη νότια όψη του κτηρίου
- Ηλιακάαίθρια

**Γ. Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους**, όπου η συλλέκτρια επιφάνεια της ηλιακής ενέργειας, διαχωρίζεται από το χώρο της θερμικής αποθήκευσης. Πρόκειται για μικτά συστήματα που ονομάζονται υβριδικά και βασίζονται στη φυσική ροή κάποιου ρευστού (π.χ. του αέρα). Σε αυτά τα συστήματα, χρησιμοποιούνται κάποια απλά μηχανικά μέσα για την μεταφορά της θερμότητας (π.χ. ανεμιστήρες).

### 3.1 Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους



Σχήμα 3.2 Συστήματα άμεσου κέρδους

#### 3.1.1 Θερμική Μάζα

**Το σύνολο των δομικών στοιχείων και υλικών ενός κτηρίου που έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν θερμότητα, αποτελεί τη θερμική μάζα του κτηρίου.**

Η μάζα αυτή όταν αξιοποιηθεί σωστά μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των απαιτήσεων σε θέρμανση και κλιματισμό και να έχει ευεργετική επίδραση τόσο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (ψύξη),

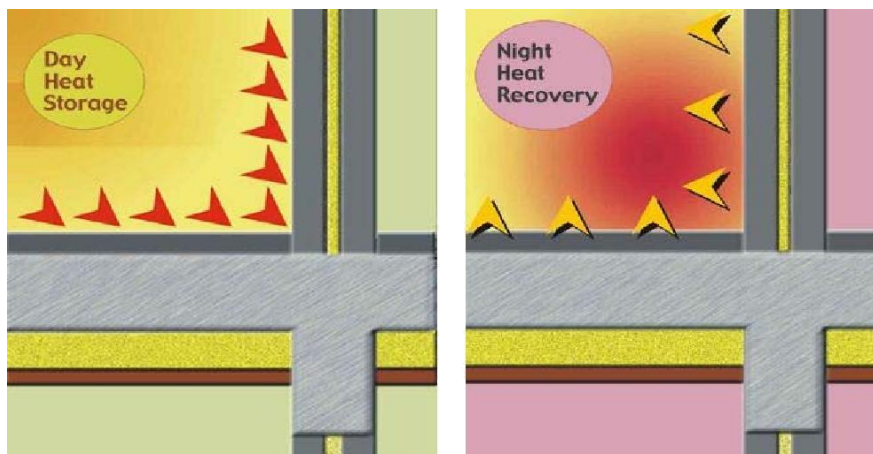
όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο (θέρμανση). **Ιδανικά υλικά** για τη συγκρότηση της θερμικής μάζας ενός κτηρίου είναι **υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας**, δηλαδή ικανά να αποθηκεύουν θερμότητα σε μεγάλο βαθμό. Τέτοια υλικά είναι συμπαγή, πυκνά υλικά, όπως είναι η πέτρα και οι φυσικοί λίθοι γενικότερα, το τούβλο, το μπετόν, κεραμικές πλάκες κ.α., τα οποία επιλέγονται παραδοσιακά για τα μέρη του κτηρίου όπου απαιτείται καλή θερμική αποθήκευση. Έχουν την ιδιότητα να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας, χωρίς να γίνονται τα ίδια ιδιαίτερα θερμά και να την αποβάλλουν όταν το περιβάλλον γίνει ψυχρότερο. Με άλλα λόγια, λειτουργούν ως μέσα αποθήκευσης θερμότητας και κρύου με το να θερμαίνονται, αλλά και να αποβάλλουν θερμότητα σχετικά αργά. Το ξύλο, για παράδειγμα είναι ελαφρύ υλικό και έχει μικρή ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας

*Πίνακας 3.1 Θερμοχωρητικότητες Υλικών*

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (KJ/m <sup>3</sup> °C)
ΜΠΕΤΟΝ	1680-2500
ΠΕΤΡΑ	1596
ΤΟΥΒΛΟ	1200
ΝΕΡΟ	4212
ΞΥΛΟ	528-820

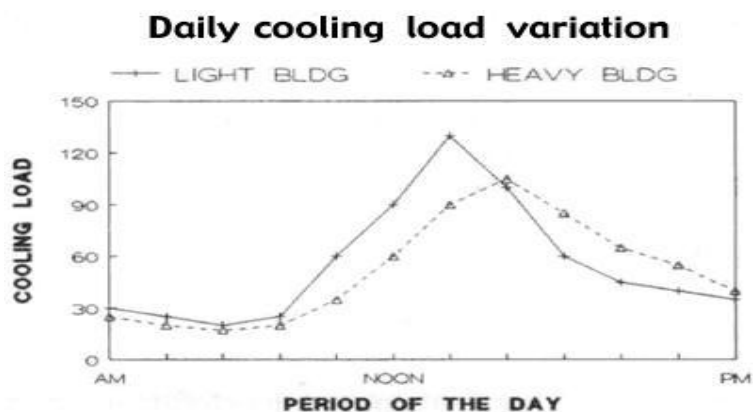
Η σωστή χρήση τα μάζας ενός κτηρίου εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες και τις αντίστοιχες ανάγκες σε κλιματισμό και θέρμανση. Η ηλιακή ενέργεια αφού εισέλθει στο κτήριο προς το εσωτερικό του (με άμεσο –ανοίγματα- ή έμμεσο τρόπο), παγιδεύεται και μεταφέρεται στα δομικά υλικά.

**Κατά το χειμώνα**, η περίσσεια ηλιακή ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του κτηρίου τις ώρες της ημέρας. Τη νύχτα που η θερμοκρασία πέφτει, η αποθηκευμένη αυτή θερμότητα απελευθερώνεται σταδιακά προς τον εσωτερικό χώρο, μειώνοντας τις ανάγκες σε βοηθητική θέρμανση. Χαλιά και άλλες επικαλύψεις του δαπέδου, έπιπλα ή άλλα υλικά ελαφριάς κατασκευής εξουδετερώνουν τη θερμική μάζα του κτηρίου, γι' αυτό συνιστάται τα σημεία άμεσης πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να μην καλύπτονται το χειμώνα.



Σχήμα 3.3 : Λειτουργία Θερμικής Μάζας

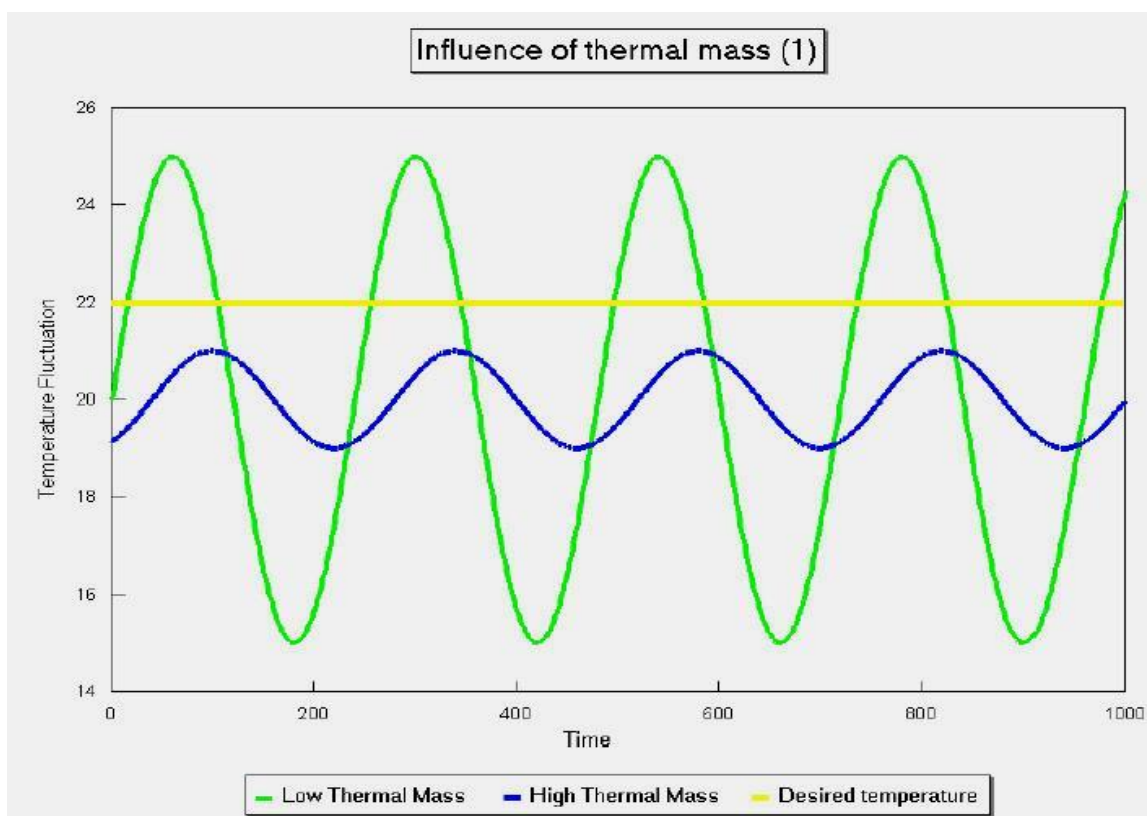
**Τη διάρκεια του θέρους**, η λειτουργία της θερμικής μάζας συνίσταται στο να καθυστερεί τη ροή θερμότητας από το εξωτερικό στο εσωτερικό του κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας, που υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Η θερμότητα αποθηκεύεται, δηλαδή, στους τοίχους, τα πατώματα και τις οροφές λόγω του ημερήσιου ηλιασμού και τη νύχτα με εφαρμογή κατάλληλου εξαερισμού (άνοιγμα παραθύρων) αποβάλλεται προς τον εξωτερικό χώρο. Κατά αυτόν τον τρόπο, το επόμενο πρωινό, έχει εξασφαλισθεί χαμηλή θερμοκρασία για το χώρο ο οποίος πρόκειται να συσσωρεύσει εκ νέου θερμότητα. Το καλοκαίρι, λοιπόν, η διαδικασία αυτή παρέχει μια εξασθένηση των μέγιστων εσωτερικών θερμοκρασιών, με το να μεταθέτει την αποφόρτιση της θερμότητας αργότερα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη. Για καλύτερη απόδοση και αποφυγή της υπερθέρμανσης βεβαίως, είναι απαραίτητος ο κατάλληλος σκιασμός των ανοιγμάτων, ώστε να μειώνεται όσο είναι δυνατόν η ηλιακή ενέργεια που εισρέει στο κτήριο.



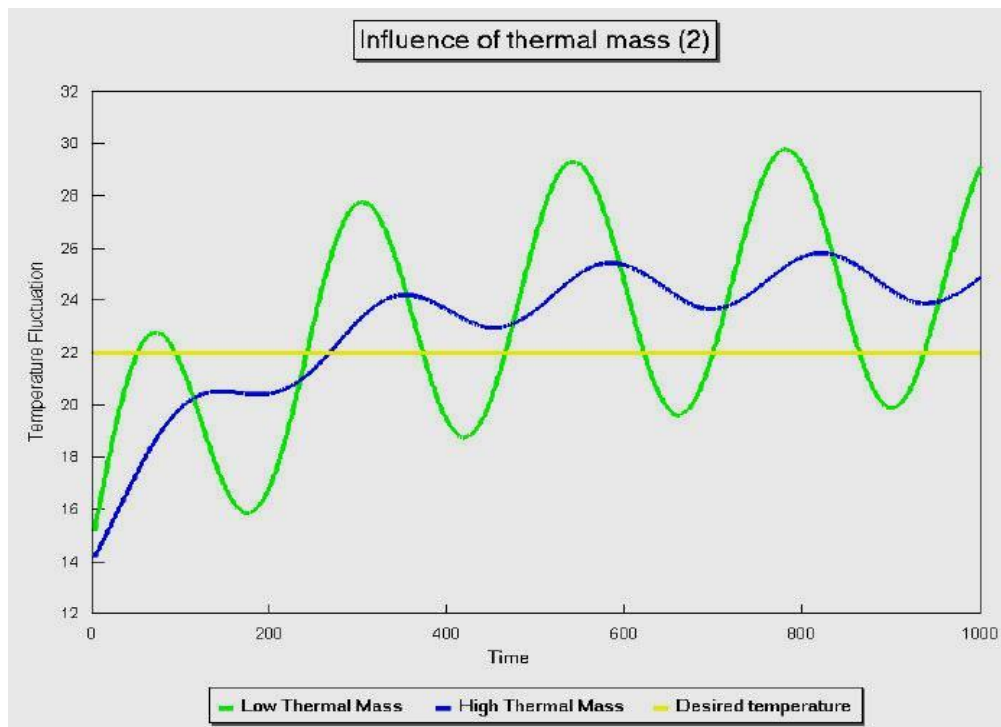
Σχήμα 3.3 : Διακύμανση του ψυκτικού φορτίου κατά τη διάρκεια της ημέρας για μικρή και μεγάλη θερμική μάζα

Η χρήση της θερμικής μάζας σε μεγάλη κλίμακα είναι κατάλληλη ιδιαίτερα σε ζεστά κλίματα, όπως είναι η έρημος και οι τροπικές ζώνες. Σε εύκρατα κλίματα, οι πολύ μεγάλης κλίμακας εφαρμογές (π.χ. αρκετά παχύ στρώμα τοιχοποιίας από βαριά υλικά), μπορεί να καταστήσει δύσκολη την ψύξη ή τη θέρμανση ενός σπιτιού.

Η διαδικασία θερμικής φόρτισης και αποφόρτισης της θερμικής μάζας οφείλεται στη θερμοδυναμική αρχή που επιβάλλει τη ροή θερμότητας από τα θερμότερα στα ψυχρότερα. Σε κάθε περίπτωση, **η θερμική μάζα πρέπει να συνδυάζεται με επαρκή μόνωση** του εξωτερικού κελύφους του κτηρίου. Θερμική μάζα που δεν συνδυάζεται με θερμομόνωση, μειώνει κατά πολύ τα πιθανά θερμικά κέρδη κατά το χειμώνα. Πέρα από τη χρήση δομικών υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας, για την αύξηση της θερμικής μάζας ενός κτηρίου χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα όπως οι ηλιακοί τοίχοι, οι ηλιακές λίμνες, καθώς και υλικά αλλαγής φάσης που θα μελετηθούν παρακάτω.



Σχήμα 3.4 : Επίδραση της θερμικής μάζας



Σχήμα 3.5 : Επίδραση της θερμικής μάζας

### Χρονική Υστέρηση

Η χρονική υστέρηση (time lag) που μεσολαβεί από τη στιγμή της μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας μέχρι τη στιγμή που μεγιστοποιείται η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία, εκφράζεται σε ώρες και εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα των υλικών. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοχωρητικότητα και το πάχος ενός υλικού, τόσο αργότερα γίνεται η ροή της θερμότητας.

Προσδιορίζεται από τους ακόλουθους τύπους:

$$\varphi = \rho c L^2 / k \quad (2.1)$$

όπου είναι:

$\varphi$ , η χρονική υστέρηση ( s)

$\rho$ , η πυκνότητα του υλικού ( $\text{kg/m}^3$ )

$c$ , η ειδική θερμότητα –ειδική θερμοχωρητικότητα ( $\text{kJ/kgK}$ )

$L$ , το πάχος του υλικού (m)

$k$ , η ειδική θερμική αγωγιμότητα του υλικού ( $\text{W/mK}$ )

Επίσης, εκφράζεται από τον τύπο:

$$\varphi = L^2 / \quad (3.2)$$

Όπου είναι:

$\varphi$ , η χρονική υστέρηση ( s )

$\alpha = k/\rho C$ , η θερμοκρασιακή αγωγιμότητα, ή θερμική διαχυτότητα του υλικού ( $m^2/s$ ),

όπου:  $k$ , η θερμική αγωγιμότητα ( $W/mK$ )

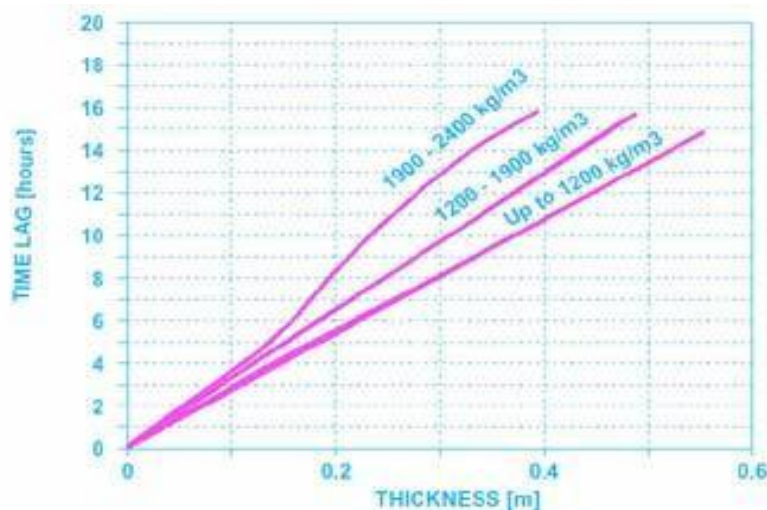
$\rho$ , η πυκνότητα ( $kg/m^3$ )

$c$ , η ειδική θερμοχωρητικότητα ( $J/kgK$ )

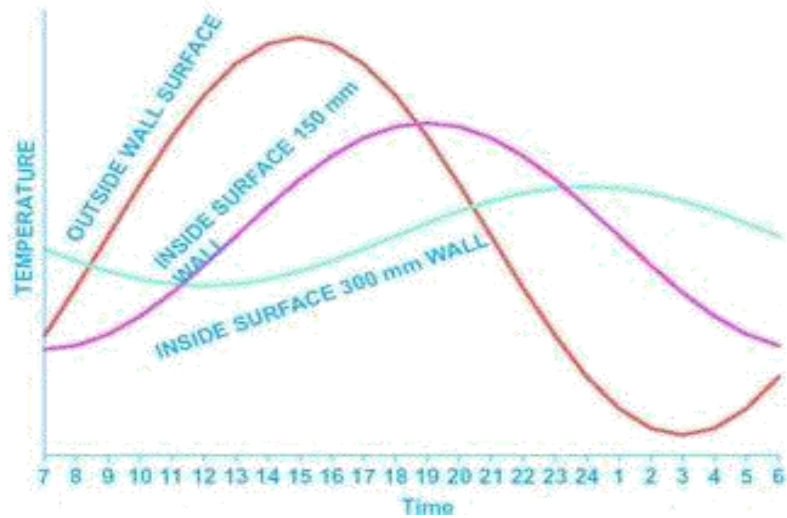
Η φυσική σημασία της θερμοκρασιακής αγωγιμότητας  $\alpha$  συνδέεται με τη μεταφορά θερμότητας σε ένα σώμα ,όταν η θερμοκρασία του μεταβάλλεται με το χρόνο, δηλαδή όσο υψηλότερη είναι η τιμή της θερμοκρασιακής αγωγιμότητας ,τόσο ταχύτερα διαχέεται η θερμότητα στο υλικό

Πίνακας 3.2

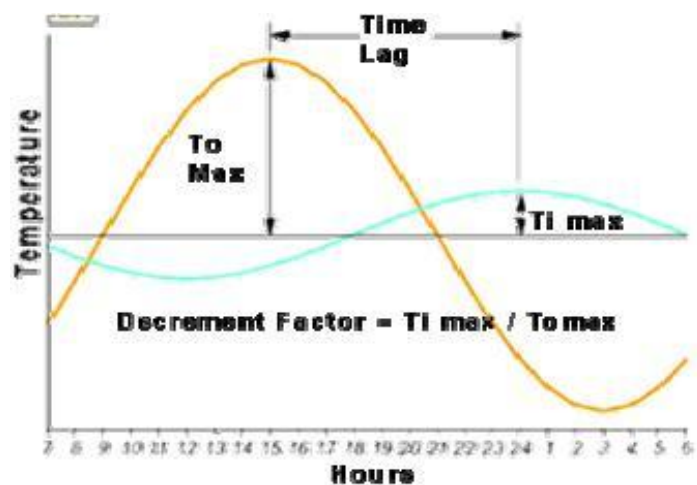
Υλικό	$\alpha$ ( $10^6 * m^2/s$ )	Χρόνος
ΑΡΓΥΡΟΣ	170	9,5(min)
ΧΑΛΚΟΣ	103	16,5(min)
ΓΥΑΛΙ	0,59	2 (ημέρες)



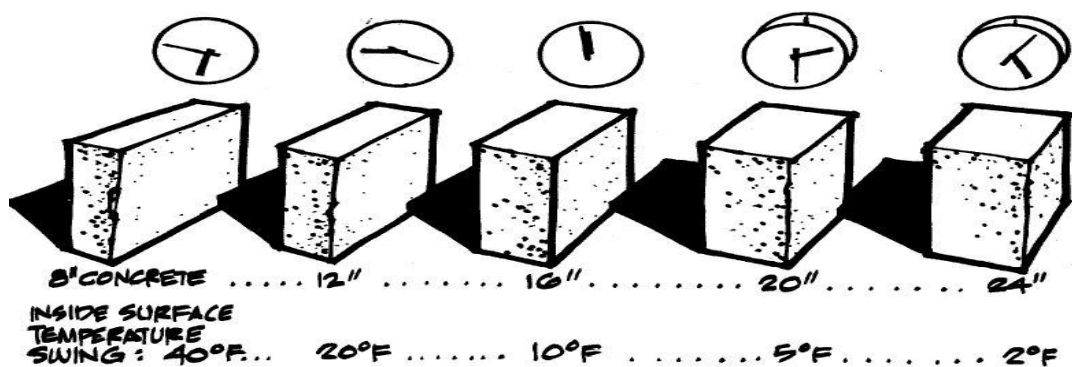
Σχήμα 3.6 Χρονική Υστέρηση (time lag) σε σχέση με το πάχος του υλικού και την πυκνότητα



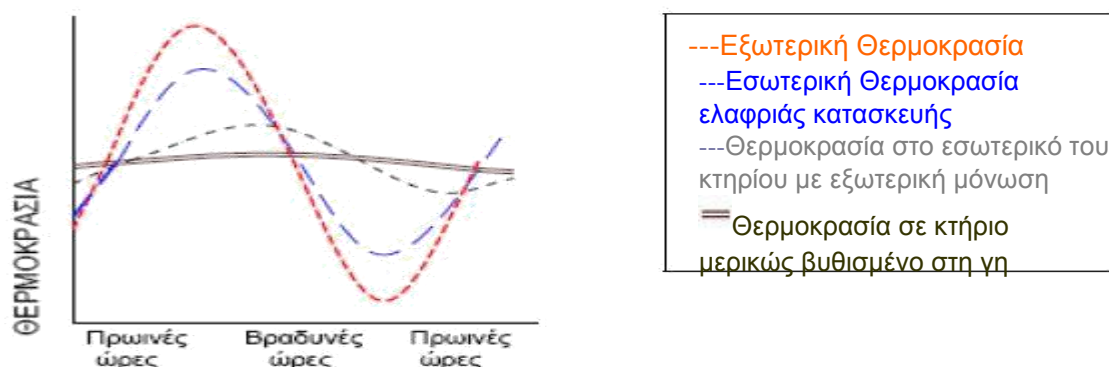
Σχήμα 3.7 Διακύμανση της θερμοκρασίας του τοίχου, λόγω χρονικής υστέρησης.



Σχήμα 3.8 Χρονική Υστέρηση. Ο παράγων μείωσης είναι ίσος με  $T_{i\max}/T_{o\max}$



Σχήμα 3.9 Χρονική Υστέρηση



Σχήμα 3.10 Διακύμανση της θερμοκρασίας κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας

### Θερμική Αντίσταση (R-Value)

Η ροή της θερμότητας δια μέσου του κελύφους ενός κτηρίου εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας, που πρόκειται για εξωτερικό παράγοντα και την αγωγιμότητα και το πάχος των υλικών, που είναι ιδιότητες των υλικών. Οι παράμετροι αυτοί συνιστούν τη θερμική αντίσταση του κελύφους που ορίζεται ως :

$$R = l/k \quad (3.3)$$

Όπου:

**R** ( $m^2K/W$ ), είναι η θερμική αντίσταση ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού, **l** (**m**) το πάχος του υλικού και **k** (**W/mK**) η θερμική αγωγιμότητα του.

Η **συνολική θερμική αντίσταση** του κελύφους που συγκροτείται από στρώματα διαφορετικών υλικών υπολογίζεται ως εξής:

$$R_t = R_{so} + \sum R_n + R_{si} \quad (3.4)$$

Όπου:

**R<sub>t</sub>**, η συνολική θερμική αντίσταση του στοιχείου του κελύφους ( $m^2K/W$ )

**R<sub>n</sub>**, είναι η θερμική αντίσταση του νιοστού στρώματος, ίση με **R<sub>n</sub>=l<sub>n</sub>/k<sub>n</sub>**, όπου **l<sub>n</sub>** το πάχος του νιοστού υλικού (**m**) και **k<sub>n</sub>** η θερμική αγωγιμότητα του (**W/mK**)

**R<sub>so</sub>** και **R<sub>si</sub>**, οι αντιστάσεις της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας του προς μελέτη στοιχείου αντίστοιχα ( $m^2K/W$ )

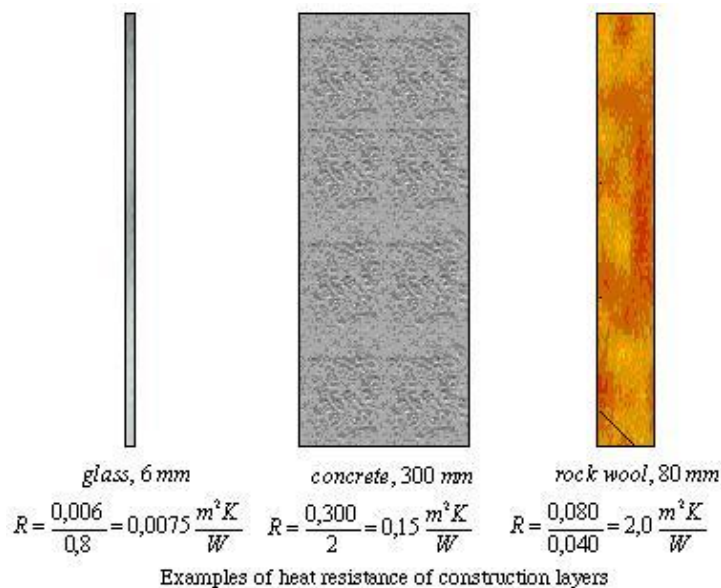
Η θερμική αντίσταση συνήθως συμβολίζεται με «R» (**R-Value**) και είναι η θερμική αντίσταση υλικού εμβαδού **1 m<sup>2</sup>**, σε διαφορά θερμοκρασίας **1 K**. Κατά αυτόν τον τρόπο, γνωρίζοντας τη τιμή της θερμικής αντίστασης «R» ( $m^2K/Watt$ ), το εμβαδό του υλικού και τη θερμοκρασιακή διαφορά, μπορούμε να βρούμε τη ροή θερμότητας δια μέσου του



υλικού.

**Εύλογο είναι το ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της θερμικής αντίστασης, τόσο καλύτερη μόνωση παρέχει το υλικό, άρα τόσο λιγότερες είναι οι θερμικές απώλειες.**

Για παράδειγμα, 100 m<sup>2</sup> υλικού αντίστασης R = 2.4, που εκτίθεται σε διαφορά θερμοκρασίας 20K, θα αφήσει να περάσει θερμότητα 833 Watts.



Σχήμα 3.11 Παραδείγματα θερμικής αντίστασης στρωμάτων της τοιχοποιίας

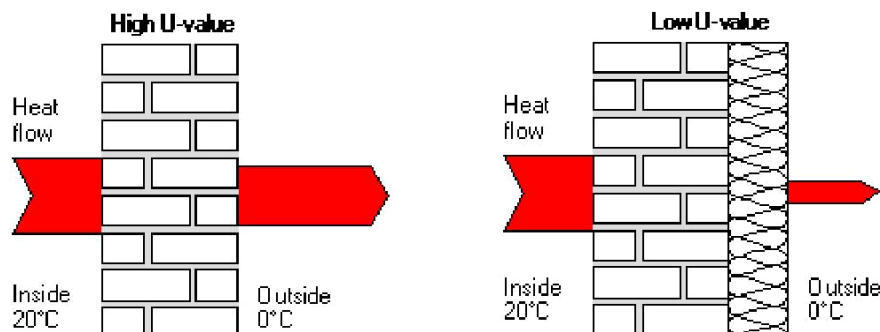
### Συντελεστής θερμοπερατότητας (U value)

Ένας άλλος τρόπος για να εξετάσει κανείς τη θερμική συμπεριφορά ενός κτηρίου είναι να μετρήσει την ικανότητα του να μεταδίδει θερμότητα, πράγμα που εξετάζεται με τον παράγοντα U («U value»). Μαθηματικά ισχύει ότι:

$$U = 1/R_t \quad (3.5)$$

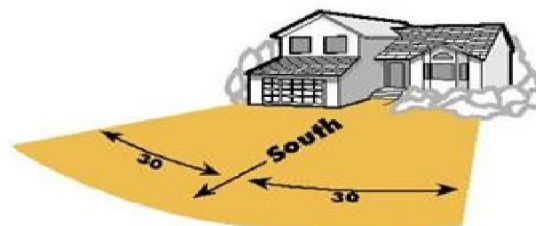
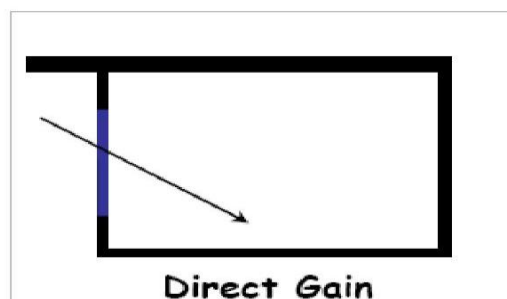
Είναι δηλαδή, το αντίστροφο της θερμικής αντίστασης. **Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του, τόσο μικρότερη είναι η μετάδοση θερμότητας, άρα τόσο χαμηλότερες είναι και οι θερμικές απώλειες.** Ορίζεται ως ο ρυθμός που μεταδίδεται η θερμότητα από ένα υλικό ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα θερμοκρασιακής διαφοράς στις δυο πλευρές του υλικού

$$(W m^{-2} K^{-1}) \quad (3.6)$$



Σχήμα 3.12 Συντελεστής Θερμοπερατότητας

### 3.1.2 Ανοίγματα

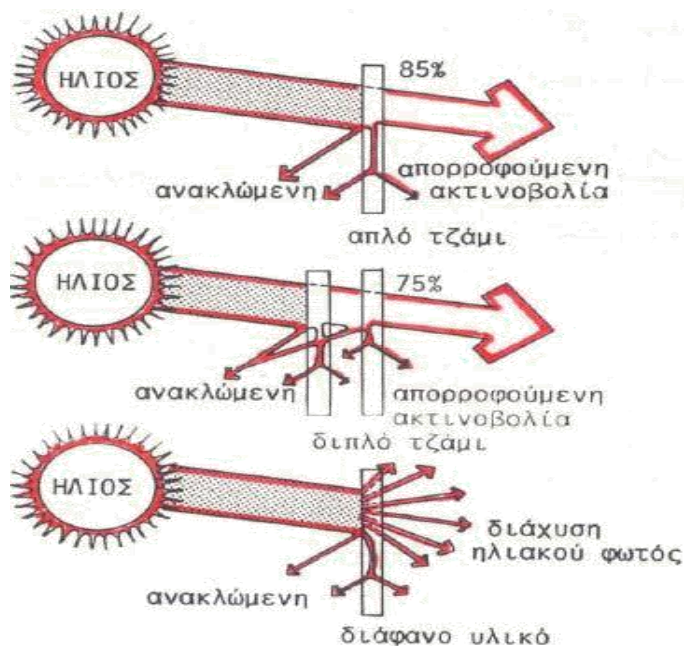


Σχήμα 3.13 Άμεσα ηλιακά κέρδη μέσω ανοιγμάτων

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει σε μια διαφανή ή ημιδιαφανή επιφάνεια ενός κτηρίου, ένα μέρος της ανακλάται, ένα άλλο τμήμα της απορροφάται από την επιφάνεια και τελικά το υπόλοιπο μεταδίδεται άμεσα. Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται επανεκπέμπεται προς το εσωτερικό, είτε με ακτινοβολία, είτε με μεταφορά. Τα ηλιακά κέρδη εξαρτώνται από το υλικό με το οποίο είναι φτιαγμένο το στοιχείο, από την επιφάνεια του, τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών και φυσικά από τη διαθέσιμη ακτινοβολία που σχετίζεται με τον προσανατολισμό, την τοπογραφία του κτηρίου και την υπάρχουσα σκίαση.

Με βάση αυτές τις αρχές, ο πιο απλός τρόπος για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την εκμετάλλευσή της για θέρμανση των χώρων, είναι η δημιουργία γυάλινων ανοιγμάτων σε ένα

κτήριο, με σωστό προσανατολισμό και διαστασιολόγηση. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι το γυαλί είναι μη θερμομονωτικό υλικό (δεν αποθηκεύει εύκολα τη θερμική ενέργεια).

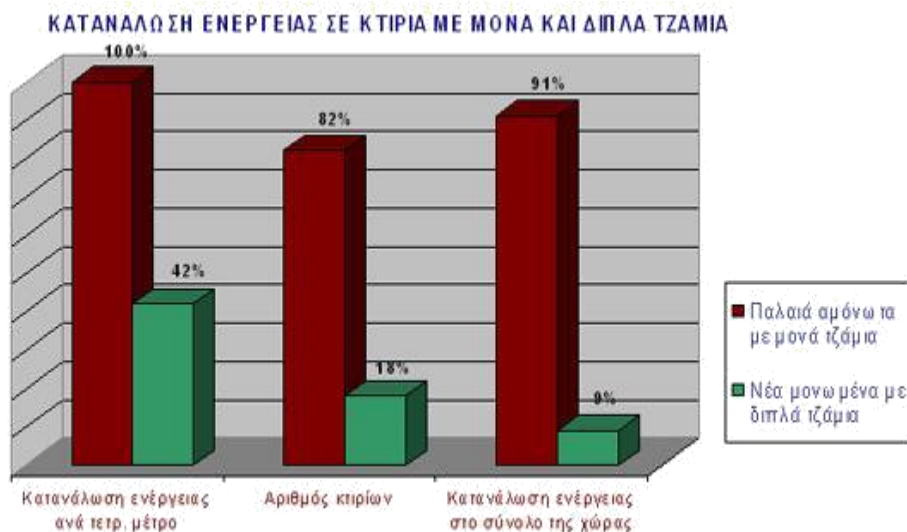


Σχήμα 3.14 Είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από τζάμι

Αν οι θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου είναι  $20^{\circ}\text{C}$  και εξωτερικά επικρατεί θερμοκρασία  $0^{\circ}\text{C}$ , τότε οι θερμικές απώλειες του γυαλιού σε σύγκριση με τοιχοποιία με θερμομόνωση είναι :

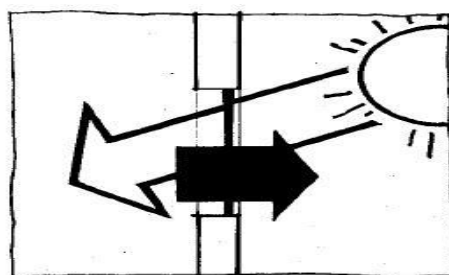
Πίνακας 3.3

ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ( $\text{Watts/m}^2$ )
Μονός	116
Διπλός	60
Θερμομονωμένη τοιχοποιία	7

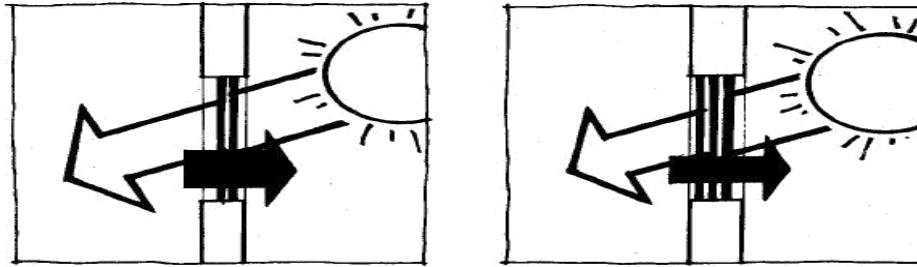


Σχήμα 3.15 Κατανάλωση Ενέργειας ανάλογα με τον τύπο του υαλοπίνακα

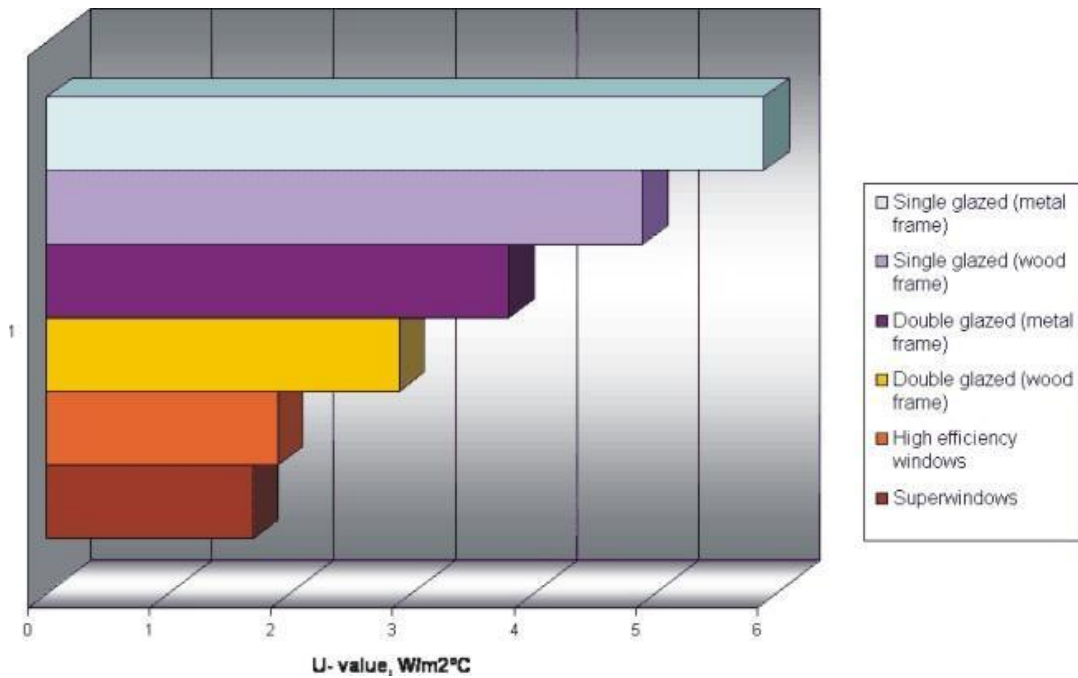
**Ο τύπος του υαλοπίνακα**, απλός ή διπλός, σχετίζεται αφενός με τον τρόπο που διαχέεται το φως, αλλά και με τις θερμικές απώλειες. **Με την τοποθέτηση διπλού υαλοπίνακα επιτυγχάνουμε μείωση των ηλιακών κερδών κατά 18%** και παράλληλα μειώνουμε τις θερμικές απώλειες από το παράθυρο κατά 50% σε σχέση με τον μονό υαλοπίνακα. Ένα τρίτο στρώμα ύαλου, μειώνει τα ηλιακά κέρδη ακόμη ένα επιπρόσθετο ποσοστό του 18%, αλλά μειώνει τις θερμικές απώλειες επιπρόσθετα κατά ένα τρίτο. Προφανώς, η προσθήκη επιπλέον στρωμάτων υαλοπινάκων, αν και αποτελεσματική είναι δαπανηρή. Τα διπλά τζάμια έχουν πλέον καθιερωθεί στις νέες κατασκευές, λόγω των καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων τους, που οφείλονται στο διάκενο του αέρα μεταξύ των επιφανειών. Για καλύτερη απόδοση του διπλού υαλοπίνακα, στο διάκενο τους μπορεί να υπάρξει κενό αέρα που περιορίζει ακόμη περισσότερο τις θερμικές απώλειες.




Σχήμα 3.16 Μονός υαλοπίνακας



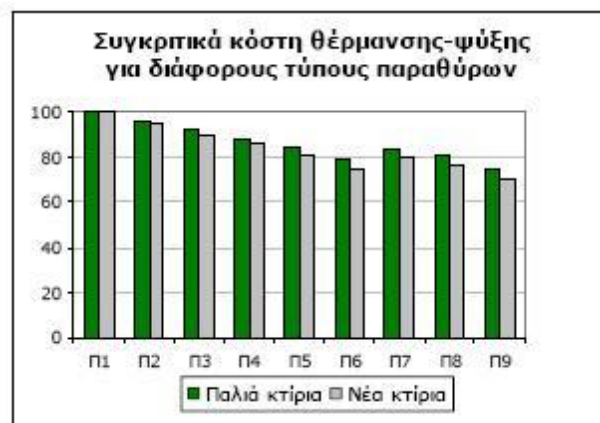
Σχήμα 3.17 Διπλός και τριπλός υαλοπίνακας και αντίστοιχα ηλιακά κέρδη



Σχήμα 3.18 U-τιμές διαφορετικών τύπων παραθύρων

ΤΥΠΟΙ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ		
<b>Π1</b>		Απλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου
<b>Π2</b>		Απλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
<b>Π3</b>		Απλό υαλοστάσιο - Ξύλινο πλαίσιο
<b>Π4</b>		Διπλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου
<b>Π5</b>		Διπλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
<b>Π6</b>		Διπλό υαλοστάσιο - Ξύλινο πλαίσιο
<b>Π7</b>		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμπιμότητας (Low-e) Πλαίσιο αλουμινίου
<b>Π8</b>		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμπιμότητας (Low-e) Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
<b>Π9</b>		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμπιμότητας (Low-e) Ξύλινο πλαίσιο

Σχήμα 3.19 Τύποι Παραθύρων



Σχήμα 3.20 Συγκριτικά κόστη θέρμανσης-ψύξης για διάφορους τύπους παραθύρων

Ο πιο κατάλληλος προσανατολισμός είναι ο νότιος, διότι δέχεται την περισσότερη ακτινοβολία το χειμώνα, το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ λαμβάνει την ελάχιστη το καλοκαίρι (αποφυγή της υπερθέρμανσης), σε σχέση με τους άλλους προσανατολισμούς. Τα βορινά υαλοστάσια προσφέρουν καλό φωτισμό στον εσωτερικό χώρο διότι δέχονται διάχυτο και όχι άμεσο φως, ωστόσο, παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες κατά το χειμώνα. Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δεν παρουσιάζουν καλή συμπεριφορά, για το λόγο αυτό δεν συνιστώνται. Δεν λαμβάνουν μεγάλα θερμικά κέρδη το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι, οι δυτικοί προσανατολισμοί περισσότερο, μπορούν να προκαλέσουν υπερθέρμανση λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται μετά το μεσημέρι. Συνεπώς, τα δυτικά και ανατολικά ανοίγματα πρέπει να περιορίζονται και να συνοδεύονται από κατάλληλη σκίαση, όταν δεν μπορούν να αποφευχθούν εξαιτίας αναγκών σε φως και θέα. Συνοψίζοντας, για βόρεια γεωγραφικά πλάτη 40 ° περίπου, προτείνονται μεγάλα ανοίγματα στο νότο με μονό ή διπλό τζάμι, ανοίγματα μετρίων διαστάσεων στους ανατολικούς και δυτικούς τοίχους, ενώ στην βορινή πλευρά συνιστώνται μικρά ανοίγματα με διπλό τζάμι.

Η κλίση του υαλοστασίου επιδράει επίσης στα ηλιακά κέρδη. Για παράδειγμα, το καλοκαίρι που ο ήλιος είναι ψηλά στον ουρανό, έχω μικρότερα κέρδη σε ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο, σε σχέση με ένα υπό γωνία. Ένα υαλοστάσιο, κεκλιμένο κατά 30° ως προς την οριζόντιο, μπορεί να δώσει χαμηλά κέρδη το χειμώνα και να δημιουργήσει υπερθέρμανση το καλοκαίρι.

Επίσης, το μέγεθος των ανοιγμάτων επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του συστήματος και έχει άμεση σχέση με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Συγκεκριμένα, έχει εκτιμηθεί ότι για εύκρατα κλίματα, με συγκεκριμένη μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα, το εμβαδόν του απαιτούμενου ανοίγματος ανά μονάδα επιφάνειας χώρου σε m<sup>2</sup>, είναι [2]:

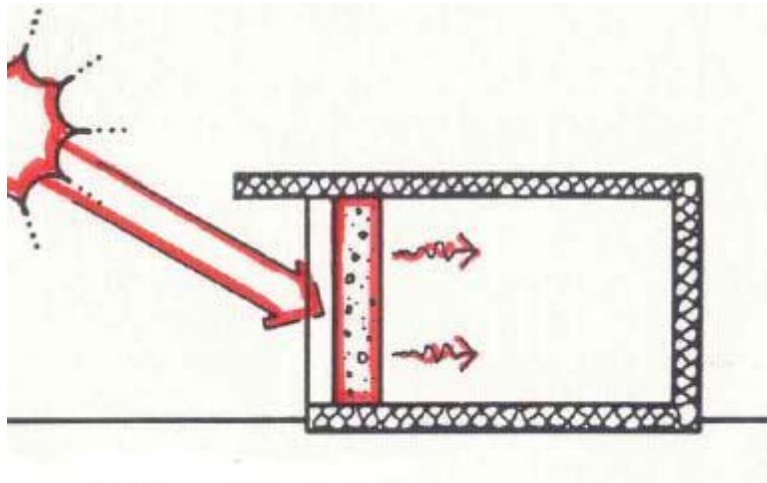
Πίνακας 3.4

Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία °C	Εμβαδόν ανοίγματος / Μονάδα επιφάνειας χώρου (κάτοψης) m <sup>2</sup>
+1,7	0,16-0,25
+4,5	0,13-0,21
+7,2	0,11-1,17

Επιπροσθέτως η θέση του ανοίγματος παίζει ένα σπουδαίο ρόλο. Ένας εμπειρικός κανόνας

ορίζει ότι το βάθος ενός χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2,5 φορές το ύψος του παραθύρου από το δάπεδο.

### 3.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους



Σχήμα 3.21 Τοίχος Μάζας

Τα συστήματα αυτά, εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία σύμφωνα με την εξής αλληλουχία:

ήλιος → συλλογή → αποθήκευση → θέρμανση

#### 3.2.1 Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι

- **απλοί τοίχοι μάζας** ( μη θερμοσιφωνικής ροής και χωρίς θυρίδες) συμπαγούς κατασκευής, είτε αποτελούμενοι από δοχεία νερού (**τοίχος νερού**), ή από υλικά αλλαγής φάσης
- τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (**Trombe - Michel**)
- θερμοσιφωνικό πάνελ / Τοίχος **Barra Constantini**

Από μετρήσεις έχει προκύψει ότι **μπορούν να συνεισφέρουν σε εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση κατοικιών σε ποσοστό 10-40%** (μεγαλύτερη συνεισφορά εξοικονόμησης σε περιοχές με σχετικά ήπιο κλίμα). Συγκεκριμένα, όταν ένας τοίχος συλλέκτης είναι σωστά σχεδιασμένος, η θερμοκρασία του χώρου παραμένει στα όρια της ζώνης άνεσης (20°C -28°C)

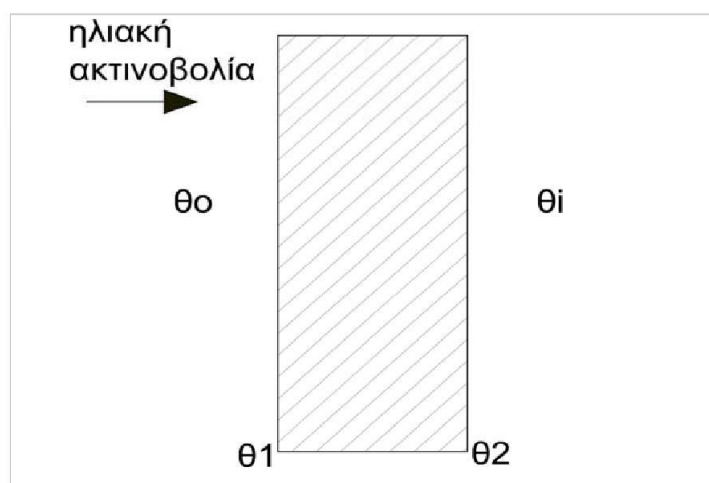


βαθμούς κατά τη διάρκεια του χειμώνα, χωρίς καμία πρόσθετη θερμαντική πηγή. Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου, το πάχος και τα υλικά κατασκευής και το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να συνδυάζονται με υαλοστάσια προσανατολισμένα προς το νότο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ηλιακή συλλογή. Η θερμική ενέργεια απορροφάται από τον τοίχο, θερμαίνει την εξωτερική του επιφάνεια, στη συνέχεια μεταφέρεται με αγωγή σε όλη τη μάζα του και τελικά φτάνει στη εσωτερική του πλευρά. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία του τοίχου και τη μέγιστη εσωτερική αντίστοιχα, η οποία θα είναι ελαττωμένη κατά το ποσό θερμότητας που απορροφήθηκε από τη μάζα του τοίχου, ονομάζεται χρονική υστέρηση, όπως ήδη έχει αναφερθεί. Αυξανόμενου του πάχους και της θερμοχωρητικότητας του τοίχου επιτυγχάνετε μεγαλύτερη χρονική υστέρηση και γι αυτό έχω μειωμένο άμεσο χρονικό κέρδος. Επιθυμητή είναι η στέρηση 6-8 ωρών, ώστε να αξιοποιούμε τη θερμική συλλογή του τοίχου κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η θερμική μόνωση συμμετέχει επίσης σημαντικά στην απόδοση αυτού του ηλιακού συστήματος.

### Ανάλυση Μεταφοράς Θερμότητας σε ένα δομικό στοιχείο

Σύμφωνα με ανάλυση του Κέντρου Ενεργειακών Σπουδών ,Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Ινδίας προκύπτει η ακόλουθη ενεργειακή ανάλυση.



Σχήμα 3.22 Πρόσπτωση Ηλιακής Ακτινοβολίας σε δομικό στοιχείο

Κατά τη μεταφορά θερμότητας σε ένα δομικό στοιχείο (παράθυρα, οροφές, πατώματα) λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα όλοι οι μηχανισμοί μετάδοσης θερμότητας, δηλαδή, η συναγωγή, η αγωγή και η ακτινοβολία θερμότητας. Η εικόνα 20, δείχνει ένα δομικό στοιχείο στο οποίο πραγματοποιούνται οι εξής διεργασίες;

- **Συναγωγή** μεταξύ του εξωτερικού ρεύματος αέρα, θερμοκρασίας  $\theta_0$  και της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου θερμοκρασίας  $\theta_1$
- **Αγωγή** θερμότητας δια μέσου του τοίχου
- **Συναγωγή** μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου, θερμοκρασίας  $\theta_2$  και του εσωτερικού αέρα θερμοκρασίας  $\theta_i$

**Ακτινοβολία** θερμότητας από τον τοίχο και προς τις δύο κατευθύνσεις, δηλαδή προς τον εξωτερικό και εσωτερικό αέρα.

Έτσι λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψη τις ενεργειακές απώλειες από την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, θερμοκρασίας  $\theta_1$  μπορεί κανείς να διατυπώσει ότι η θερμοροή προς το δωμάτιο υπολογίζεται από την εξής εξίσωση:

$$q' = -\alpha_s l + h_o (\theta_1 - \theta_o) \quad (3.7)$$

Όπου:

$\theta_o$ , είναι η εξωτερική θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\alpha_s$ , είναι η απορροφητικότητα της εξωτερικής επιφάνειας ως προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

$h_o$ , είναι ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (ειδική συναγωγιμότητα) από την εξωτερική επιφάνεια προς το περιβάλλον ( $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ )

$I$ , η άμεση ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει στην κάθετη επιφάνεια ( $\text{W m}^{-2}$ )

**Σε σταθερή κατάσταση,**

$$q' = k(\theta_2 - \theta_1)/L \quad (3.8)$$

Και επίσης,

$$q' = h_i (\theta_i - \theta_2) \quad (3.9)$$

Όπου:

$\theta_2$ , είναι η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας ( $^{\circ}\text{C}$ )

$k$ , είναι η ειδική θερμική αγωγιμότητας του τοίχου ( $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ )  $L$ , είναι το πάχος του τοίχου

$h_i$ , είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (ειδική συναγωγιμότητα) του εσωτερικού χώρου ( $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ )

Από τις τρεις παραπάνω εξισώσεις, προκύπτει ότι:

$$q' = -gI + U_w (\theta_i - \theta_o) \quad (3.9)$$

Όπου:

$g$ , είναι ο παράγων ηλιακού κέρδους

$$g = U_w \alpha_s / h_o \quad (3.10)$$

$U_w$ , η ολική θερμική διαπερατότητα ( $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ ) του κτηρίου που είναι ίση με:

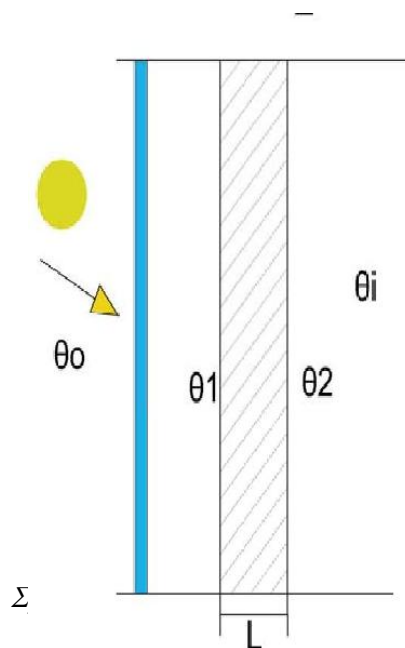
$$U_w^{-1} = 1/h_o + L/k + 1/h_i \quad (3.11)$$

Η απόδοση ενός τέτοιου παθητικού συστήματος, μπορεί να ορισθεί με τη βοήθεια της σχέσης 4.2.1.4., ως εξής:

$$U_w^{-1} = 1/h_o + L/k + 1/h_i \quad (3.12)$$

$$\eta = \frac{q'}{I} = U_w (\theta_i - \theta_o) / I \quad (3.13)$$

### Τοίχος Μάζας



Σε ένα απλό τοίχο μάζας χωρίς θυρίδες, που έχει γυαλί εξωτερικά **η θερμική ισορροπία μπορεί να επίσης να εκφρασθεί με τις εξισώσεις (3.7-3.8)**, με τη διαφορά ότι τώρα ως συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (ειδική συναγωγιμότητα), λαμβάνουμε τον  $h_{og}$ , από τον τοίχο προς το περιβάλλον δια μέσου του τζαμιού, λαμβάνεται ο  $h_{og}$ , που είναι ίσος με :

$$h_{og} = \left( \frac{1}{C} + \frac{L_g}{k_g} + \frac{1}{h_o} \right) \quad (3.14)$$

Όπου:

$C$ , είναι η θερμική αγωγιμότητα του αέρα στο διάκενο μεταξύ υάλου και τοίχου

$L_g$ , το πάχος του τζαμιού ( $m$ )  $k_g$ , η ειδική θερμική αγωγιμότητα το υάλου ( $W m^{-1} K^{-1}$ )

Σε περίπτωση που ο τοίχος αποτελείται από διάφορα στρώματα υλικών , τότε **η θερμική διαπερατότητα  $U$** , υπολογίζεται ως εξής

$$U_w^{-1} = \frac{1}{h_{og}} + \frac{\sum_n L_n}{k_n} + \frac{1}{h_i} \quad (3.15)$$

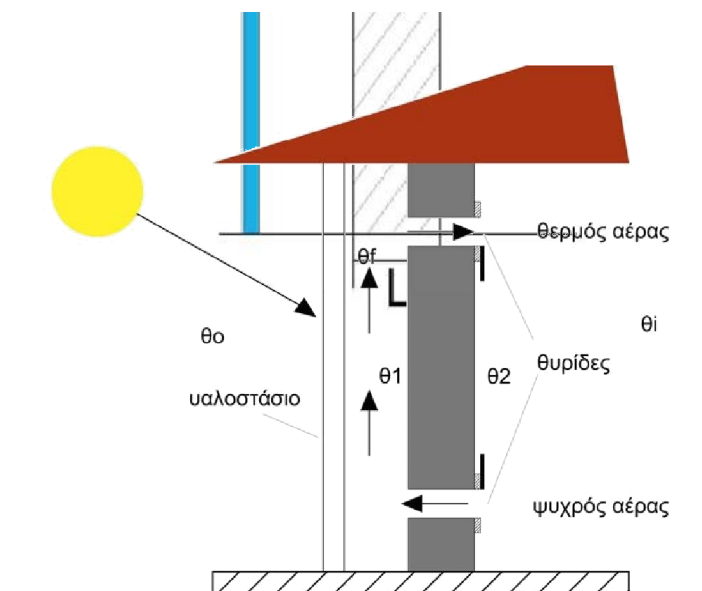
Όπου:

$n$ , είναι ο αριθμός των στρωμάτων από τα οποία αποτελείται ο τοίχος

### Τοίχος Trombe

Πρόκειται για τοίχο θερμικής αποθήκευσης, που μελετήθηκε ιδιαίτερα στη Γαλλία από τους F.Trombe και J.Michel, κατασκευασμένος από μετόν, με θυρίδες, μέσω των οποίων μεταφέρεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα μέρος της συλλεγόμενης θερμότητας από το διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα προς στον εσωτερικό χώρο. Ο τοίχος είναι **συνήθως πάχους 30-40cm**, βαμμένος σε σκούρο χρώμα από την εξωτερική του πλευρά για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. **Συνδυάζεται με μια γυάλινη επιφάνεια** (υαλοστάσιο) σε απόσταση 3 cm περίπου. Στο άνω και κάτω τμήμα του τοίχου υπάρχουν **θυρίδες** ώστε να διευκολύνεται η φυσική κυκλοφορία του αέρα. Όσον αφορά στη συναλλαγή ενέργειας, τμήμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται από τη γυάλινη επιφάνεια, κάποιο ποσό θερμικής ενέργειας απορροφάται από τον τοίχο και έπειτα ένα τμήμα ακτινοβολείται προς τα έξω (χάνεται), ενώ ένα σημαντικό ποσό ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο με κάποια χρονική υστέρηση. Επιπρόσθετη θερμική ενέργεια έχουμε από την θερμότητα που μεταφέρεται από τον αέρα του διακένου.

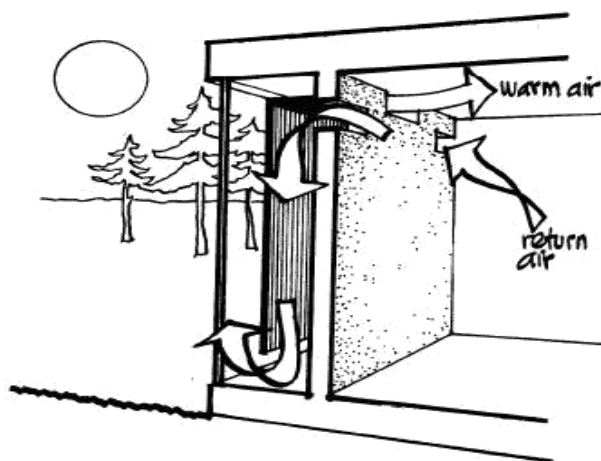
Η λειτουργία του ηλιακού αυτού τοίχου **βασίζεται στην φυσική κυκλοφορία του αέρα.**



Σχήμα 3.24 Τοίχος Trombe

**Τους χειμερινούς μήνες**, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αέρας στο διάκενο μεταξύ του τοίχου και του υαλοστασίου θερμαίνεται λόγω της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, κινείται προς τα πάνω και εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των άνω θυρίδων. Ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο, που κινείται στα χαμηλότερα επίπεδα, μπαίνει από τις κάτω θυρίδες στο διάκενο, θερμαίνεται και ανέρχεται. Έτσι δημιουργείται μια συνεχή ροή θερμότητας προς το χώρο. Τις νυχτερινές ώρες και τις νεφοσκεπείς ημέρες η λειτουργία αντιστρέφεται. Οι θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου μπορούν να παραμένουν κλειστές, ώστε να εμποδίζεται η αντίστροφη κίνηση του θερμού αέρα από το χώρο προς την εξωτερική ψυχρή επιφάνεια του υαλοπίνακα. Η θέρμανση του χώρου, πετυχαίνεται με την ακτινοβολία της αποθηκευμένης από τον τοίχο θερμικής ενέργειας. Στις περιοχές όπου παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη χειμερινή περίοδο συνιστώνται διπλοί υαλοπίνακες στο υαλοστάσιο καθώς και νυχτερινή προστασία με κινητά θερμομονωτικά εσωτερικά (στο διάκενο) ή εξωτερικά πετάσματα.

**Τους καλοκαιρινούς μήνες**, κλείνει η επάνω θυρίδα και ταυτόχρονα ανοίγει ένα τμήμα του υαλοστασίου στο επάνω μέρος του (φεγγίτης). Έτσι απομακρύνεται ο ζεστός αέρας προς τα έξω. Για καλύτερη λειτουργία απαιτείται ηλιοπροστασία της συλλεκτικής επιφάνειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με κινητά εξωτερικά πετάσματα.



Σχήμα 3.25 Τοίχος Trombe

### Ανάλυση Μεταφοράς Θερμότητας σε ένα Τοίχο Trombe

Από την σχήμα 3.24 και σύμφωνα με την ανάλυση μεταφοράς θερμότητας που έγινε παραπάνω, η ενεργειακή ισορροπία στον τοίχο Trombe, είναι η εξής:

$$q' = -\alpha_s I + h_{og} (\theta_1 - \theta_o) \quad (3.16)$$

Με το  $h_{og}$ , να δίνεται από την εξίσωση (3.14.)

Καθώς:

$$q' = \frac{k(\theta_2 - \theta_1)}{L} + m' C_p \alpha (\theta_{os} - \theta_i) \quad (3.17)$$

Όπου:

$m'$ , η παροχή μάζας του αέρα στο διάκενο μεταξύ του τζαμιού και του τοίχου Trombe (**kg/h**)

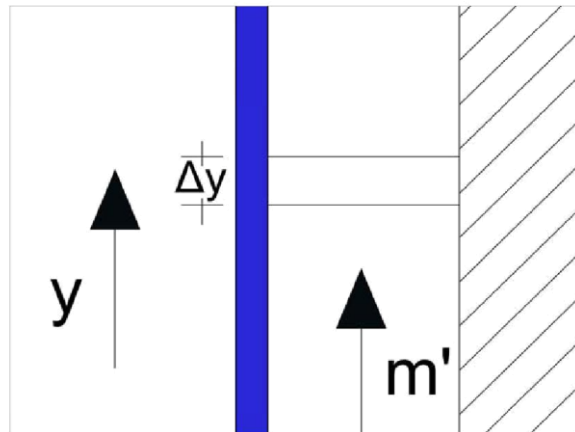
$C_p \alpha$ , η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα υπό σταθερή πίεση (**J Kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>**)

$\theta_{os}$ , η θερμοκρασία του αέρα στην άνω θυρίδα (**°C**)

$L$ , το πάχος του τοίχου

Αλλά,

$$\frac{k(\theta_2 - \theta_1)}{L} = h_i (\theta_i - \theta_2) \quad (3.18)$$



Σχήμα 3.26 Στοιχειώδες εμβαδό του τοίχου Trombe

Η θερμοκρασιακή αύξηση ενός στοιχειώδους εμβαδού ( $\mathbf{b y}$ ) του τοίχου Trombe (σχήμα 3.26), με  $\mathbf{b}$  το πλάτος του τοίχου ( $\mathbf{m}$ ), μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$m' C_p \alpha \left( \frac{\partial \theta_f}{\partial y} \right) \Delta y = h_f (\theta_1 - \theta_f) b \Delta y \quad (3.19)$$

Όπου:

$\mathbf{h_f}$ , ειδική συναγωγιμότητα στο διάκενο μεταξύ του τοίχου Trombe και του γυαλιού ( $\mathbf{W m^{-2} K^{-1}}$ )

$\theta_f$ , η θερμοκρασία του αέρα στο διάκενο ( $^{\circ}\mathbf{C}$ )

Με χρήση των παρακάτω οριακών συνθηκών,

$$y = 0, \quad \theta_f = \theta_i \quad (3.20)$$

$$y = h, \quad \theta_f = \theta_{os} \quad (3.21)$$

προκύπτει :

$$\theta_{os} = \theta_i \exp(-\beta h) + \theta_1 [1 - \exp(-\beta h)] \quad (3.22)$$

Όπου:



$$\beta = h_f b / m' C_p \alpha \quad (3.23)$$

Από την επίλυση των εξισώσεων (3.16-3.23), προκύπτει η τελική έκφραση της θερμορροής προς το δωμάτιο, η οποία είναι η εξίσωση (3.9), με θερμική διαπερατότητα U:

$$U = \left[ \frac{1}{h_{og}} + \frac{1}{\frac{h_i k}{h_i L + k} + m' C_p \alpha (1 - \exp(-\beta h))} \right]^{-1} \quad (3.24)$$

### Παραλλαγές Τοίχου Trombe

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες **παραλλαγές του τοίχου Trombe**, που σκοπό έχουν να τον καταστήσουν πιο αποτελεσματικό.

- Μια από τις παραλλαγές είναι η **ύπαρξη παραθύρων στον τοίχο**, πράγμα που μειώνει την απόδοση του, ωστόσο εφαρμόζεται για αισθητικούς λόγους και για ύπαρξη φυσικού φωτισμού. Εάν το εξωτερικό γυαλί έχει υψηλή εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας και το παράθυρο του τοίχου είναι από απλό γυαλί, τότε μπορεί να αξιοποιηθεί το υπεριώδες φως για θέρμανση, ενώ ταυτόχρονα προστατεύονται οι άνθρωποι και τα έπιπλα από την ακτινοβολία, πολύ περισσότερο από όταν γίνεται χρήση παραθύρων με υψηλή εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας.
- Επίσης, με τη **χρήση μιας επιλεκτικής επιφάνειας** σε έναν τοίχο Trombe βελτιώνεται η απόδοσή του λόγω του περιορισμού της υπέρυθρης ενέργειας που ακτινοβολείται μέσα από το τζάμι. Η επιλεκτική επιφάνεια δεν είναι παρά ένα μεταλλικό φύλλο που επικολλάται στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου ή πολλές φορές μια επιφάνεια περασμένη με ειδικές βαφές. Απορροφά όλη σχεδόν την ακτινοβολία από το ορατό μέρος του ηλιακού φάσματος και εκπέμπει πολύ μικρό μέρος στην κλίμακα της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η υψηλή απορροφητικότητα των επιφανειών των τοίχων μετατρέπει το φως σε θερμότητα, ενώ η χαμηλή ανακλαστικότητα προφυλάσσει από την ακτινοβολία της θερμότητας προς το τζάμι.

### Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

**Τα πλεονεκτήματα του τοίχου Trombe** είναι ότι:

- είναι απλός στο σχεδιασμό του
- έχει μικρό σχετικά κόστος, ώστε να προσαρμόζεται στην οικονομική κατάσταση του ενδιαφερομένου.
- συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και μπορεί να εφαρμοστεί πολύ εύκολα στα ήδη υπάρχοντα κτίρια.

**Μειονεκτήματα** του θεωρούνται τα εξής:

- μπορεί να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στον εσωτερικό χώρο κυρίως όταν η επιφάνεια είναι πολύ μεγάλη.
- είναι πιθανόν να δημιουργούνται θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο λόγω της κίνησης του αέρα από τις θυρίδες αερισμού.



Σχήμα 3.27 Εφαρμογές τοίχου Trombe σε κτήρια χαμηλής ενέργειας

### Τοίχος νερού

Μια μορφή τοίχου θερμικής αποθήκευσης είναι οι τοίχοι νερού, που είναι κατασκευασμένοι από πλαστικά ή μεταλλικά στεγανά δοχεία, σκούρου χρώματος που περιέχουν νερό, πίσω από μια γυάλινη επιφάνεια νοτίου προσανατολισμού. **Η επιλογή του νερού βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητική του ικανότητα**, δηλαδή στη ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα κατά τη θέρμανσή του και να θερμαίνεται ή να ψύχεται εύκολα σε σχέση με άλλα υλικά. Έτσι απαιτούνται μικρότερες επιφάνειες τοίχου, σε σχέση με άλλους τοίχους θερμικής αποθήκευσης που είναι κατασκευασμένοι από μπετόν, πέτρα, τούβλο, κ.λ.π. Η εσωτερική

επιφάνεια του τοίχου μπορεί να έρχεται κατευθείαν σε επαφή με ένα από τους χώρους του κτηρίου, ή να διαχωρίζεται από αυτούς, με ένα λεπτό τοίχο, ή με ένα στρώμα μόνωσης.



Σχήμα 3.28 Τοίχος νερού



Solar Components Water Wall

**Μειονέκτημα** τους είναι το γεγονός ότι η μάζα του νερού θερμαίνεται ομοιόμορφα και παρουσιάζεται έτσι η ίδια θερμοκρασία και στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, με αποτέλεσμα να απαιτείται οπωσδήποτε νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά, για να αποφευχθεί η ακτινοβολία θερμότητας προς τα έξω κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης υπάρχει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης, όταν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη. Ένα ακόμη μειονέκτημα του είναι ότι δεν επιτρέπει τη διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επικοινωνία με τον εξωτερικό χώρο .

#### Ανάλυση Μεταφοράς Θερμότητας σε ένα Τοίχο νερού.

Από την εικόνα 27 και σύμφωνα με την ανάλυση μεταφοράς θερμότητας που προηγήθηκε, η ενεργειακή ισορροπία στον τοίχο νερού σε σταθερή κατάσταση θα είναι:

$$q' = h_{og} (\theta_1 - \theta_o) - \alpha_s I \quad (3.25)$$

$$= h_{w1} (\theta_w - \theta_1) \quad (3.26)$$

$$= h_{w2} (\theta_2 - \theta_w) \quad (3.27)$$

$$= h_i (\theta_i - \theta_2) \quad (3.28)$$

Όπου:

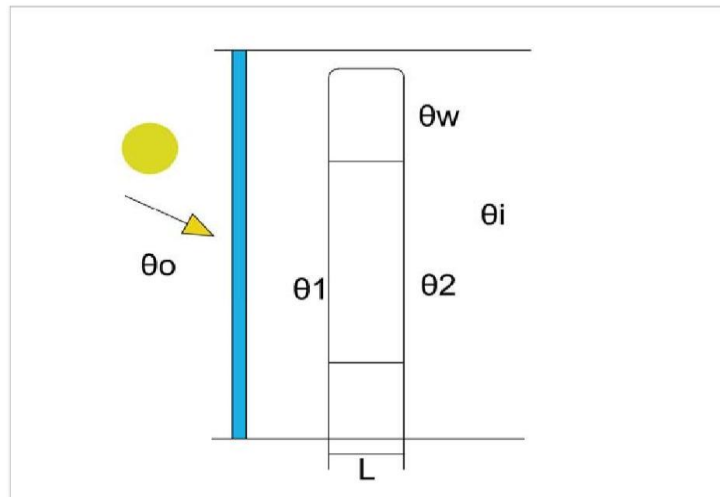
$h_{og}$ , ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (ειδική συναγωγιμότητα) από τον τοίχο προς το περιβάλλον δια μέσου του τζαμιού, που υπολογίζεται από τη σχέση (4.2.1.8.)

$h_{w1}$ ,  $h_{w2}$ , οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας (ειδικές συναγωγιμότητες) της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου

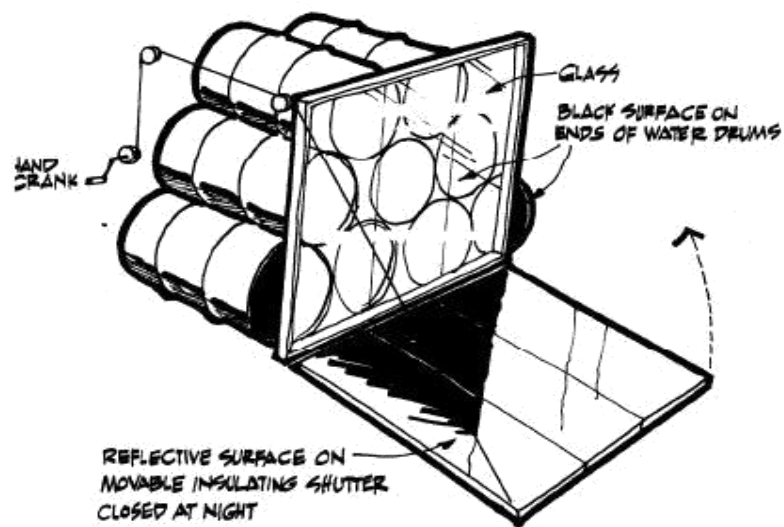
Η ολική ροή θερμότητας  $q$  προς τον εσωτερικό χώρο θα εκφράζεται πάλι μέσω της σχέσης (3.9.), αλλά με συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$ , που προκύπτει από τις εξισώσεις

(3.25-3.28):

$$U = \left[ \frac{1}{h_{og}} + \frac{1}{h_{w1}} + \frac{1}{h_{w2}} + \frac{1}{h_i} \right]^{-1} \quad (3.29)$$

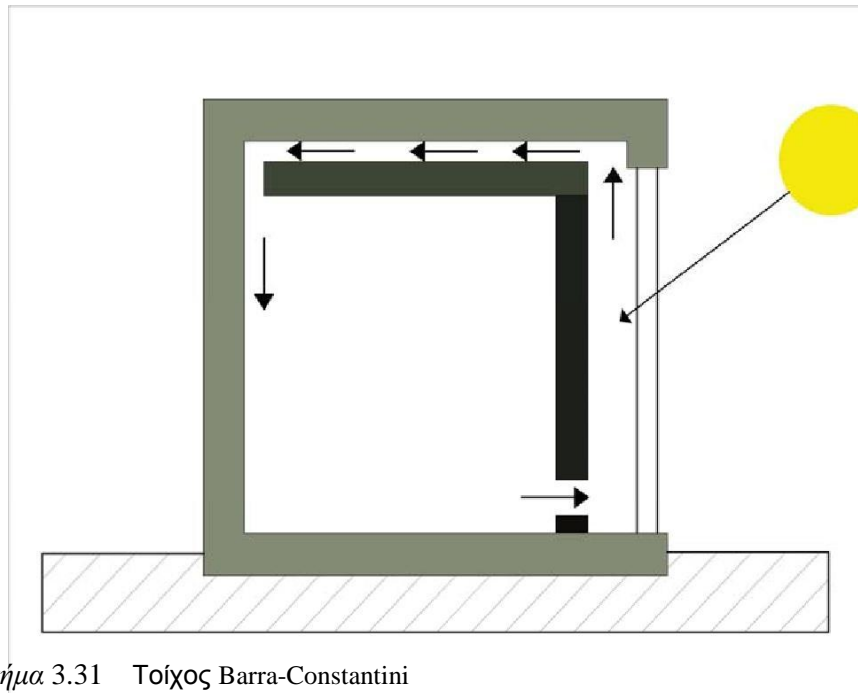


Σχήμα 3.29 Τοίχος νερού



Σχήμα 3.30 Τοίχος νερού

### Θερμοσιφωνικό πάνελ / Τοίχος Barra Constantini



Σχήμα 3.31 Τοίχος Barra-Constantini

Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe - Michel, αλλά **δίχως την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας**. Η βασική διαφορά από τον τοίχο μάζας θερμοσιφωνικής ροής είναι ότι ο τοίχος του θερμοσιφωνικού πάνελου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομονωτικής (συνήθως μεταλλικής) επικάλυψης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται αποκλειστικά με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου και όχι με ακτινοβολία.

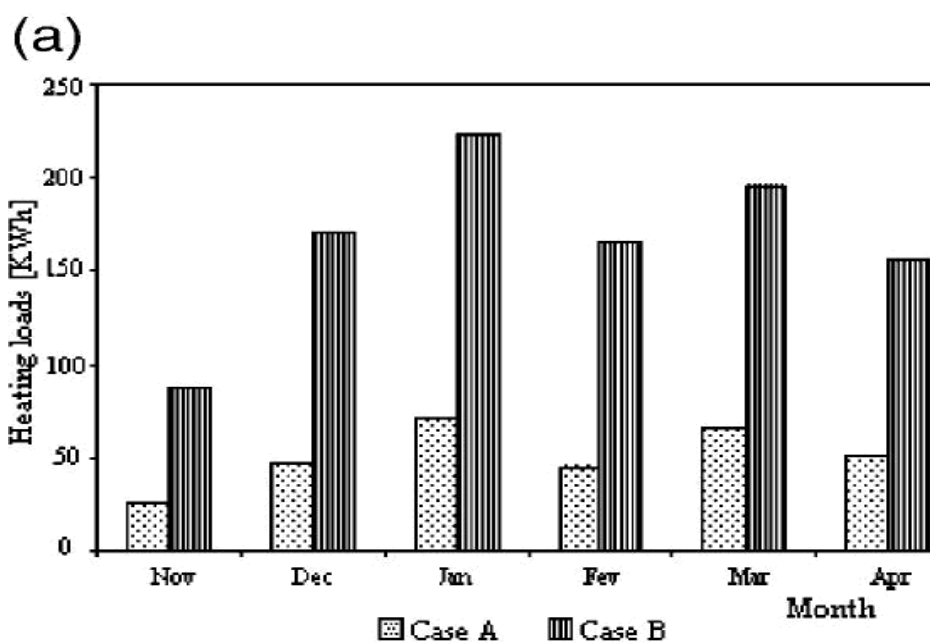
Ο αέρας μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο, πάλι μέσω θυρίδων ή αγωγών. Σε αυτό το σύστημα, έχουμε ένα νότιο τοίχο από συμβατικά υλικά (μπετόν, τούβλα κ.λ.π.), σε συνδυασμό με υαλοστάσιο, ο οποίος πρέπει να είναι καλά μονωμένος εξωτερικά. Ένα στοιχείο ηλιακής συλλογής είναι τοποθετημένο μπροστά από τον τοίχο (μεταλλική επιφάνεια). **Το χειμώνα**, λόγω του μονωμένου τοίχου δεν έχουμε απώλειες θερμότητας, **ενώ το καλοκαίρι** αποφεύγουμε ηλιακά κέρδη.

Ο ζεστός αέρας, εισρέει από άνω θυρίδες, κυκλοφορεί και διαπερνάει αρχικά οριζοντίως το κτήριο, μέσα από κανάλια ενσωματωμένα στο ταβάνι και έπειτα κυκλοφορεί γύρω από τοίχους και το πάτωμα, πριν επιστρέψει προς τα έξω μέσω των κάτω θυρίδων. Κατά αυτόν τον τρόπο θερμαίνονται ακόμα και τα βορινά δωμάτια. Έτσι έχουμε καλή διανομή θερμότητας σε όλο το κτήριο. Αντίστοιχα, κατά την θερινή περίοδο, ο κρύος νυκτερινός

αέρας μπορεί να εισέλθει μέσω των κάτω θυρίδων, παρέχοντας δροσισμό

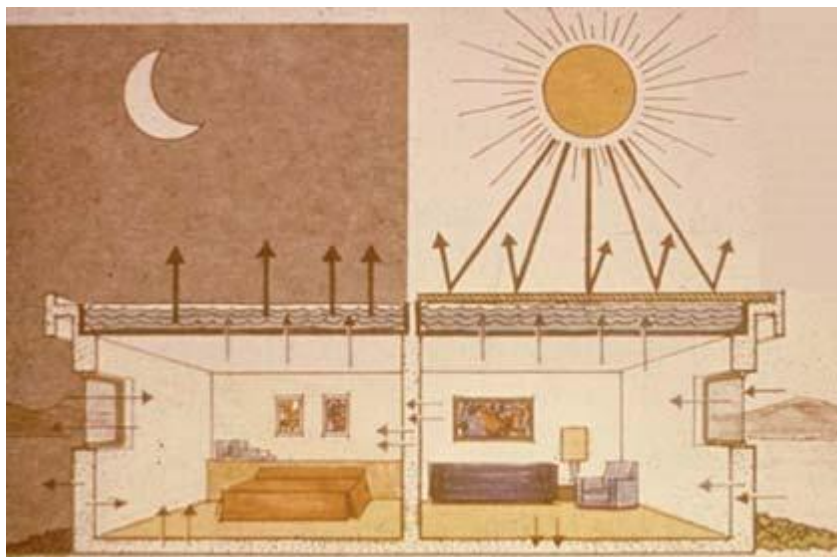
**Από έρευνα του Πανεπιστημίου και του Κέντρου Ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών της Αλγερίας**, διαπιστώθηκε ότι η εγκατάσταση ενός συστήματος –τοιχίου Barra Constantini, σε συνδυασμό με μια βοηθητική μονάδα θέρμανσης, μπορεί να πετύχει **εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 60-70%**, σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης. Οι εκτιμήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο όμοια σπίτια (A) και (B) σε τρεις διαφορετικές κλιματικές ζώνες της χώρας

Στην πρώτη (A) περίπτωση, η παροχή θέρμανσης εξασφαλίστηκε από τον τοίχο θερμοσιφωνικής ροής και μια βοηθητική συσκευή θέρμανσης, ενώ στη δεύτερη κατοικία (B), η θέρμανση εξασφαλίστηκε εξ ολοκλήρου από ένα συμβατικό σύστημα.. Αυτονόητο είναι ότι τα παθητικά συστήματα δεν επαρκούν για την κάλυψη των συνολικών αναγκών σε θέρμανση, για το λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο συνδυασμός τους με βοηθητικές μονάδες θέρμανσης. Τα μηνιαία φορτία σε θέρμανση για μία από τις τρεις περιοχές απεικονίζεται στο **σχήμα 3.32**, ενώ παρόμοια εικόνα παρουσιάζεται και για τις άλλες κλιματικές ζώνες. Σε κάθε περίπτωση είναι προφανής η **εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται**.



Σχήμα 3.32 Μηνιαία φορτία για θέρμανση για την περίπτωση του συνδυασμού τοίχου BC-βοηθητική συσκευή θέρμανσης (Περίπτωση A) και για ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης (Περίπτωση B)

### Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη



Σχήμα 3.33 Λειτουργία ηλιακής λίμνης το καλοκαίρι

Παραλλαγή του συστήματος θερμικής αποθήκευσης στη μάζα του νερού αποτελεί η οροφή νερού. **Πρόκειται για πλαστικούς σκουρόχρωμους σάκους, που δεν διαπερνούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία, οι οποίοι περιέχουν νερό και τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου.** Η «ηλιακή λίμνη», έχει βάθος περίπου 5 εκατοστά και για καλύτερη απόδοση επιλέγεται εξαιρετικά αγωγίμο υλικό για το δώμα πάνω στο οποίο θα κατασκευασθεί.

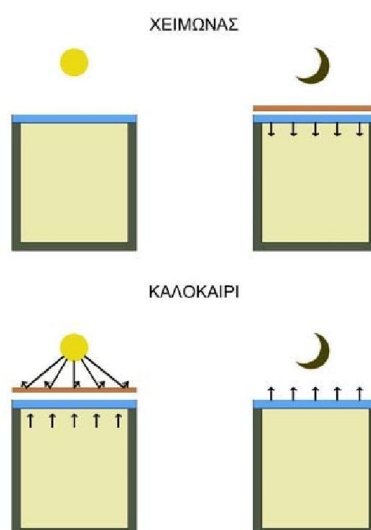
**Το χειμώνα,** κατά τη διάρκεια της ημέρας, το νερό απορροφάει και αποθηκεύει θερμότητα. Κατά τις νυχτερινές ώρες, η οροφή νερού καλύπτεται-προστατεύεται με **εξωτερική μόνωση** και η αποθηκευμένη θερμότητα ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο.

**Το καλοκαίρι,** την ημέρα, η οροφή νερού καλύπτεται με το μονωτικό κάλυμμα για να αποφευχθεί το ανεπιθύμητο ηλιακό κέρδος, ενώ κατά τις νυχτερινές ώρες, απορροφάει τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου και την αποβάλλει είτε με ακτινοβολία προς τον ουρανό, είτε μέσω φυσικής συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα, με την προϋπόθεση να έχει αφαιρεθεί η εξωτερική μόνωση. Το σύστημα αυτό είναι περισσότερο αποδοτικό σε περιοχές χαμηλής υγρασίας, με καλοκαιρινές νύχτες δίχως σύννεφα.



**Σε θερμά και ήπια κλίματα** με χαμηλό ποσοστό κατακρημνίσεων, η κατασκευή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως ταβάνι του κτηρίου, επιτυγχάνοντας έτσι απευθείας θέρμανση ή ψύξη του χώρου. Επίσης μπορεί να ψύξει ένα κτίριο λόγω εξάτμισης του νερού.

**Σε ψυχρότερα κλίματα**, όπου οι χιονοπτώσεις είναι συχνές, το σύστημα αποδίδει αν τοποθετηθεί στη σοφίτα, κάτω από την κεκλιμένη στέγη, σε συνδυασμό με υαλοστάσιο νοτίου προσανατολισμού, ώστε να υπάρχει μέγιστο ηλιακό κέρδος και επιπροσθέτως αν η οροφή βαφεί ή επενδυθεί με ανακλαστικά χρώματα και υλικά



Σχήμα 3.34 Ηλιακή Λίμνη

**Στα πλεονεκτήματα** της ηλιακής λίμνης συγκαταλέγεται το γεγονός ότι όλα τα δωμάτια του χώρου κάτω από την οροφή νερού λαμβάνουν θερμότητα από ακτινοβολία, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό τους.

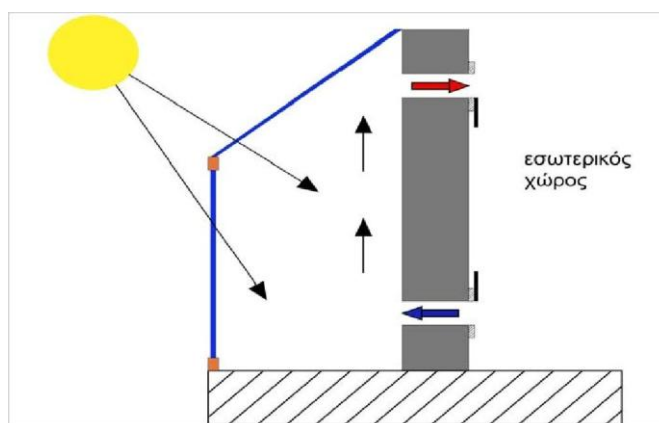
**Μειονεκτήματα** αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο κόστος της κατασκευής, οι στατικές επιβαρύνσεις του κτηρίου, καθώς επίσης και η μειονεκτική διαστρωμάτωση του νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το ζεστό νερό βρίσκεται στην επιφάνεια της λίμνης και όχι στο πυθμένα που γειτνιάζει με τον εσωτερικό χώρο και έτσι οι απώλειες θερμότητας είναι αυξημένες, πράγμα όμως που αποδεικνύεται πλεονέκτημα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού διότι το ψυχρό νερό βρίσκεται στη βάση της λίμνης, άρα κοντά στον εσωτερικό χώρο. .

Επίσης δέντρα, κτήρια και τοίχοι του περιβάλλοντος χώρου μπορούν να μειώσουν το βαθμό

ψύξης, μειώνοντας την ακτινοβολία προς το νυχτερινό ουρανό. Τα περιβάλλοντα αυτά στοιχεία, μπορούν επίσης να απορροφήσουν θερμική ενέργεια τη μέρα και να την ακτινοβολήσουν στην λίμνη κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης η ύπαρξη σύννεφων μπορεί να μειώσει την αποδοτικότητα της καλοκαιρινής ψύξης. Για το λόγο αυτό, το σύστημα είναι λιγότερο αποδοτικό σε παράκτιες περιοχές, που εμφανίζονται σύννεφα και ομίχλη .

### 3.2.2 Ηλιακοί Χώροι

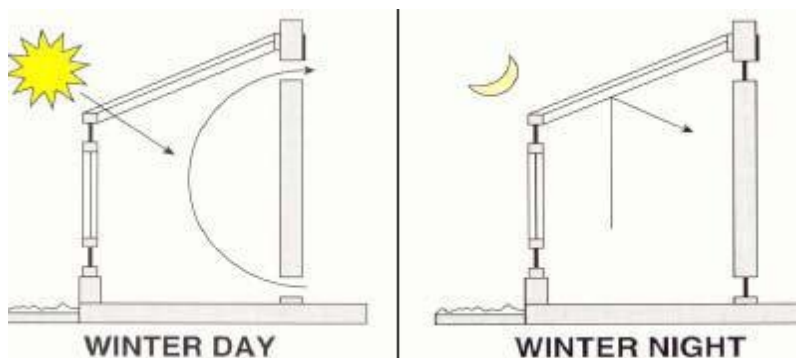
#### Θερμοκήπιο



Σχήμα 3.35 Λειτουργία Θερμοκηπίου

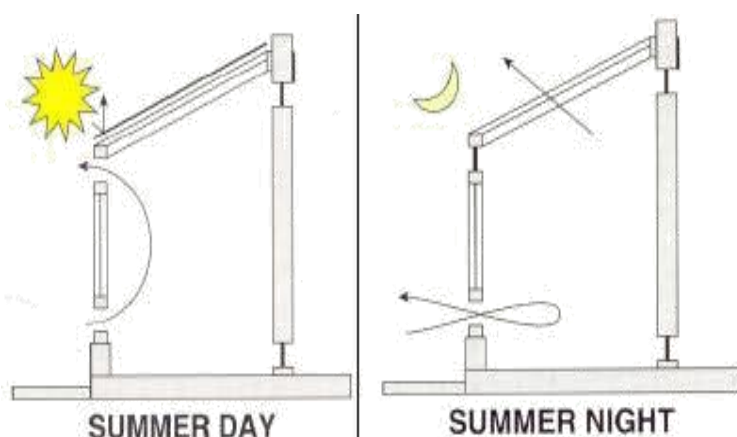
**Πρόκειται για κλειστό χώρο που προσαρτάται ή ενσωματώνεται σε νότια τμήματα του κτηρίου και περιβάλλεται από υαλοστάσια.** Πρόκειται για ένα συνδυασμό ενός παθητικού συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος και τοίχου θερμικής αποθήκευσης που μεταφέρει έμμεσα την θερμότητα στον εσωτερικό κατοικημένο χώρο. Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας από τον ηλιακό χώρο προς το εσωτερικό του κτηρίου επιτυγχάνεται μέσω θυρίδων ή ανοιγμάτων του διαχωριστικού δομικού στοιχείου. Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όταν οι ακτίνες του ήλιου πέσουν στο υαλοστάσιο, μεγάλο μέρος από την ορατή και μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία μεταδίδεται στο εσωτερικό, απορροφάται από τα διαφανή ή στερεά στοιχεία του χώρου (δάπεδο, τοίχοι, έπιπλα) που θερμαίνονται και επανεκπέμπεται ως ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος η οποία κατά ένα μέρος της απορροφάται από το υαλοστάσιο και η υπόλοιπη ανακλάται . Η ενέργεια αυτή επανεκπέμπεται στη συνέχεια και στις δύο πλευρές του υαλοστασίου. Έτσι, τμήμα της

ακτινοβολίας που εισέρχεται παγιδεύεται στο εσωτερικό και προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας, που χαρακτηρίζεται ως φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ως αποτέλεσμα, **το χειμώνα, κατά την διάρκεια της ημέρας** και σε περίπτωση ηλιοφάνειας, το θερμοκήπιο λειτουργεί ως επιλεκτική επιφάνεια, αφήνοντας να διέρχεται συνολικά η ηλιακή ακτινοβολία, ενώ μειώνει τις απώλειες-ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος-, που απορροφάται από τις επιφάνειες και τη θερμική μάζα του θερμοκηπίου.



Σχήμα 3.36 Λειτουργία Θερμοκηπίου

Τις νυχτερινές ώρες, το σύστημα αυτό αποβάλλει μέσω ακτινοβολίας, όση θερμότητα συνέλεξε την ημέρα, με αποτέλεσμα το θερμικό ισοζύγιο (θερμικό κέρδος μείον θερμικές απώλειες) να είναι αρνητικό. Για τη μείωση των θερμικών απωλειών, συνιστάται η νυχτερινή προστασία του υαλοστασίου με θερμομονωτικά εσωτερικά πετάσματα, εκτός αν το τμήμα του κτιριακού κελύφους, με το οποίο ο ηλιακός χώρος βρίσκεται σε επαφή, είναι θερμομονωμένο. Επίσης, σε περιοχές με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κατά την χειμερινή περίοδο, προτείνεται η εφαρμογή διπλών υαλοπινάκων στον ηλιακό χώρο, καθώς και θερμομόνωση του κοινού τμήματος της τοιχοποιίας.



Σχήμα 3.37 Λειτουργία Θερμοκηπίου

**Το καλοκαίρι**, για την αποφυγή ανεπιθύμητης υπερθέρμανσης απαιτείται σκιασμός της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου, με εξωτερικά - κατά προτίμηση - κινητά σκιάχτρα, με σταθερά στέγαστρα, ή με φυλλοβόλο βλάστηση, ή ακόμη και απομάκρυνση των τζαμιών για τα πιο θερμά κλίματα.

**Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση** προσαρτημένου στο κτήριο θερμοκηπίου, είναι ο **προσανατολισμός** του (αποδοτικότερη λύση είναι η ενσωμάτωση του στη νότια πλευρά, σε σχήμα επίμηκες, κατά τον άξονα ανατολή-δύση), **το μέγεθος** (που εξαρτάται από το μέγεθος του κτηρίου και τις ανάγκες σε θέρμανση), **η κλίση του ναλοστασίου** (Για την εύκρατη ζώνη συνίσταται κλίση  $30^{\circ}$ - $65^{\circ}$  σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ενώ σε βορειότερα κλίματα ενδείκνυται κλίση  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ) και **τα υλικά κατασκευής** (που πρέπει να είναι διαφανή), καθώς και η **σύνδεση** με τα στοιχεία θερμικής αποθήκευσης του κτηρίου.



Σχήμα 3.37 Λειτουργία Θερμοκηπίου

Στην Ελλάδα, από μετρήσεις και προσομοιώσεις που έγιναν σε κατοικίες με προσαρτημένα θερμοκήπια προκύπτει ότι αυτά **συνεισφέρουν σε εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 13 με 30%**. Για το δικό μας κλίμα, συνιστάται η αδιαφανής οροφή, για αποφυγή υπερθέρμανσης, αλλά και για να μην υπάρχουν προβλήματα φθοράς λόγω των κατακρημνίσεων. Επίσης, το καλοκαίρι, συνιστάται η απομάκρυνση των τζαμιών, λόγω του θερμού ελληνικού καλοκαιριού, ώστε να μην έχουμε αυξημένα ηλιακά κέρδη. Σε περίπτωση γυάλινης οροφής που δεν απομακρύνεται, απαραίτητο είναι να υπάρχει άνοιγμα-φεγγίτης για την απαγωγή του θερμού αέρα.



Σχήμα 3.38 Θερμοκήπιο

Σε κάθε περίπτωση, **αναγκαίος είναι ο αερισμός** του χώρου που εξασφαλίζεται από την είσοδο του αέρα από το κάτω άνοιγμα του υαλοστασίου στο χώρο του θερμοκηπίου. Γεγονός πάντως είναι ότι το σύστημα του θερμοκηπίου προσαρμόζεται καλύτερα σε περιοχές όπου επικρατεί η διάχυτη ακτινοβολία (η προερχόμενη από τον περιβάλλοντα και μόνο χώρο) με λιγότερο έντονη την άμεση. Για το λόγο αυτό έχει αναπτυχθεί σε περιοχές με ψυχρότερο κλίμα. Στα **πλεονεκτήματα** του συστήματος είναι ότι η κατασκευή του μπορεί να προβλεφθεί από το αρχικό σχέδιο ενός βιοκλιματικού κτηρίου, αλλά μπορεί να γίνει και εκ των υστέρων σε προϋπάρχον κτήριο.

### Ηλιακό Αίθριο

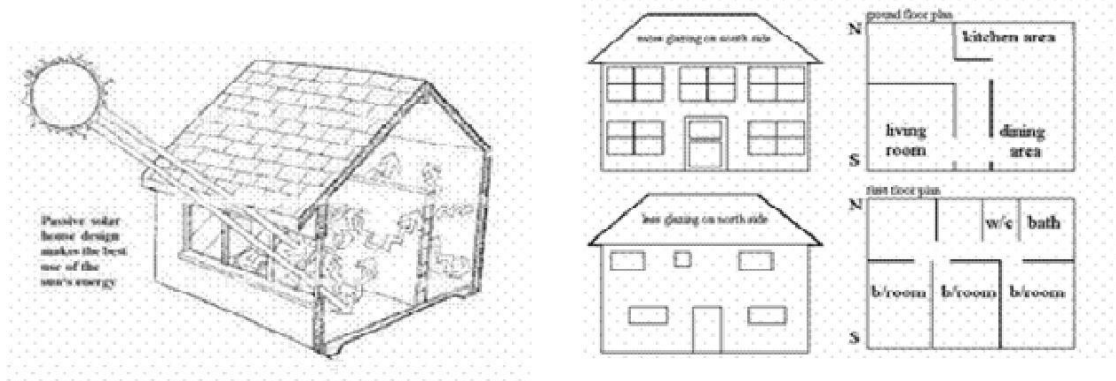
Πρόκειται για αιθριακούς χώρους του κτηρίου οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και η θερμική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμοκηπίων. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής και συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου. Ένα μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτηρίου μέσω ανοιγμάτων, ενώ η υπόλοιπη θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αιθρίου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός



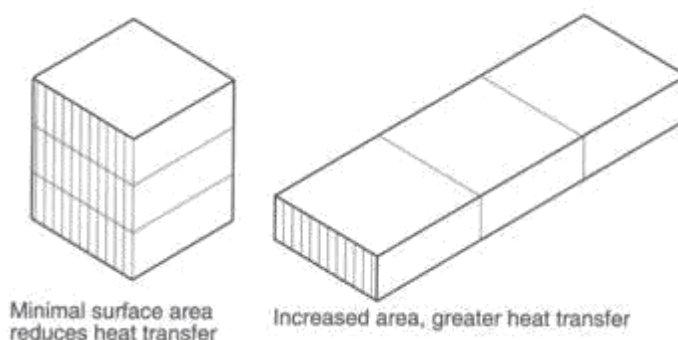
Σχήμα 3.39 Ηλιακά αίθρια

## 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### “ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ, ΣΧΗΜΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ”



Σχήμα 2.1 Βέλτιστη Χωροθέτηση

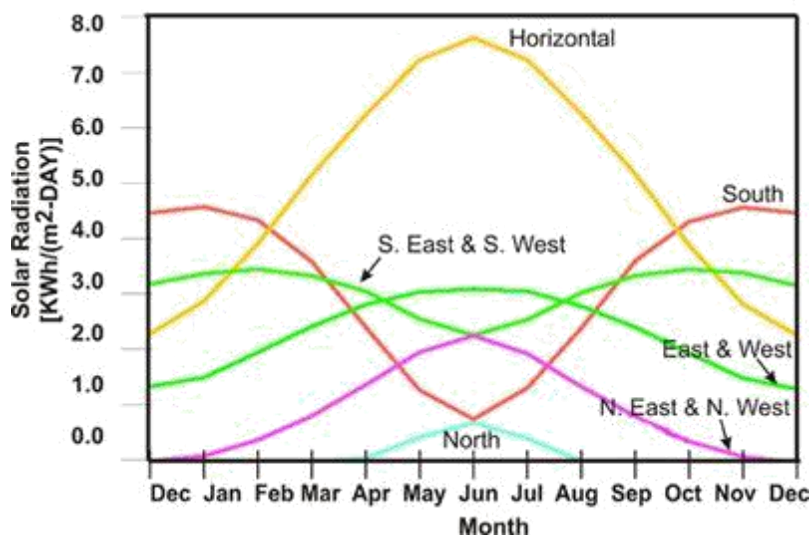


Σχήμα 4.2 Σχήμα κτηρίου και μεταφορά θερμότητας

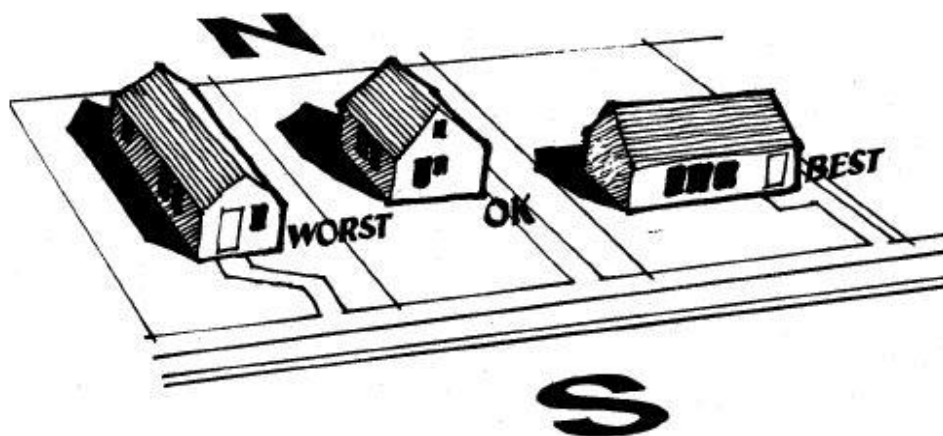
**Το σχήμα και το περιβάλλον** ενός κτηρίου παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή συμπεριφορά του. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να προκαλέσουν εισροή ηλιακών κερδών όταν ο δροσισμός είναι απαραίτητος, ή απώλειες θερμότητας όταν υπάρχει ανάγκη για συλλογή θερμικής ενέργειας. Δυο κτήρια με τον ίδιο όγκο και κατασκευασμένα από τα ίδια υλικά είναι δυνατόν να παρουσιάσουν τελείως διαφορετική ενεργειακή συμπεριφορά αν διαφέρει το σχήμα, ο περιβάλλον χώρος, αλλά και ο προσανατολισμός τους. **Η τοποθέτηση** ενός κτηρίου στο οικόπεδο πρέπει να είναι τέτοια ώστε να λαμβάνει υπόψη τις τροχιές του ήλιου, τη διάρκεια ηλιασμού και την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας. Πολύτιμο εργαλείο αποτελούν οι ηλιακοί χάρτες, οι οποίοι μπορούν να βοηθήσουν στον καθορισμό του ανάγλυφου του περιβάλλοντος για το συγκεκριμένο οικόπεδο, καθώς επίσης και να ορίσουν τις ανάγκες σε σκιασμό από δέντρα ή γειτονικά κτήρια. **Οι νότιες προσόψεις είναι οι πιο αξιόλογες**, όσον αφορά στη δυνατότητα συλλογής ακτινοβολίας κατά το χειμώνα και

αποφυγή της υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

στην προστασία των δυτικών τοίχων από την υπερθέρμανση. Ύστερα από έρευνες που έχουν διεξαχθεί σε σχέση με το σχήμα ενός κτηρίου, **ως βέλτιστο σχήμα θεωρείται το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης**. Το σχήμα αυτό εξασφαλίζει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για τη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα και τον ελάχιστο ηλιασμό το καλοκαίρι.



Σχήμα 4.3 Ηλιακή Ακτινοβολία για διάφορους προσανατολισμούς



Σχήμα 4.4 Βέλτιστο σχήμα και προσανατολισμός κτηρίου

Συνεπώς, **ο βέλτιστος προσανατολισμός ενός κτηρίου για την εύκρατη ζώνη θεωρείται ο νότιος**. Φυσικά το πρόβλημα του προσανατολισμού εξαρτάται και από την τοπογραφία μιας περιοχής, τους πολεοδομικούς περιορισμούς, τον άνεμο και την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς



επίσης και από την προσπάθεια μείωσης του θορύβου. Μελέτες αναδεικνύουν **ως βέλτιστο προσανατολισμό αυτόν που βρίσκεται 17,5° ανατολικότερα του νότου, για βόρεια γεωγραφικά πλάτη 40°** (Η Ελλάδα βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 38°). Το χειμώνα παρέχεται έτσι προστασία από τους βόρειους ανέμους και το καλοκαίρι μειώνονται οι συνθήκες υπερθέρμανσης. Επίσης, ένα κτήριο **που προστατεύεται από τη γη έχει μειωμένες απώλειες θερμότητας** από διείσδυση, ιδιαίτερα σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Αυτό οφείλεται στο ότι οι θερμοκρασίες του εδάφους μένουν σταθερές σε όλη τη διάρκεια του έτους και το χώμα συμβάλλει στο να δίνει μια πρόσθετη θερμική αντίσταση στο περίβλημα του κτηρίου.

Πέρα από τα ηλιακά κέρδη, ο προσανατολισμός ενός κτηρίου σχετίζεται και με τις συνθήκες φυσικού φωτισμού. Μια κατοικία πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο το φως κατά τη διάρκεια της μέρας. Ο σωστός προσανατολισμός του σπιτιού είναι εκείνος που εξασφαλίζει, επίσης, την ποσότητα και την ποιότητα του φωτός που εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους. **Επίσης σημαντικός είναι ο τρόπος διαρρύθμισής των χώρων**, ο οποίος πρέπει να γίνεται με βάση το βαθμό δραστηριότητας που πραγματοποιείται. Έτσι, οι χώροι συχνής χρήσης με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις προσανατολίζονται προς τον νότο, ενώ οι υπόλοιποι προς τη βόρεια πλευρά του κτηρίου. Για τα εύκρατα κλίματα **στην βορινή πλευρά του κτηρίου**, η οποία είναι η ψυχρότερη και η πιο σκοτεινή, πρέπει να τοποθετούνται χώροι μικρότερης χρήσης, όπως αποθήκες, κλιμακοστάσια και γκαράζ. Οι χώροι αυτοί προστατεύουν το υπόλοιπο κτήριο, λειτουργούν ως χώροι ανάσχεσης και μετριάζουν τις εξωτερικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Τα υπόγεια και οι σοφίτες μπορούν να επιτελούν παρεμφερείς λειτουργίες. Για να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά αυτοί οι χώροι, καλό είναι να υπάρχει μόνωση μεταξύ αυτών των τμημάτων του κτηρίου από τα άλλα τμήματα που θερμαίνονται καλύτερα. **Στη νότια πλευρά**, που δέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το χειμώνα και το ελάχιστο κατά το θέρος, μπορούν να προσαρτηθούν θερμοκήπια και βεράντες που συμβάλλουν στη δέσμευση της θερμικής ενέργειας, καθώς επίσης να τοποθετηθούν οι αίθουσες καθημερινής χρήσης όπως τα σαλόνια, η τραπεζαρία και η κουζίνα που έχουν ανάγκες σε φωτισμό και θέρμανση .

## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΕΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ”

Στην κατηγορία αυτή, **ανήκουν συστήματα και τεχνικές που σκοπό έχουν να μειώσουν τα θερμικά φορτία που δέχεται ένα κτήριο κατά την περίοδο του θέρους**. Την περίοδο αυτή,

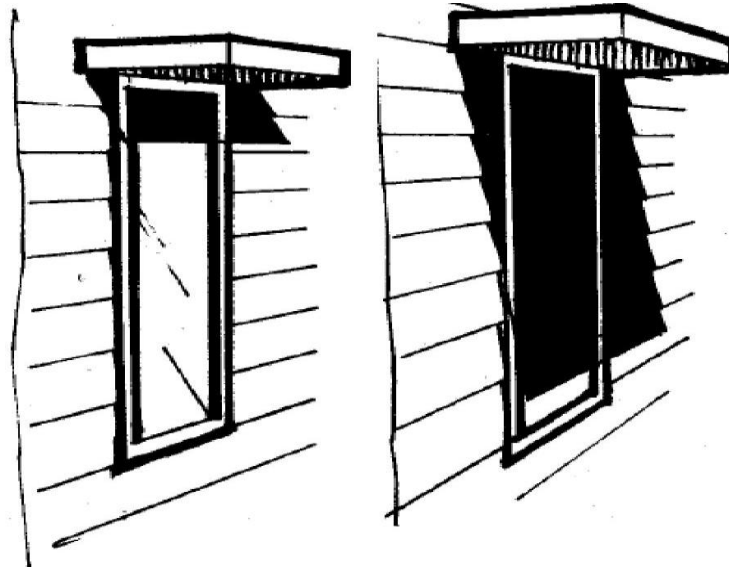
που οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές, υπάρχει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης, γι' αυτό το κτήριο πρέπει να «συμπεριφέρεται» ως «φυσικός συλλέκτης» δροσισμού και ψύξης. Οι ακτίνες του ήλιου, η διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα στο κτήριο και τα εσωτερικά κέρδη από τις δραστηριότητες των ενοίκων και τις συσκευές μπορεί να οδηγήσει σε μη αποδεκτές καταστάσεις. Για να επιτευχθεί μια άνετη εσωτερική θερμοκρασία, πρέπει να ληφθούν μια σειρά από μέτρα όπως :

- Ηλιοπροστασία με κατάλληλο σκιασμός, ώστε να προλαμβάνονται οι ακτίνες του ήλιου από τη διείσδυση τους στον εσωτερικό χώρο και φύτευση βλάστησης στο περιβάλλοντα χώρο και στα δώματα

Φυσικός Αερισμός, προκειμένου να αποβάλλεται ο ανεπιθύμητος θερμός αέρας και να αντικαθίσταται από καθαρό εξωτερικό

- Φυσική ψύξη και δροσισμός, για να μεταφέρεται η περίσσεια θερμότητας από το κτήριο προς το περιβάλλον

## 5.1 Ηλιοπροστασία - Σκιασμός



Σχήμα 5.1 Εξωτερικά σταθερά οριζόντια σκίαστρα

Τα ηλιακά κέρδη που προκύπτουν από τα παράθυρα ενός κτηρίου, κατά το πέρασμα της θερμογόνου ηλιακής ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα μεγάλα και χρειάζονται απαραίτητως ηλιοπροστασία. Η μελέτη της ηλιοπροστασίας πρέπει να περιλαμβάνει την επαρκή σκίαση των ανοιγμάτων κατά το θέρος, αλλά να μην περιορίζει το ηλιακό θερμικό κέρδος κατά το χειμώνα και να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες σε φυσικό φωτισμό.

**Η σκίαση είναι περισσότερη αποδοτική όταν είναι εξωτερική**, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζεται να εισέλθει και να εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους και **μπορεί να μειώσει κατά 80-90% τα ηλιακά κέρδη**. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκιάστρων παρέχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνεται σκίαση των ανοιγμάτων όταν είναι αυτό απαραίτητο, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους. Συνεπώς, **ο πιο αποτελεσματικός τρόπος σκιασμού, είναι η χρήση εξωτερικών σκιάστρων με κινητές περσίδες**, που όμως είναι ιδιαίτερα ακριβά. Για το λόγο αυτό προτιμάται σταθερή εξωτερική σκίαση που συνδυάζεται με εσωτερικά στόρια που λειτουργούν συμπληρωματικά, επειδή τα συμβατικά κρύσταλλα έχουν πολύ μικρή αντίσταση.

Από τους πιο απλούς τρόπους σκιασμού είναι η **τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων** ή βλάστησης που διακόπτουν τον άμεσο ηλιασμό, αλλά παράλληλα, λόγω της σκιάς

τους μειώνουν τις θερμοκρασίες κοντά στο έδαφος. Σε σχέση με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων έχει προκύψει ότι:

- Τα νότια ανοίγματα λαμβάνουν πιο λίγη ακτινοβολία κατά την καλοκαιρινή περίοδο και είναι εύκολο να προστατευτούν.
- Τα δυτικά και ανατολικά παράθυρα, ωστόσο, θέτουν ένα μεγαλύτερο πρόβλημα, διότι η θέση του ήλιου είναι χαμηλά στον ουρανό όταν βρίσκεται στην ανατολή ή στην δύση. Για το λόγο αυτό, μια βιοκλιματική λύση είναι η μελέτη μείωσης κατά το δυνατόν της επιφάνειας των ανατολικών και δυτικών υαλοστασίων.

Πίνακας 5.1 Προτεινόμενο τύπος σκίασης ανάλογα με τον προσανατολισμό

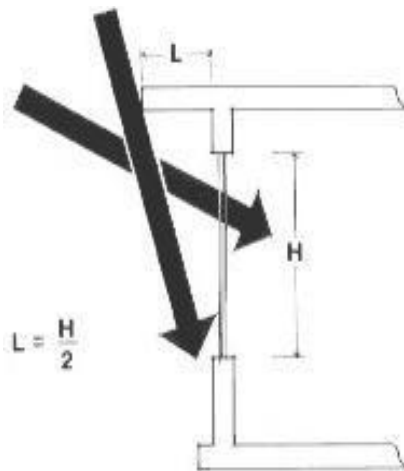
Προσανατολισμός	Προτεινόμενος τύπος Σκίασης
Νότιος	Σταθερά ή ρυθμιζόμενα σκίαστρα τοποθετημένα οριζόντια πάνω από το παράθυρο
Ανατολικός & Δυτικός	Ρυθμιζόμενα κατακόρυφα πετάσματα εξωτερικά των παραθύρων
Νοτιοανατολικός & Νοτιοδυτικός	Ρυθμιζόμενη Σκίαση
Βορειοανατολικός & Βορειοδυτικός	Φύτευση Βλάστησης

### 5.1.1 Σταθερά Σκίαστρα

Αποτελούν σταθερό μέρος του κτηρίου και ο σχεδιασμός τους πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον προσανατολισμό και το σχήμα του ανοίγματος που χρειάζεται να προστατευτεί σε συσχέτιση με τη θέση του ήλιου στις διάφορες χρονικές περιόδους της ημέρας και του έτους. Χρησιμοποιούνται στην εξωτερική όψη του κτηρίου και εμποδίζουν την άμεση ακτινοβολία να φτάσει στα ανοίγματα, με αποτέλεσμα να απορροφούν και να διαχέουν τη θερμότητα στον εξωτερικό αέρα. Υλικό κατασκευής τους είναι το σκυρόδεμα, το αλουμίνιο και το πλαστικό

Διακρίνονται σε:

- Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα Που συνιστώνται για **νότιο προσανατολισμό**. Μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου ή ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων. Για γεωγραφικό πλάτος  $40^{\circ}$  οι αναλογίες τους πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να σχηματίζεται ανάμεσα στο εξωτερικό σκίαστρο και στο κατώφλι του ανοίγματος γωνία ύψους  $55^{\circ}$ , ενώ για γεωγραφικό πλάτος  $36^{\circ}$  συνίσταται γωνία  $60^{\circ}$ . **Για την Αθήνα**, οπότε, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι  $55-60^{\circ}$ .
- Κατακόρυφα εξωτερικά σκίαστρα, κατάλληλα για **ανατολικά και δυτικό προσανατολισμό**. Μπορεί να είναι είτε κάθετα, ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος. Για τη χώρα μας, το μήκος προεξοχής καθορίζεται από τη γωνία των  $35^{\circ}$ .



*Σχήμα 5.2* Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα, κατάλληλα για νότιο προσανατολισμό. Όταν το σκίαστρο έχει μήκος ίσο με το μισό του ανοίγματος του παραθύρου, επιτυγχάνεται επαρκής σκιασμός από το Μάιο έως τον Αύγουστο, ενώ παράλληλα το χειμώνα επιτρέπεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στ εσωτερικό



*Σχήμα 5.3* Οριζόντιες εξωτερικές περσίδες, κατάλληλες για νότιο προσανατολισμό. Λειτουργούν αποδοτικά, εκτός από τις γωνίες. Διπλή σειρά περσίδων έχει χρησιμοποιηθεί

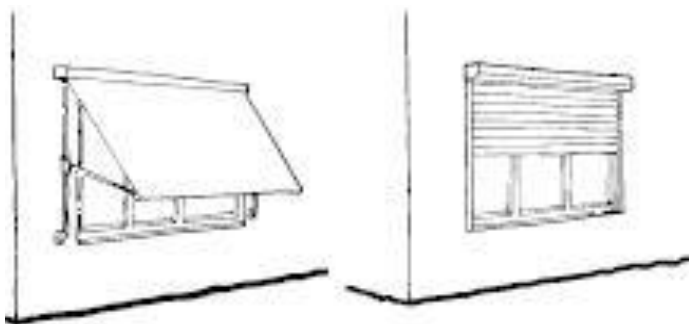


*Σχήμα 5.4* : Διάταξη από κάθετες, σταθερές, εξωτερικές περσίδες, κατάλληλες για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό

### 5.1.2 Κινητά Σκίαστρα

Επειδή οι κλιματικές εποχές δε συμφωνούν με τις ηλιακές εποχές, στις περιοχές με μεγάλο διάστημα λειτουργίας της θέρμανσης είναι προτιμότερο να εφαρμόζεται κινητή προστασία η οποία μπορεί να ρυθμιστεί εύκολα. Σκίαστρα, στόρια, ενετικά στόρια, τέντες και κουρτίνες, αποτελούν ρυθμιζόμενους μηχανισμούς σκίασης. Διακρίνονται σε:

- Εξωτερικά κινητά σκίαστρα, που είναι εν γένει μεταλλικές περσίδες, **οριζόντιες για νότιο προσανατολισμό και κατακόρυφες για δυτικό/ ανατολικό**. Στην κατηγορία αυτή είναι και οι κοινές τέντες.



Σχήμα 5.5 : Εξωτερικά κατακόρυφα σκίαστρα, κατάλληλα για δυτικό/ανατολικό προσανατολισμό



Σχήμα 5.6 : Τέντες για εξωτερική σκάση

- Εσωτερικά κινητά σκίαστρα, συνιστώνται για νότιους, ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς. Προτεινόμενα είναι τα ενετικά στόρια, κατά προτίμηση κινούμενα πάνω σε οδηγούς, για εξασφάλιση καλής λειτουργίας και μεγαλύτερου χρόνου ζωής.



Σχήμα 5.7 : Εσωτερικά ενετικά στόρια

Τα κινητά σκίαστρα, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν **και το χειμώνα** αυξάνοντας τη θερμομόνωση. Ο έλεγχος τους μπορεί να είναι χειροκίνητος ή μηχανοκίνητος. Οι τέντες μπορούν να περιορίσουν το θερμικό κέρδος μέχρι 65%, στις νότιες όψεις, ενώ για ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς το ποσοστό αγγίζει το 80%. **Η αποδοτικότητα τους εξαρτάται από τα υλικά, την ηλικία και τη φθορά από τις καιρικές συνθήκες.** Τα ενετικά στορ επιτυγχάνουν ταυτόχρονα αερισμό και σκίαση και είναι πιο αποτελεσματικά όταν είναι τοποθετημένα εξωτερικά. Η αποτελεσματικότητα της σκίασης που εξασφαλίζουν εκφράζεται με ένα **συντελεστή σκίασης** που είναι ο λόγος της ηλιακής ενέργειας που διέρχεται από το προστατευτικό άνοιγμα σε σχέση με την ενέργεια που θα περνούσε αν το άνοιγμα δεν ήταν προστατευόμενο.

Ένας άλλος τρόπος σκίασης είναι **με ειδικά διάτρητα ρολά**. Πρόκειται για διάτρητα ηλιοπροστατευτικά ρολά, τα οποία τοποθετούνται **εσωτερικά ή εξωτερικά**, κατάλληλα για **όλους τους προσανατολισμούς**, που μπορούν να μειώσουν την εισερχόμενη ακτινοβολία έως και 70-80% . Το ύφασμα τους αποτελείται από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου, σε αραιή λεπτή ύφανση. Συμβάλλουν επίσης στη μείωση της θάμβωσης, ενώ επιτρέπουν μερική



θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον .

### 5.1.3 Σκίαση από δέντρα



Σχήμα 5.8 Σκίαση από βλάστηση

Κυρίως για τον **ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό**. Τα φυλλοβόλα δέντρα, το χειμώνα, όταν τα κλαδιά είναι γυμνά, επιτρέπουν την ακτινοβολία του ήλιου να διέλθει από τα υαλοστάσια, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζουν, όπως είναι επιθυμητό. Είναι καλό να επιλέγονται δέντρα με πυκνό φύλλωμα και λίγα κλαδιά, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή σκίαση το καλοκαίρι και η ελάχιστη το χειμώνα. Αειθαλή δέντρα συνιστώνται για αρκετά υγρά και ορισμένες φορές για ζεστά κλίματα . **Αξιοσημείωτο είναι ότι ένα γυμνό δέντρο παρεμποδίζει τις ακτίνες του ήλιου περίπου κατά 20-40%**. Σε θερμές περιοχές, ένα σπίτι που η σκεπή του σκιάζεται μπορεί να είναι κατά 6-12 °C πιο δροσερό από ένα ασκίαστο. Αρκετά καλαίσθητη είναι επίσης η λύση της πέργκολας, προσκείμενης σε μια πλευρά του κτηρίου. Αποτελέσματα από έρευνες στις ΗΠΑ δεικνύουν ότι **με την φύτευση ενός δέντρου ανά σπίτι, η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη κυμαίνεται μεταξύ του 12%-24%**. Επιπροσθέτως, η τοποθέτηση τριών δέντρων σε κάθε σπίτι μπορεί να μειώσει το ψυκτικό φορτίο από 17% έως 57%. **Ο σκιασμός από δέντρα μόνο, συμβάλλει κατά 10-35% στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη** .

#### 5.1.4 Σκίαση από γειτονικά κτήρια



Σχήμα 5.9 Σκίαση από γειτονικά κτήρια

Φαινόμενο που χρησιμοποιείται κυρίως σε θερμά και ξηρά κλίματα, όπου οι πόλεις σχεδιάζονται και χτίζονται σε πολύ συμπαγή μορφή, με στενούς δρόμους, ώστε τα κτήρια να σκιάζονται σε κάποιο ποσοστό. Γενικά η τοπογραφική διαμόρφωση μιας θέσης μπορεί να δημιουργεί σκιά, η οποία επηρεάζεται από την τροχιά του ήλιου, τον προσανατολισμό του και την κλίση του εδάφους .

#### 5.1.5 Ειδικά Κρύσταλλα

Πρόκειται για ειδικά κρύσταλλα συγκεκριμένης τεχνολογίας, τα οποία διαφοροποιούνται από τα κοινά ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά και συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Διακρίνονται σε :

**α) Απορροφητικά:** Περιορίζουν την διαπερατότητα της ακτινοβολίας διαμέσου του παραθύρου και αυξάνουν, μετά την απορρόφηση, την επανεκπομπή προς το εξωτερικό. Πλεονέκτημα τους είναι το ότι δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.

**β) Τα ανακλαστικά:** Καλύπτονται από λεπτή στρώση οξειδίου μετάλλου που είναι έντονα ανακλαστικό. Συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια.

Οι δύο αυτοί τύποι τζαμιών συστήνονται κυρίως για **δυτικά/ ανατολικά** παράθυρα.

**γ) Κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής (low-e):** Τα κρύσταλλα αυτά, είναι **σχεδόν αδιαπέραστα από την υπέρυθη ακτινοβολία** (θερμική ακτινοβολία προερχόμενη κυρίως από γειτονικά κτήρια). Όπως είναι γνωστό λιγότερη από τη μισή ακτινοβολία του ήλιου είναι ορατή.

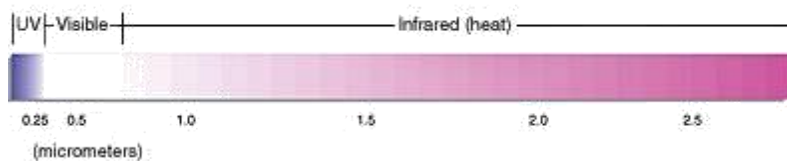
Ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος από την ορατή είναι η υπέρυθη ακτινοβολία, η οποία γίνεται αισθητή ως θερμότητα, ενώ ακτινοβολία μικρότερου μήκους κύματος είναι η υπεριώδης. (Σχήμα 5.10)

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε ένα παράθυρο, ορατό φως, θερμότητα και υπεριώδης ακτινοβολία αντανακλώνται, απορροφώνται, ή εκπέμπονται στο εσωτερικό του κτηρίου.

**Με την τοποθέτηση κρυστάλλων χαμηλής εκπομπής, σε θερμά κλίματα,** αντανακλάται η θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος, αλλά επιτρέπεται η διέλευση της ορατής ακτινοβολίας. Αντίθετα, **σε ψυχρά κλίματα** αντανακλάται η θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος προς το εσωτερικό του κτηρίου, με ταυτόχρονη, επίσης, διέλευση της ορατής ακτινοβολίας. Η μικρότερου κύματος ορατή ακτινοβολία απορροφάται έπειτα από το πάτωμα, τους τοίχους και τα έπιπλα και επανεκπέμπεται ως θερμή ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος, που τα ανακλαστικά κρύσταλλα κρατούν στο εσωτερικό. Συνεπώς, τα κρύσταλλα αυτά λειτουργούν αποδοτικότερα, όταν σε **θερμά κλίματα** τοποθετηθούν στην εξωτερική επιφάνεια ενός παραθύρου και στα **ψυχρά** στην εσωτερική (Σχήμα 5.11). Από τον πίνακα 5.2, φαίνεται η αποδοτικότητα των κρυστάλλων αυτών.

Πίνακας 5.2

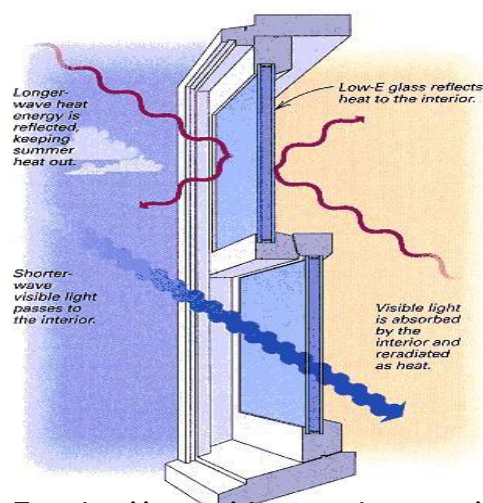
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΠΛΩΝ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΣΕ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ			
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση πετρελαίου (λίτρα)
ΦΛΩΡΙΝΑ	Διπλός 4-6-4	12.216	1.222
	Διπλός 4-12-4	14.381	1.438
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	16.421	1.642
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	Διπλός 4-6-4	8.551	855
	Διπλός 4-12-4	10.007	1.001
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	11.604	1.160
ΑΘΗΝΑ	Διπλός 4-6-4	5.192	519
	Διπλός 4-12-4	6.016	602
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	7.473	747
ΧΑΝΙΑ	Διπλός 4-6-4	4.191	419
	Διπλός 4-12-4	4.449	445
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	5.491	549



Σχήμα 5.10 Φάσμα ακτινοβολίας.

**δ) Έγχρωμοι υαλοπίνακες**, οι οποίοι με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Κρύσταλλα πράσινης ή μπλε απόχρωσης, που είναι σχεδόν αδιαπέραστα στην υπέρυθη ακτινοβολία, θα παρέχουν αισθητικό αποτέλεσμα και **μείωση των ηλιακών κερδών κατά 30-50%**.

**ε) Φωτοχρωμικά, θερμοχρωμικά και ηλεκτροχρωμικά κρύσταλλα**, τα οποία τροποποιούν τις ακτίνες του ήλιου, καθώς αυτές εισέρχονται. Τα πρώτα, είναι κρύσταλλα στα οποία οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτά ηλιακής ακτινοβολίας. Τα θερμοχρωμικά, με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανή σε γαλακτόχρωμα, ενώ στα ηλεκτροχρωμικά τα οπτικά χαρακτηριστικά και η διαπερατότητα μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.



Σχήμα 5.11 Τα κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής αντανακλούν τη θερμική ενέργεια, ενώ επιτρέπουν τη διέλευση του ορατού φωτός. Έτσι, το καλοκαίρι αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου, ενώ το χειμώνα, η ηλιακή ορατή ακτινοβολία, που σχηματίζει χαμηλότερη γωνία, εισέρχεται στο εσωτερικό και απορροφάται ως θερμότητα

### Παράγων Ηλιακού Κέρδους

Ο παράγοντας ηλιακού κέρδους (**SHGC**), δείχνει το ποσοστό της **διαθέσιμης** ηλιακής θερμικής ακτινοβολίας, που επιτυχώς διέρχεται από ένα παράθυρο. Η κλίμακα μέτρησης του είναι από 0 έως 1 (για διέλευση 100% της διαθέσιμης ακτινοβολίας). Τα κρύσταλλα των παραθύρων, κατασκευάζονται έτσι ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση ορισμένου μήκους ακτινοβολίας. Έτσι, για παράδειγμα, ένας ιδανικός συνδυασμός για τα **ζεστά κλίματα** είναι να έχουμε ένα παράθυρο που να μπλοκάρει την θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος (χαμηλός SHGC), αλλά να επιτρέπει την διέλευση της ορατής. Ένας χαμηλός παράγοντας θερμικού κέρδους μπορεί να μειώσει τις ανάγκες για κλιματισμό, περισσότερο απ'ότι θα μείωνε η προσθήκη ενός επιπλέον φύλλου γυαλιού στο παράθυρο, για αύξηση της μόνωσης

*Πίνακας 5.3 Προτεινόμενες τιμές του παράγοντα ηλιακού θερμικού κέρδους για διάφορους τύπους κλίματος.*

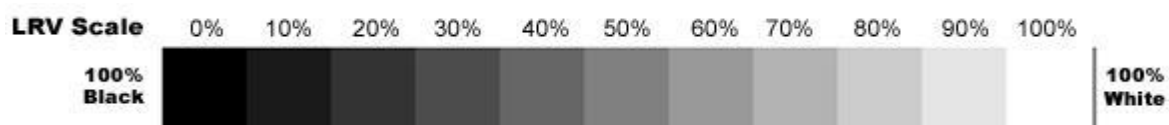
Τύπος κλίματος	Τιμή SHGC
Θερμά	<0.40
Ψυχρά	>0.55
Εύκρατα	0.40-0.55

#### 5.1.6 Επικεφαλίδες επιπέδου 3



**Σχήμα 5.12** «Όσο πιο ζεστή η στέγη, τόσο πιο ζεστά τα δωμάτια. Οι ανοιχτόχρωμες ανακλαστικές στέγες είναι σαν το κτήριο να φοράει «λευκό» πουκάμισο, το οποίο ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία. Ακόμα κα ένα ελαφρύ γκρι χρώμα είναι καλύτερο από ένα μπλε ή πράσινο.»

Πρόκειται για τα ανοικτά χρώματα, με τα οποία είναι βαμμένα τα κτήρια της Μεσογείου, για να αντανακλούν μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μουντοί σκουρόχρωμοι εξωτερικοί τοίχοι απορροφούν το 70-90% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με συνέπεια την αποθήκευση θερμότητας, η οποία τελικά μεταδίδεται στο εσωτερικό του κτηρίου . Αντίθετα, **οι ανοιχτόχρωμοι τοίχοι ανακλούν μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας**, μειώνοντας τη μετάδοση θερμότητας μέσω των επιφανειών στους εσωτερικούς χώρους. Η θερμοκρασία μιας επιφάνειας με σκούρο χρώμα μπορεί να φτάσει μέχρι και 40 °C υψηλότερα από μια ανοικτού χρώματος επιφάνεια. **Η μείωση του απαραίτητου ψυκτικού φορτίου μπορεί να φτάσει το 25%, βάφοντας τις σκουρόχρωμες επιφάνειες των εξωτερικών όψεων ή του δώματος, με ανοικτά χρώματα**]. Δεδομένου ότι η αλλαγή χρώματος δεν συνεπάγεται υψηλό κόστος, πρόκειται για μια αρκετά αποτελεσματική επέμβαση. Μέτρο της ανακλαστικότητας ενός χρώματος είναι η τιμή ανάκλασης του φωτός (**LRV-Light Reflective Value**). Ο συντελεστής αυτός δείχνει πόση ακτινοβολία οποιουδήποτε κύματος ανακλά ένα χρώμα. Υψηλή τιμή **LRV** υποδεικνύει ανοιχτόχρωμη επιφάνεια. Αξιοσημείωτο είναι επίσης, ότι οι επιφάνειες ανοικτού χρώματος έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, διότι αντανακλούν και βλαβερές ακτινοβολίες του ήλιου, τη στιγμή που μια μαύρη θα τις απορροφούσε .



Σχήμα 5.13 Δείκτης ανακλαστικότητας LRV.

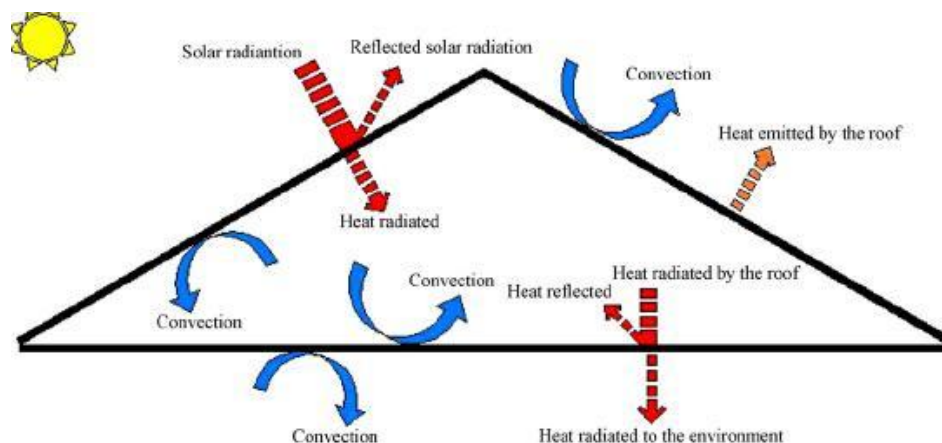
### 5.1.7 Φράγμα ακτινοβολίας



Σχήμα 5.14 Δείκτης ανακλαστικότητας LRV.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε μια στέγη, μέρος της απορροφάται και θερμαίνει τα δομικά στοιχεία της στέγης, ένα άλλο μέρος της ακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον και ένα άλλο μέρος της μεταφέρεται ως θερμότητα, με συναγωγή και ακτινοβολία προς τον εσωτερικό χώρο. Οι θερμικές συναλλαγές με τη στέγη, φαίνονται στην εικόνα 55.

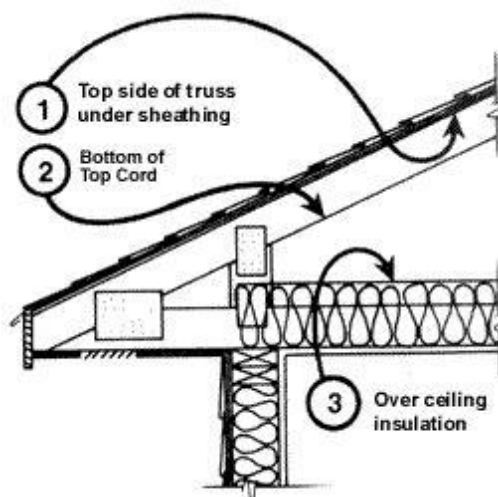
**Το φράγμα ακτινοβολίας τοποθετείται στα κτήρια, στη στέγη,** προκειμένου να μειώσει τα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και να μειώσει τις απώλειες το χειμώνα, περιορίζοντας έτσι τις ανάγκες σε ψυκτικά και θερμικά φορτία αντίστοιχα. Πρόκειται για λεπτά φύλλα που κατασκευάζονται από υψηλά ανακλαστικά υλικά, συνήθως από αλουμίνιο στη μία ή και στις δύο πλευρές τους. Τα φύλλα αυτά πέρα από **μεγάλη ανακλαστικότητα, έχουν και υψηλό συντελεστή εκπομπής,** με αποτέλεσμα να διαπερνώνται από ελάχιστα μόνον ποσοστά ακτινοβολίας (Ο συντελεστής εκπομπής δείχνει την ικανότητα ενός υλικού να εκπέμπει την ακτινοβολία που έχει απορροφήσει). Λειτουργεί αποδοτικότερα όταν τοποθετείται έτσι ώστε να «βλέπει» το εξωτερικό περιβάλλον. Ωστόσο, μπορεί να τοποθετηθεί και κάτω από τη στέγη, στη σοφίτα, στο διάκενο δηλαδή, που υπάρχει αέρας μεταξύ της στέγης και του ταβανιού του τελευταίου ορόφου, ή κατευθείαν κάτω από τη στέγη (Εικόνα 56). Λόγω της ανακλαστικότητάς του, μπορεί να ανακλάσει προς τη στέγη, μεγάλο ποσό της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από αυτήν προς τα κάτω, ενώ η χαμηλή εκπομπή της κάτω πλευράς του, που έρχεται σε επαφή με το ταβάνι του κάτω ορόφου, εμποδίζει τη ροή θερμότητας προς τα δωμάτια.



Σχήμα 5.15 Μετάδοση θερμότητας προς την στέγη κτηρίου .

Ένα από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε κτήριο, βιομηχανικής, εμπορικής, ή οικιστικής χρήσης. Στις κατοικίες μπορεί να τοποθετηθεί στις στέγες, ακολουθώντας την κλίση τους ή οριζόντια στα δώματα. Σύμφωνα με έρευνες, τα φύλλα που τοποθετούνται οριζόντια έχουν 5% καλύτερη απόδοση από αυτά που τοποθετούνται κάτω από κεκλιμένες στέγες . Το σύστημα παρέχει θερμική προστασία κυρίως τους **καλοκαιρινούς μήνες**, διότι η θερμική ακτινοβολία που απορροφάται από τη στέγη δεν εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο, αλλά το μεγαλύτερο τμήμα της ανακλάται μακριά από τον κατειλημμένο χώρο του κτηρίου. Τα φράγματα ακτινοβολίας συνιστώνται κυρίως για τμήματα των ελαφρών κτηρίων **σε θερμά και υγρά κλίματα**, όπου είναι δύσκολο να παρασχεθεί προστασία από τη θερμότητα. Αποδίδουν ιδιαίτερα σε χώρους όπου έχω ροή θερμότητας προς τα κάτω, όπως σε μια σοφίτα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Εάν στη σοφίτα τοποθετηθεί απλό ανακλαστικό φύλλο, μπορούμε να πετύχουμε **μεγάλη μείωση της μετάδοσης θερμότητας**. Προσοχή χρειάζεται η συνδυασμένη χρήση και μόνωσης, διότι το χειμώνα η ροή θερμότητας αντιστρέφεται και υπάρχει περίπτωση συμπύκνωσης. Για το λόγο αυτό, εξελιγμένα φράγματα ακτινοβολίας επιτρέπουν τους υδρατμούς του νερού να τα διαπερνούν. Διαφορετικά, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι υδρατμοί που έρχονται από τον κάτω όροφο, είναι δυνατόν να συμπυκνωθούν ή ακόμα και να παγώσουν στην κάτω επιφάνεια του φράγματος που βρίσκονται στο «πάτωμα» της σοφίτας .

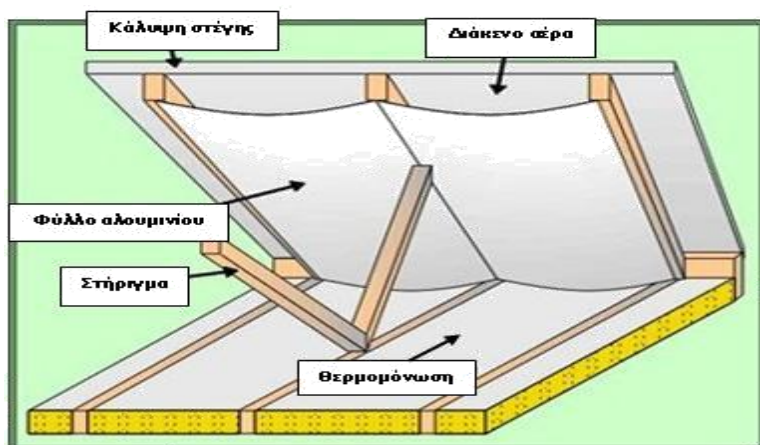




Σχήμα 5.16 Θέσεις στις οποίες μπορεί να τοποθετηθεί ένα φράγμα ακτινοβολίας

Σύμφωνα με έρευνα του Πανεπιστημίου της Σάντα Καταρίνα στη Βραζιλία, ένα αξιόπιστο φράγμα ακτινοβολίας μπορεί να μειώσει τη ροή θερμότητας μέχρι 70%. Το πείραμα που διεξήγαγε το Πανεπιστήμιο ήταν το εξής:

Έγιναν μετρήσεις σε πραγματική στέγη, της οποίας ένα κεκλιμένο μέρος χωρίστηκε σε οχτώ ίσα μέρη. Κάθε κομμάτι είχε ως επίστρωση διαφορετικό υλικό, όπως αλουμινόχαρτο, πορώδη κεραμίδια κόκκινου χρώματος, κεραμίδια βαμμένα λευκά, εμπορικά φύλλα φράγματος ακτινοβολίας κ.α, ενώ ένα κομμάτι έμεινε χωρίς επίστρωση.



Σχήμα 5.17 Φράγμα Ακτινοβολίας

**Η επίστρωση που εμφάνισε την καλύτερη απόδοση ήταν το ένα από τα εμπορικά φράγματα ακτινοβολίας** που χρησιμοποιήθηκαν. Ενδεικτικά, για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα στη Βραζιλία, με υψηλή ακτινοβολία, την πιο θερμή ώρα της ημέρας, η ροή θερμότητας δια μέσου του ακάλυπτου τμήματος ήταν  $82.4 \text{ Wm}^{-2}$ , ενώ δια μέσου του τμήματος με το φράγμα  $22.5 \text{ Wm}^{-2}$ . Από τον πίνακα 15, διαπιστώνουμε ότι για μια καλοκαιρινή ημέρα με χρήση φράγματος ακτινοβολίας έχουμε κατά 63-73% μείωση της θερμοροής προς το εσωτερικό. Τη νύχτα που η ροή αντιστρέφεται, στην περίπτωση των κεραμιδιών, έχουμε μεγαλύτερη απώλεια θερμότητας προς τα έξω απ'ότι στην περίπτωση της ακάλυπτης οροφής (αρνητική απόδοση).

Πίνακας 5.4

Είδος Επίστρωσης	Απόδοση % σε ώρα υψηλότερης θερμοκρασίας	Μέση 24ωρη απόδοση %	Νυχτερινή Απόδοση%
Χωρίς Επίστρωση	-	-	-
Εμπορικό Φράγμα Ακτινοβολίας 1	73	76	63
Πορώδη κεραμίδια	48	86	-24
Κεραμίδια λευκά	30	70	-25

Από την έρευνα διαπιστώθηκε ότι η τοποθέτηση του φράγματος ακτινοβολίας εμπόδισε όχι μόνο τα θερμικά κέρδη κατά τη διάρκεια της ζεστής καλοκαιρινής ημέρας, αλλά επίσης και τις θερμικές απώλειες τις νυχτερινές ώρες και κατά τη διάρκεια κρύων ή συννεφιασμένων ημερών.

### 5.1.8 Βλάστηση-Φυτεμένα δώματα

Σε κάθε τοποθεσία, ο άνθρωπος μπορεί να παρέμβει προκειμένου να τροποποιήσει το περιβάλλον γύρω από τα κτήρια, δημιουργώντας συνθήκες που συνιστούν το **μικροκλίμα**, όπως ονομάζεται το κλίμα, μια μικρής σχετικά επιφάνειας .

Ο ρόλος της βλάστησης σε ένα δομημένο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Τα φυτά σκιάζουν το κτήριο και έτσι παρέχουν πολύτιμη ηλιοπροστασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, μειώνοντας τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα.

Επίσης, μέσω των βασικών λειτουργιών των φυτών για φωτοσύνθεση, διαπνοή και

εξάτμιση, παρέχεται σημαντικός δροσισμός

Η αποβολή νερού από τα φύλλα με τη μορφή υδρατμών γίνεται με τη βοήθεια θερμότητας που αντλείται από τον αέρα περιβάλλοντος με αποτέλεσμα την τοπική μείωση της θερμοκρασίας. Χαρακτηριστικό είναι ότι ένα μεσαίου μεγέθους δέντρο, στη διάρκεια μιας καλοκαιρινής μέρας, εξατμίζει περίπου 1.460 kg νερού και ο δροσισμός που πετυχαίνεται είναι πολύ σημαντικός. Συνεπώς, ο αέρας κοντά στο έδαφος σε δεντροφυτεμένες περιοχές είναι πιο δροσερός από άλλες δομημένες περιοχές. **Πειραματικές μετρήσεις έχουν δείξει ότι η διαφορά θερμοκρασίας δεντροφυτεμένων περιοχών και δομημένων αντίστοιχα, μπορεί να φτάσει μέχρι και 5 °C .**



Σχήμα 5.18 Πράσινες στέγες

Ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπου εμφανίζεται το **φαινόμενο της θερμικής νησίδας**, η βλάστηση είναι αναγκαία. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, η θερμοκρασία του αέρα είναι ιδιαίτερα υψηλή στις πόλεις λόγω του μικροκλίματος που δημιουργείται από το υπερδομημένο περιβάλλον και τις ανθρώπινες επεμβάσεις. Οι αστικές περιοχές με χαμηλή ποιότητα κλίματος, που είναι περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, μεγάλο πληθυσμό, κυκλοφοριακό πρόβλημα, αυξημένο δομημένο περιβάλλον και μειωμένους πράσινους χώρους, χρησιμοποιούν περισσότερο ποσό ενέργειας για κλιματισμό από τις μη αστικές περιοχές.

**Η πόλη της Αθήνας χαρακτηρίζεται από έντονο φαινόμενο θερμικής νησίδας, λόγω της αυξημένης βιομηχανικής δραστηριότητας και της αστικοποίησης των τελευταίων χρόνων. Το φαινόμενο εμφανίζεται τόσο το καλοκαίρι, όσο και το χειμώνα, με μέση ημερήσια ένταση που κυμαίνεται μεταξύ 6-12 °C για τις κεντρικές ζώνες. Οι φυτεμένες στέγες και η φύτευση βλάστησης μπορούν να επιδράσουν θετικά στο κλίμα της πόλης και στο εσωτερικό κλίμα των κτηρίων, προστατεύοντας τα από την ηλιακή ακτινοβολία και μειώνοντας το φαινόμενο της θερμικής νησίδας .**

### **Φυτεμένο δώμα**

Είναι ένα πολύπλοκο θερμικό σύστημα που έχει **σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για το καλοκαίρι, αλλά και για το χειμώνα**. Τη θερινή περίοδο, έχει την ιδιότητα να ανακλάει 20-30% της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο δώμα και απορροφάει το υπόλοιπο τμήμα της στην επιφάνεια των φύλλων. Επίσης το χώμα, λόγω της θερμοχωρητικότητας του, επιβραδύνει τη ροή θερμότητας προς το εσωτερικό του κτηρίου. Το φυτεμένο δώμα αποτελεί, άρα, **μέσο θερμικής μόνωσης** του κτηρίου, λόγω των υλικών που το αποτελούν (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών).

Γενικότερα, η φύτευση βλάστησης στο δώμα, πέρα από τη **μείωση των καλοκαιρινών θερμικών φορτίων**, συμβάλλοντας έτσι στην **εξοικονόμηση ενέργειας, βελτιώνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας**, καθαρίζοντας τον αέρα από ρύπους και παρέχοντας οξυγόνο, **αλλάζει το μικροκλίμα** της περιοχής, **μειώνει την ηχορύπανση, τη σκόνη και το νέφος**.

Επιπροσθέτως, προστατεύει τα υποκείμενα **μονωτικά υλικά από φθορές** που θα προκαλούσε η έκθεσή τους στον ήλιο, στην υπεριώδη ακτινοβολία και στις μεγάλες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας. Επίσης, **τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν και στη συγκράτηση των νερών της βροχής**.

Φύτευση μπορεί να γίνει πάνω σε δώματα και κεκλιμένες στέγες από μπετόν ή και πάνω σε ξύλινες κεκλιμένες στέγες, ακόμη και όταν οι κλίσεις είναι μεγάλες, διότι το ριζικό σύστημα των φυτών λειτουργεί ως οπλισμός στη μάζα του χώματος και το συγκρατεί αποτελεσματικά ακόμη και σε περιπτώσεις μεγάλης κακοκαιρίας .

Οι φυτεμένες στέγες χωρίζονται σε **τρεις βασικούς τύπους** :

- **Εκτατικός Τύπος:**

Το σύστημα αποτελείται από πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών ύψους έως 20 εκατοστών. Το φορτίο του συστήματος είναι μικρό (περίπου  $120 \text{ kg/m}^2$  –κορεσμένο-) και το ριζικό σύστημα των φυτών επιφανειακό.

Επιλέγονται φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία, ώστε να μην απαιτείται πολύ συχνός ποτισμός, αλλά και φυτά ανθεκτικά στον άνεμο και στο ψύχος. Το sedum, είναι για παράδειγμα, φυτό που αντέχει 60-80 μέρες χωρίς πότισμα. Εκτατικός τύπος φυτεμένου δώματος μπορεί να εφαρμοσθεί σε κλίσεις μέχρι και 33%.



Σχήμα 5.19 Εκτατικός Τύπος

- **Ημιεντατικός Τύπος:**

Είναι το σύστημα που αποτελείται από υπόστρωμα ύψους μέχρι 25 εκατοστών και περιλαμβάνει φυτική κάλυψη με χλοοτάπητα, θάμνοι, ή φυτά εδαφοκάλυψης. Το φορτίο κυμαίνεται στα  $100\text{-}270 \text{ kg/m}^2$  και σχέση με τον προηγούμενο τύπο, συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού.



Σχήμα 5.20 Ημιεντατικός Τύπος

- **Εντατικός Τύπος:**

Πρόκειται για φύτευση με θάμνους, ποικιλία φυτών, ακόμη και δέντρα, πράγμα που σημαίνει ότι το φορτίο είναι μεγαλύτερο των  $300 \text{ kg/m}^2$ . Ο τύπος αυτός φυτεμένης στέγης απαιτεί τακτική συντήρηση και παρουσιάζει την μορφή ολοκληρωμένου κήπου

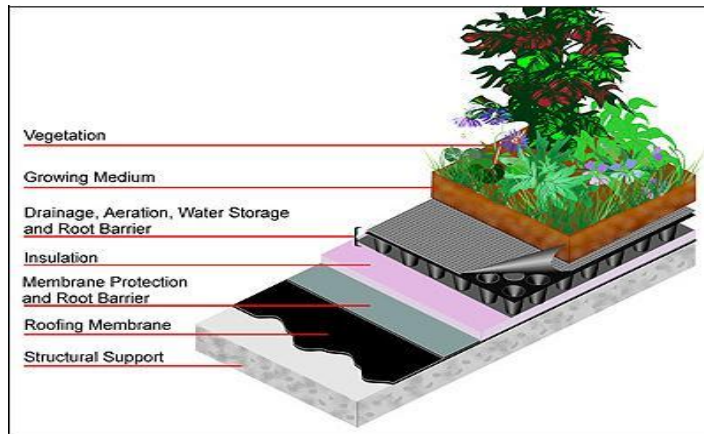


Σχήμα 5.21 Εντατικός Τύπος

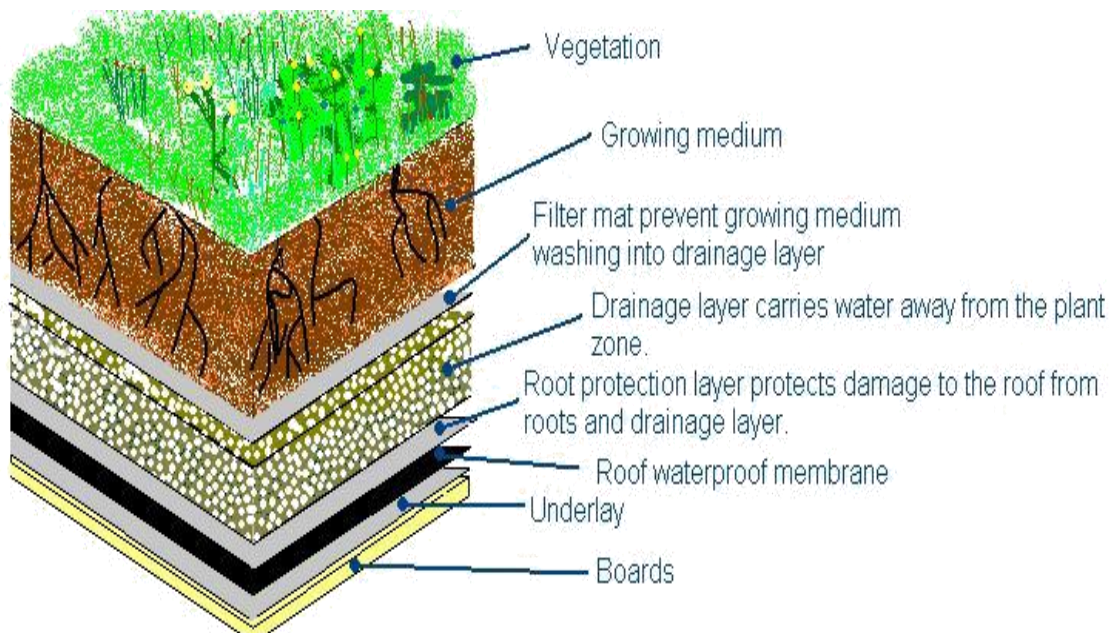


Σχήμα 5.22 Το φυτό «σέδο» (sedum), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκτατικό τύπο φυτεμένου δώματος, αντέχει χωρίς πότισμα 60-80 μέρες

**Η διαστρωμάτωση της πράσινης στέγης περιλαμβάνει** μια μεμβράνη ελέγχου ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, υπόστρωμα συγκράτηση υγρασίας, στρώμα αποστράγγισης που συγκρατεί την απαραίτητη ποσότητα νερού και απομακρύνει την πλεονάζουσα, ένα διηθητικό φύλλο που εμποδίζει τα χώματα να περάσουν στην αποστραγγιστική στρώση, υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών και φυσικά το φυτικό υλικό.

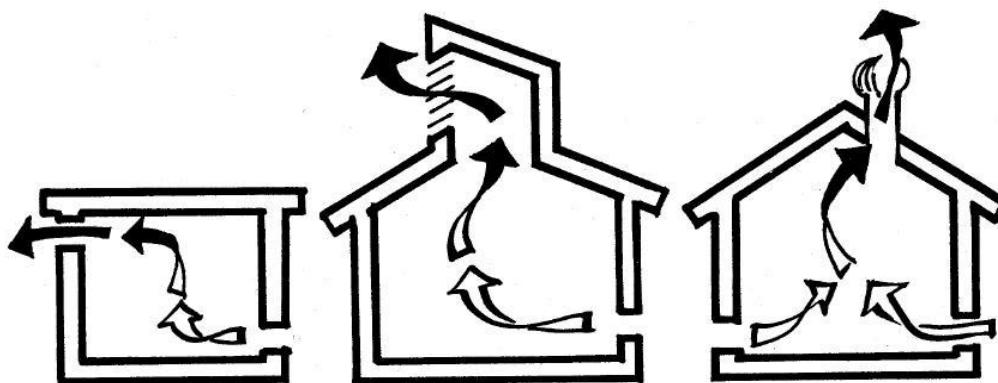


Σχήμα 5.23 Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος



Σχήμα 5.24 Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος εκτατικού τύπου, από πάνω προς τα κάτω: Βλάστηση, στρώμα ανάπτυξης των φυτών (χώμα), διηθητικό φύλλο που εμποδίζει τα χώματα να περάσουν στην αποστραγγιστική στρώση, στρώμα αποστράγγισης, που συγκρατεί την απαραίτητη ποσότητα νερού, μεμβράνη ελέγχου ανάπτυξης του ριζικού συστήματος για προστασία του δώματος, μεμβράνη συγκράτησης υγρασίας για προστασία της στέγης

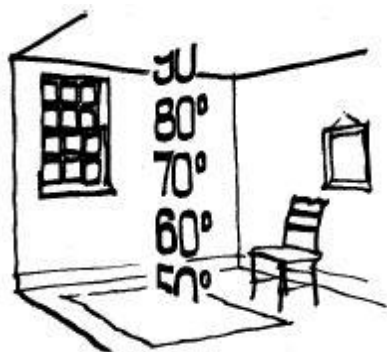
## 5.2 Φυσικός Αερισμός



Σχήμα 5.25 : Φυσικός αερισμός

Ο αερισμός ενός κτηρίου είναι μείζονος σημασίας, αφενός γιατί μπορεί να εξασφαλίσει χαμηλότερες θερμοκρασίες μέσα στα κτήρια κατά τη θερινή περίοδο και αφετέρου διότι είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο εξωτερικό, που είναι πλούσιος σε οξυγόνο, για την καλή υγεία των ενοίκων. **Οι φυσικές δυνάμεις που προκαλούν το φυσικό αερισμό είναι ο άνεμος και το φαινόμενο της καμινάδας.** Οι παράμετροι που επηρεάζουν τον φυσικό αερισμό είναι: οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, ο προσανατολισμός, η θέση, το μέγεθος των ανοιγμάτων, η χρήση του κτηρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων.

**Η ροή του αέρα** μέσα σε ένα κτήριο επιτυγχάνεται, βάση των **θερμοκρασιακών διαβαθμίσεων**, αλλά και λόγω της **διαφοράς πιέσεων** που προκαλούνται γύρω από ένα κτήριο.



Σχήμα 5.26 Θερμοκρασιακές Διαβαθμίσεις σε Φαρεναίτ. Ο θερμός αέρας βρίσκεται στα υψηλότερα στρώματα.



Όσον αφορά στην **επιρροή των θερμοκρασιακών διαφορών**, ισχύει ότι όταν δύο αέριες μάζες έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες, οι πυκνότητες και οι πιέσεις τους είναι επίσης διαφορετικές, γεγονός που αυξάνει την **κίνηση του αέρα από την πυκνότερη (ψυχρότερη) στην λιγότερο πυκνή (θερμότερη ζώνη)**.

Επίσης, η διαφορά πίεσης λειτουργεί ως εξής:

Όταν ο άνεμος ενεργεί σε ένα κτήριο εμφανίζεται **υψηλή πίεση στην εκτεθειμένη πλευρά και χαμηλή στην προστατευόμενη όψη**. Η κίνηση του ανέμου γίνεται από τις ζώνες υψηλής πίεσης στις ζώνες χαμηλής πίεσης. Έτσι μπορεί να διεισδύσει σε ένα κτήριο μέσω των ανοιγμάτων του, των οποίων η θέση και το μέγεθος καθορίζουν την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης του αέρα .

Εν γένει ο **φυσικός αερισμός**, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

- Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)
- Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα
- Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
- Αεριζόμενο κέλυφος

### **Φαινόμενο Venturi**

Για να προκληθεί κυκλοφορία αέρα σε συγκεκριμένη κατεύθυνση μπορεί να γίνει χρήση αυτού του φαινομένου. Ο αέρας υποχρεώνεται να κινηθεί από ένα περιορισμένο τμήμα του κτηρίου, όπου η ταχύτητα αυξάνεται και μειώνεται ανάλογα με την πίεση του. Η μειωμένη αυτή πίεση δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσει το θερμό αέρα έξω από το κτήριο.

**Το ποσοστό αερισμού** είναι:

$$Q = \frac{q}{\rho c_p (T_2 - T_1)} \quad (5.1)$$

Όπου:

**Q** είναι σε **m<sup>3</sup> /h**, ο απαιτούμενος όγκος αερισμού

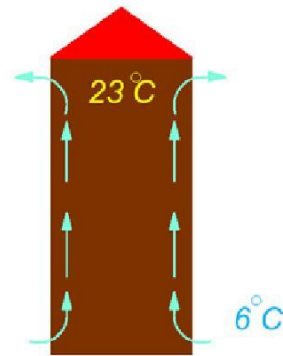
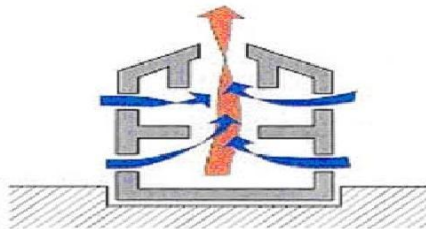
**q**, το συνολικό θερμικό κέρδος από ενοίκους και συσκευές σε **kcal/h**

$\rho$ , η μέση πυκνότητα του αέρα σε  $\text{kg/m}^3$

$c_p$ , η ειδική θερμότητα του αέρα σε  $\text{kcal}/(\text{kg}^\circ\text{C})$

$T_2-T_1$ , η διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας σε  $^\circ\text{C}$

### Φαινόμενο Καμινάδας



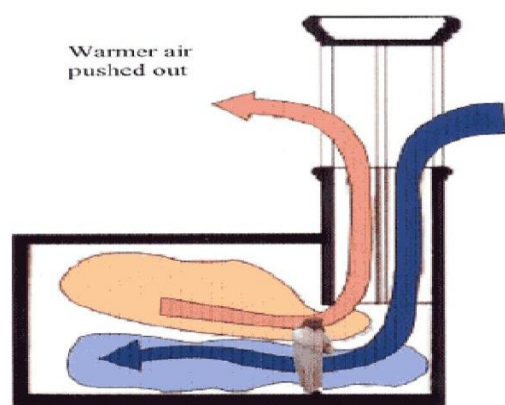
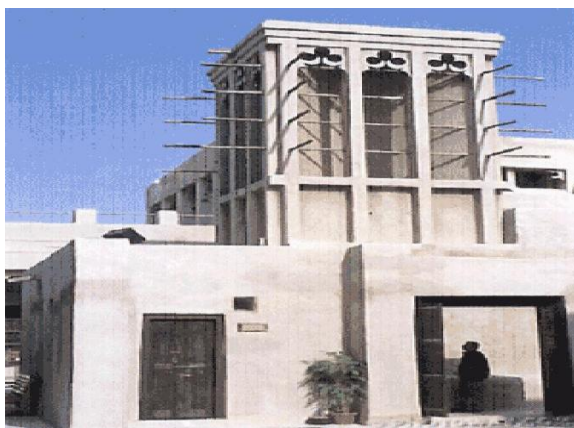
*Natural Ventilation: Stack Effect*

Σχήμα 5.27 Φαινόμενο Καμινάδας

Το φαινόμενο της καμινάδας μπορεί να αξιοποιηθεί σε ένα κτήριο, με ανοίγματα στην κορυφή και στην βάση του. Ο θερμός αέρας ανέρχεται και διαφεύγει προς τα έξω από την κορυφή και ο φρέσκος ψυχρός θα εισέλθει διαμέσου των ανοιγμάτων στη βάση.

**Δύο κύριες μορφές του φαινομένου της καμινάδας αποτελούν: Ο πύργος αερισμού και η ηλιακή καμινάδα.**

#### 5.2.1 Πύργος Αερισμού



Σχήμα 5.28 Πύργος Αερισμού

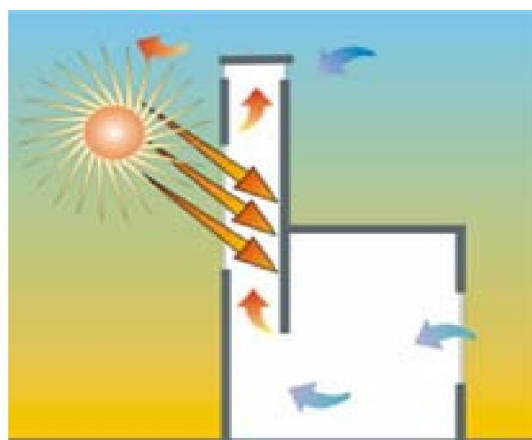
Ο πύργος αερισμού αξιοποιεί την δύναμη του ανέμου μεταφέροντας τον στο εσωτερικό. Το στόμιο εισόδου βρίσκεται στην προσήνεμο πλευρά, παγιδεύει τον άνεμο και τον οδηγεί προς τα κάτω. Ο αέρας βγαίνει από ένα απάνεμο άνοιγμα του κτηρίου. Εκμεταλλεύεται, έτσι, το **φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού** και όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτήριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα.

Καμινάδες αερισμού μπορεί να είναι **κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια** ή και **εσωτερικά αίθρια** ή **φωταγωγοί των κτηρίων**. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτηρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα

### 5.2.2 Ηλιακή Καμινάδα

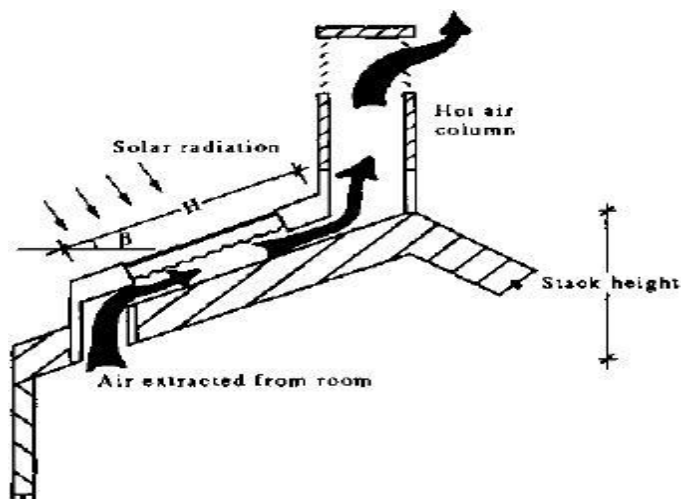


Σχήμα 5.29 Ηλιακή καμινάδα



Ο αέρας μέσα στην καμινάδα θερμαίνεται και ανεβαίνει προς τα πάνω και αντικαθίσταται από αέρα του σπιτιού. Έτσι επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο.

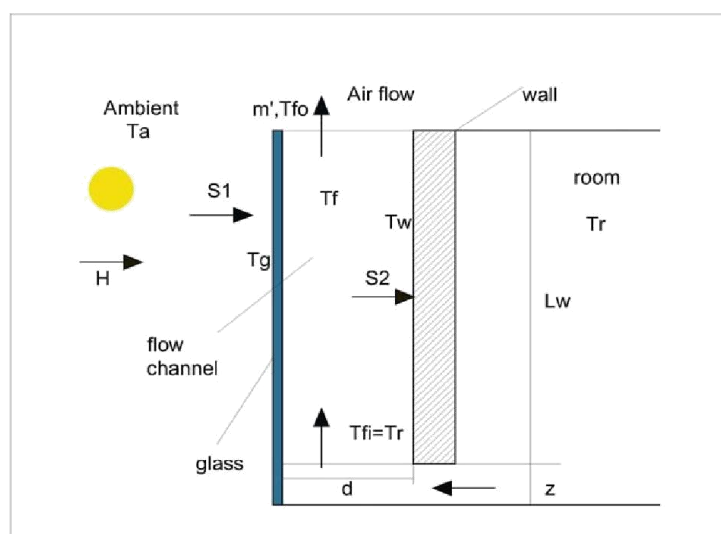
Τα πλεονεκτήματα από την χρήση της ηλιακής καμινάδας είναι ότι δεν εξαρτάται από τον άνεμο και έτσι μπορεί να εφαρμοσθεί σε καλοκαιρινές ζεστές, μέρες με άπνοια, οπότε και χρειάζεται περισσότερο ο αερισμός. Επιπροσθέτως, η κίνηση του αέρα είναι σχετικά σταθερή και ελεγχόμενη σε σχέση με τις διακυμάνσεις ενός ανέμου



Σχήμα 5.30 Ηλιακή καμινάδα

### Ανάλυση Λειτουργίας Ηλιακής Καμινάδας

Η λειτουργία της ηλιακής καμινάδας είναι παρόμοια με τον τοίχο Trombe, σαν σύλληψη. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι ενώ ο τοίχος Trombe έχει μια θερμική μάζα για να απορροφάει την ηλιακή ενέργεια και ανακυκλοφορεί το θερμό αέρα για επίτευξη παθητικής θέρμανσης, η ηλιακή καμινάδα είναι σχεδιασμένη για να παρέχει αερισμό στο κτήριο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στην **σχήμα 5.31**, φαίνεται μια ηλιακή καμινάδα. Η μια πλευρά της αποτελείται από γυαλί, σε κάποια απόσταση  $d$ , από τον εσωτερικό τοίχο. Ο αέρας του εσωτερικού χώρου εισέρχεται στην καμινάδα από το κάτω άνοιγμα, ύψους  $z$ , με μια **θερμοκρασία εισόδου  $T_{f,i}$** , που είναι ίση με την **θερμοκρασία  $T_r$  του δωματίου**. Ο θερμός αέρας διαφεύγει από την κορυφή της καμινάδας με **θερμοκρασία εξόδου  $T_{f,o} > T_{f,i}$** . Η **θερμοκρασία του τζαμιού είναι  $T_g$** , ενώ του **τοίχου  $T_w$**



Σχήμα 5.31 Λειτουργία Ηλιακής καμινάδας

Από την **ακτινοβολία Η** που προσπίπτει στην ηλιακή καμινάδα, ένα μέρος της **S<sub>1</sub>**, απορροφάται από το τζάμι και ένα μέρος της **S<sub>2</sub>**, από τον τοίχο.

Το **θερμικό ισοζύγιο** που προκύπτει είναι το εξής:

$$T_g : S_1 + h_{rwg} (T_w - T_g) + h_g (T_f - T_g) = U_t (T_g - T_a) \quad (5.2)$$

Όπου:

**h<sub>rwg</sub>**, συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω ακτινοβολίας από τον τοίχο στο τζάμι (**W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>**)

**T<sub>f</sub>**, η θερμοκρασία του αέρα στο διάκενο (**°C**)

**h<sub>g</sub>**, συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω συναγωγής (ειδική συναγωγιμότητα) μεταξύ του τζαμιού και του αέρα του διακένου (**W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>**)

**U<sub>t</sub>**, ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (θερμοδιαπερατότητα) του πάνω μέρους του γυαλιού (**W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>**)

**T<sub>a</sub>**, η θερμοκρασία περιβάλλοντος (**°C**)

$$T_f : h_w (T_w - T_f) = h_g (T_f - T_g) + q' \quad (5.3)$$

Όπου:

**h<sub>w</sub>**, συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω συναγωγής (ειδική συναγωγιμότητα) μεταξύ του τοίχου και του αέρα του διακένου (**W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>**)

**T<sub>f</sub>**, η θερμοκρασία του αέρα στο διάκενο (**°C**)

**h<sub>g</sub>**, συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω συναγωγής (ειδική συναγωγιμότητα) μεταξύ του τζαμιού και του αέρα του διακένου (**W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>**)

**q'**, το καθαρό θερμικό κέρδος από το ρεύμα αέρα (**W m<sup>-2</sup>**), που είναι ίσο με:

$$q' = m' c_f (T_f - T_{f,i}) / \gamma W L \quad (5.4)$$

Όπου:

**m'**, η παροχή μάζας του αέρα (**kg/s**)

**c<sub>f</sub>**, η θερμοχωρητικότητα του αέρα (**J Kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>**) **T<sub>f</sub>**,

η θερμοκρασία του αέρα στο διάκενο (**°C**) **W**, το πλάτος του καναλιού (**m**)

**L**, ολικό μήκος της καμινάδας (**m**) **γ**,

σταθερά ίση με 0.74

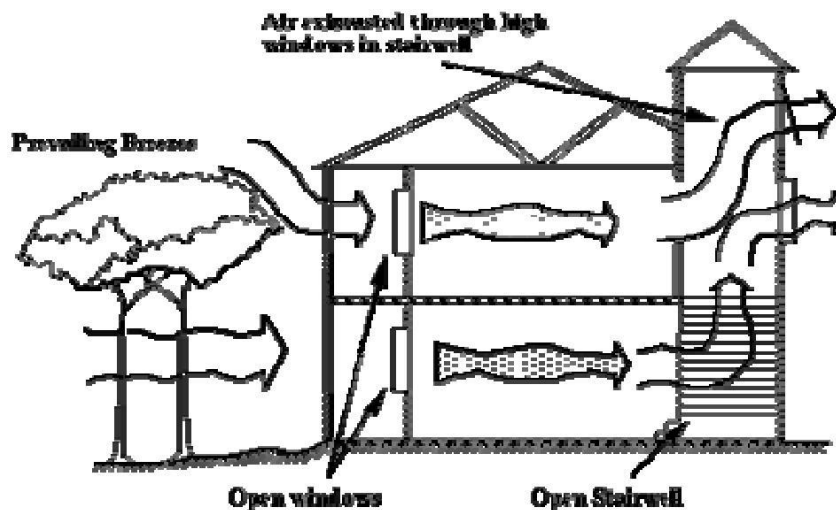
$$T_w : S_2 = h_w (T_w - T_f) + h_{rwg} (T_w - T_g) + U_b (T_w - T_r) \quad (5.5)$$

Με

$U_b$ , ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (θερμοπερατότητα) μεταξύ του κατακόρυφου τοίχου και του δωματίου ( $W m^{-2} K^{-1}$ )

Από πειραματική μελέτη του Πανεπιστημίου της Μαλαισίας που προτείνει και το παραπάνω υπολογιστικό μοντέλο, με αναφορά στο σχήμα 5.3.1, για τοίχο μήκους  $L_w=1.875m$ , με κανάλι αέρα πλάτους  $W=0.45m$ , βάθους  $d=0.1m, 0.2m, 0.3m$  και με άνοιγμα ύψους  $z=0.1m$ , προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Ο τοίχος θερμικής απορρόφησης της καμινάδας είχε μεγαλύτερη επίδραση στην θερμοκρασιακή διακύμανση του αέρα, στην περίπτωση της «στενότερης» καμινάδας, δηλαδή για  $d=0.1m$ .
- Η θερμοκρασία του τοίχου ήταν υψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα, αλλά και από του γυαλιού, σε όλο το μήκος της καμινάδας. Παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασία του αέρα είχε μια θερμοκρασιακή μείωση της τάξης του  $1.7\text{ }^\circ C$ , λόγω τη ανάμιξης του ζεστού αέρα με τον αέρα περιβάλλοντος.
- Η μέση θερμοκρασία του αέρα ήταν πάντα μικρότερη από την αντίστοιχη μέση θερμοκρασία του γυαλιού για την ίδια ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Ενδεικτικά, για ηλιακή ακτινοβολία  $H=670\text{ } Wm^{-2}$  και διάκενο  $d=0.1m$ , στο μέσο της καμινάδας, η θερμοκρασία του γυαλιού ήταν  $T_g=43.5\text{ }^\circ C$ , του αέρα  $T_f=41.9\text{ }^\circ C$  και του τοίχου  $T_w=66.1\text{ }^\circ C$
- Όπως ήταν αναμενόμενο οι μέσες θερμοκρασίες του αέρα, του τοίχου και του γυαλιού ήταν ανάλογες με την ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης, με αύξηση της απόστασης  $d$ , αυτή η αύξηση των θερμοκρασιών μειωνόταν. Διότι οι μεγαλύτερες παροχές αέρα είχαν ως αποτέλεσμα να ψυχραίνουν τα στοιχεία της καμινάδας
- Διαπιστώθηκε επίσης, ότι ηλιακή καμινάδα με διάκενο βάθους  $d=0.3m$  προκαλεί 56%περισσότερο αερισμό από άλλη βάθους  $d=0.1m$

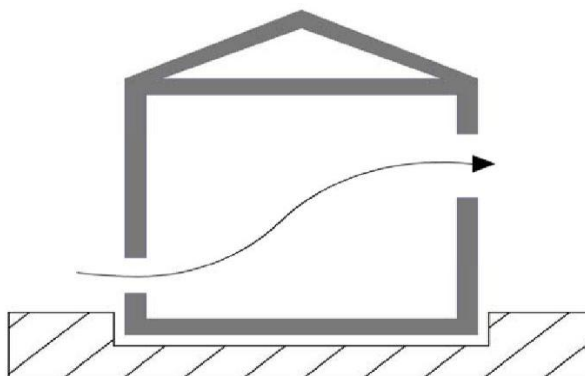


**Σχήμα 5.32** Λειτουργία ηλιακής καμινάδας κατασκευασμένη στο εσωτερικό κτηρίου. Από τα ανοιχτά παράθυρα (αριστερά στο σχήμα) εισέρχεται ο αέρας ο οποίος κατευθύνεται στο κλιμακοστάσιο που λειτουργεί ως ηλιακή καμινάδα. Ο αέρας θερμαίνεται και διαφεύγει από τα παράθυρα-θυρίδες στο πάνω μέρος της καμινάδας. Η όλη διαδικασία ευνοεί τον φυσικό αερισμό του σπιτιού

**Επίσης, από προσομοίωση και πείραμα του πανεπιστημίου της Πορτογαλίας** πάνω σε ηλιακή καμινάδα της περιοχής βρέθηκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Είναι θεμελιώδης η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης στον τοίχο, προκειμένου να γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση του ηλιακού κέρδους. Χωρίς μόνωση η απόδοση του συστήματος μπορεί να μειωθεί έως και 60%. Πάχος μόνωση 5cm είναι επαρκές
- Το σωστό πάχος της καμινάδας εξαρτάται από τη χρήση του κτηρίου. Για ημερήσια λειτουργία προτείνεται μικρό πάχος, ενώ για νυχτερινή μεγαλύτερο. Ωστόσο, δεν παρατηρούνται σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση για πάχος πάνω από 10 cm

### 5.2.3 Διαμερής Αερισμός



**Σχήμα 5.33** Διαμερής αερισμός

Ο αέρας διεισδύει, λόγω διαφοράς πίεσης, μέσω των ανοιγμάτων σε ένα κτήριο και η κατεύθυνση του μπορεί να ρυθμιστεί εξωτερικά με χρήση βλάστησης. **Ως βέλτιστη θεωρείται η διεύθυνση ανέμου που σχηματίζει γωνία  $45^{\circ}$**  ως προς τα ανοίγματα εισόδου. **Η ταχύτητα του αέρα είναι μέγιστη**, όταν τα ανοίγματα εισόδου του αέρα είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα εξόδου του και μάλιστα για καλύτερη διανομή του, όταν τα ανοίγματα αυτά είναι διαγώνια αντίθετα το ένα από το άλλο, το άνοιγμα εισόδου χαμηλότερα και το άνοιγμα εξόδου υψηλότερα. Η χρήση μονόπλευρου αερισμού, δηλαδή ανοιγμάτων μόνο από τη μία πλευρά δε συνίσταται λόγω κακής κυκλοφορίας του αέρα. **Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός** είναι ιδιαίτερα αποδοτικός, τι καλοκαιρινές μέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο κρύος αέρας, κυκλοφορώντας μέσα στο χώρο, απάγει τη θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στη θερμική μάζα του κτηρίου και έτσι την επόμενη μέρα, το κτήριο βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Για την αύξηση της απόδοσης του νυχτερινού αερισμού, συνίσταται η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής που αυξάνουν την ταχύτητα του. Μελέτη σε κτήρια γραφείων της Αθήνας έχει δείξει ότι με την εφαρμογή του αερισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας, **μπορεί να επιτευχθεί μείωση κατά 30% στις ανάγκες για ψυκτικά φορτία** για τον κλιματισμό των χώρων.

Για βελτίωση του διαμπερή αερισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεμοθραύστες, για να εντείνουν τις διαφορές πίεσης. Οι θαμνοφράκτες για παράδειγμα μπορούν να επιτρέψουν μια απαλή αύρα να φιλτράρεται μέσα από το φύλλωμα, ενώ ένας κτιστός ανεμοφράκτης δημιουργεί μια ήσυχη, προστατευμένη ζώνη πίσω του. Διάκενα στους ανεμοθραύστες, ανοίγματα μεταξύ των κτηρίων ή μεταξύ του εδάφους και ενός στεγάστρου από δέντρα μπορούν να δημιουργήσουν διαύλους ανέμου, αυξάνοντας κατά 20% περίπου τις ταχύτητες του ανέμου.

#### 5.2.4 Αεριζόμενο κέλυφος

Πρόκειται για κατασκευή **διπλού στρώματος δομικών υλικών**, είτε στην **οροφή** είτε στις **προσόψεις** του κτηρίου, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αέρας που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. **Λόγω διαφοράς πυκνότητας**, δημιουργείται ροή στο διάκενο, και απάγεται ο θερμός αέρας. **Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού**, το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει στη σκίαση του περιβλήματος και, συνεπώς, στη θερμική προστασία του κτηρίου, αλλά και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον,



μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο.

**Κατά τους χειμερινούς μήνες**, ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού, οπότε μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Πρέπει ωστόσο, να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους.

Με την χρήση αεριζόμενων δομικών στοιχείων αποτρέπονται φαινόμενα συμπίκνωσης υδρατμών μέσα στην τοιχοποιία (ή την οροφή) και τις επικαλύψεις, ενώ προστατεύονται τα δομικά υλικά του κτηρίου.

**Εφαρμόζεται κυρίως σε κτήρια μεσαίου ύψους και μεγάλου πλάτους.**

**Παραλλαγή του συστήματος** αποτελεί η αεριζόμενη γυάλινη πρόσοψη, η οποία χρησιμοποιεί δύο στρώματα διαφορετικών δομικών υλικών και ένα διάκενο αέρα ανάμεσα τους. Το εξωτερικό στρώμα της πρόσοψης είναι γυάλινο, ενώ το εσωτερικό από συμπαγές υλικό. **Πλεονεκτήματα** τέτοιων συστημάτων είναι η επίτευξη πολύ καλών συνθηκών φυσικού φωτισμού στο κτήριο, σε συνδυασμό με αισθητικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, σημειώνεται αύξηση των θερμικών κερδών, αλλά και των θερμικών απωλειών.

### 5.3 Φυσική Ψύξη-Δροσισμός

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που μπορούν να μας εξασφαλίσουν ψύξη με φυσικό τρόπο. Αέρας που διαρρέει το κτήριο είναι δυνατόν να ψυχθεί με εξάτμιση, ενώ ο αέρας αερισμού μπορεί να μειωθεί με ψύξη του από το έδαφος. Είναι δυνατή και αποτελεσματική επίσης, η ψύξη ενός χώρου μέσω της νυχτερινής ακτινοβολίας θερμότητας προς τον ουρανό. Μια λογική αύξηση της ταχύτητας του αέρα στο χώρο, μπορεί να προκαλέσει αυξημένη άνεση των ενοίκων, δεδομένου ότι η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του δέρματος. Η ψύξη που αντιλαμβάνεται ένα άτομο μπορεί επίσης να εμφανιστεί με την αύξηση του ρυθμού εξάτμισης της επιφάνειας του δέρματος με τη δημιουργία κίνησης του αέρα, ώστε να διακόπτεται το στρώμα του κεκορεσμένου αέρα που περιβάλλει το σώμα.

Υπάρχουν, λοιπόν, **οι εξής τρόποι ψύξης:**

- Από εξάτμιση (πύργος δροσισμού, άμεση- έμμεση συνδυασμένη εξάτμιση)
- Από το έδαφος
- Από ακτινοβολία

### 5.3.1 Δροσισμός από εξάτμιση

Για να αλλάξει κατάσταση το νερό και από υγρό να μετατραπεί σε ατμό, απαιτείται ένα ορισμένο ποσό θερμότητας, που ονομάζεται **λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης**. Για να συμβεί αυτό είναι απαραίτητο η πίεση ατμών του νερού (που είναι σε μορφή σταγονιδίων ή βρεγμένης επιφάνειας) να είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση των υδρατμών στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Όταν η απορρόφηση θερμότητας, για να επιτελεσθεί αυτή η αλλαγή φάσης, γίνεται από θερμό αέρα, εμφανίζεται πτώση της θερμοκρασίας του αέρα, με παράλληλη αύξηση των επιπέδων υγρασίας του.



Σχήμα 5.34 Δροσισμός από Εξάτμιση

Στην περίπτωση αυτή, έχουμε **άμεσο εξατμιστικό δροσισμό**, σε αντίθεση με το **έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό**, που συμβαίνει όταν η εξάτμιση συνοδεύεται από μείωση της θερμοκρασίας του γειτονικού αέρα, χωρίς όμως να αυξηθεί η περιεχόμενη υγρασία σε αυτόν. Η τελευταία περίπτωση απαντάται όταν η εξάτμιση του νερού γίνει πάνω σε μια επιφάνεια ή μέσα σε ένα σωλήνα.

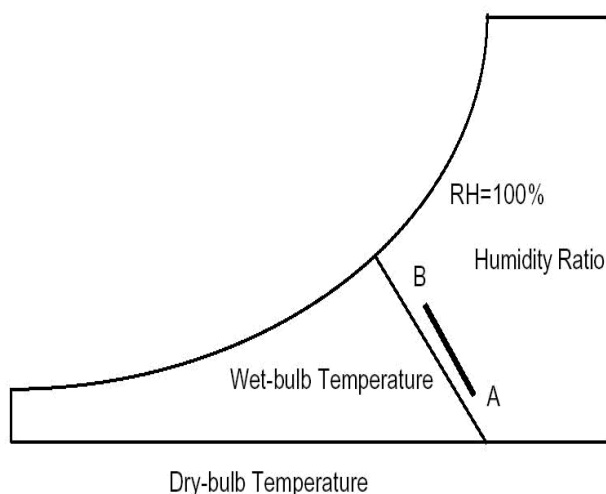
Η ψύξη από εξάτμιση είναι δυνατόν να μεγιστοποιηθεί με την αύξηση της επιφάνειας επαφής του αέρα με το νερό, αλλά και με τη σχετική κίνηση του αέρα και του νερού.

**Η άμεση ψύξη από εξάτμιση**, επειδή αυξάνει την υγρασία των εσωτερικών χώρων, πρέπει να συνδυάζεται από ικανοποιητικό ρυθμό ανανέωσης του αέρα, για αποφυγή συμπύκνωσης και ανάπτυξης μούχλας. Τα συστήματα άμεσης εξατμιστικής ψύξης περιλαμβάνουν τη **χρήση βλάστησης** για εξατμισοδιαπνοή, καθώς και **σιντριβάνια, κρήνες, πισίνες, υδάτινους πίδακες**, σε εξωτερικούς χώρους κοντά στα κτήρια, αλλά και σε εσωτερικές αυλές και αίθρια, ώστε να ψύχουν τον αέρα που εισέλθει στο κτήριο. Μερικά συστήματα βασίζονται στη **χρήση πύργων** στους οποίους ψεκάζεται νερό. Ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται στον

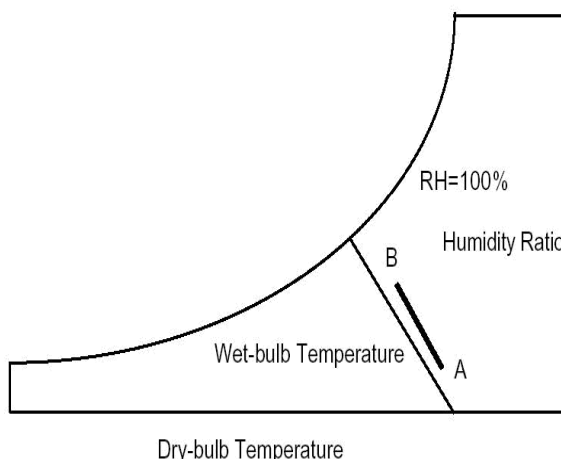
πύργο, ψύχεται λόγω εξάτμισης (του ψεκαζόμενου νερού) και κατόπιν μεταφέρεται στο κτήριο.

**Τεχνικές έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού** είναι οι **ανοιχτές λίμνες οροφής** και ο ψεκασμός των δωματίων με νερό. Επιπλέον, υπάρχουν και υβριδικές (μηχανικές) ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης) .

Ο δροσισμός από εξάτμιση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υγρά κλίματα όπου ο αέρας είναι κοντά στην κατάσταση κορεσμού.



**Σχήμα 5.35 Άμεσος δροσισμός** από εξάτμιση. Ο αέρας που πρόκειται να ψυχθεί βρίσκεται αρχικά στο σημείο A, ενώ λόγω της άμεσης εξάτμισης, ψύχεται και φτάνει στο σημείο B. Η διαδικασία γίνεται υπό σταθερή θερμοκρασία υγρής σφαίρας, δηλαδή έχουμε πτώση της θερμοκρασίας του αέρα, με παράλληλη αύξηση της υγρασίας του.



**Σχήμα 5.36 Έμμεσος δροσισμός** από εξάτμιση. Ο αέρας που πρόκειται να ψυχθεί βρίσκεται αρχικά στο σημείο C, ενώ λόγω της έμμεσης εξάτμισης, ψύχεται και φτάνει στο σημείο D. Η διαδικασία γίνεται υπό σταθερό λόγο υγρασίας. Δηλαδή, η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται, αλλά παραμένει σταθερός ο λόγος υγρασίας του (Δηλαδή ο λόγος της μάζας των υδρατμών προς τη μάζα του ξηρού αέρα).

### 5.3.2 Δροσισμός από το έδαφος

Πρόκειται για **αξιοποίηση της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους** σε σχέση με τον αέρα περιβάλλοντος κατά τους θερμούς μήνες. Ενώ σε πολλά σημεία μιας χώρας μπορεί να υπάρχουν ισχυρές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία αναλόγως της εποχής, από καύσωνα το καλοκαίρι σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός τον χειμώνα, μερικά μόλις μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης **το έδαφος παραμένει σε μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία**. Σε εξάρτηση από το γεωγραφικό πλάτος, οι θερμοκρασίες εδάφους κυμαίνονται από **10° C έως 21° C**, για τον ελλαδικό χώρο. Αυτή η θερμοκρασία εδάφους είναι θερμότερη από τον αέρα πάνω από το έδαφος κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ψυχρότερη από τον αέρα το καλοκαίρι. Η εκμετάλλευση αυτής της ιδιότητας του εδάφους μπορεί αν γίνει με δύο τρόπους. Είτε **με διάχυση** θερμότητας προς το έδαφος **με αγωγή**, είτε **με μεταφορά**.

**Στην πρώτη περίπτωση**, μέρος του περιβλήματος του κτηρίου πρέπει να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το εδαφικό υλικό. **Η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτηρίων**, εφόσον το επιτρέπουν οι τοπογραφικές συνθήκες, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτηρίων. Με αυτόν τον τρόπο, σε θερμά και ξηρά κλίματα, αποβάλλεται θερμότητα από το εσωτερικό προς το έδαφος. Για να εφαρμοσθεί αυτή η μέθοδος, τα τμήματα του περιβλήματος κάτω από το έδαφος δε θα πρέπει να μονώνονται, αλλά συνίσταται να υγραμονώνονται για να αποφεύγονται προβλήματα από την υγρασία στις επιφάνειές τους. Ωστόσο, σε κλίματα με ψυχρούς χειμώνες συνιστάται η θερμομόνωση του κτηριακού κελύφους, ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το έδαφος.

**Στη δεύτερη περίπτωση** γίνεται χρήση **υπεδάφιου συστήματος εναλλακτών**, που σκοπό έχει να ψυχθεί ο αέρας για τον αερισμό του κτηρίου πριν εισέλθει στο κτήριο με τη διέλευση του μέσα από ένα υπόγειο αγωγό, αφού πρώτα αναρροφηθεί από ανεμιστήρες. Εκτός από το καλοκαίρι, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα, καθώς το έδαφος είναι το χειμώνα θερμότερο από τον εξωτερικό αέρα

### 5.3.3 Δροσισμός από ακτινοβολία

Για να γίνει μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία, πρέπει να υπάρχουν δύο παρακείμενες μάζες, οι οποίες να έχουν διαφορετική θερμοκρασία. **Το θερμότερο στοιχείο ακτινοβολεί θερμότητα προς το ψυχρότερο.** Αν το ψυχρότερο στοιχείο έχει σταθερή θερμοκρασία, το άλλο στοιχείο θα ψυχθεί τόσο ώστε να φτάσει σε κατάσταση ισορροπίας προς το ψυχρότερο. Ο νυχτερινός θόλος, ακόμα και κατά την καλοκαιρινή περίοδο είναι σταθερά ψυχρός, όταν είναι καθαρός, χωρίς σύννεφα. Επομένως, κάθε κτηριακό στοιχείο που αντικρίζει τον ουρανό ανταλλάσσει θερμότητα με αυτόν. Για να υπάρχει σημαντική ροή θερμότητας, θα πρέπει οι διαφορές θερμοκρασίας να είναι τουλάχιστον **7°C**. Με βάση αυτή την αρχή, ένα σημαντικό ποσό της θερμότητας που έχει συλλεχθεί σε μία μάζα νερού ή σε ένα κτήριο **κατά τη διάρκεια της μέρας** θα ακτινοβοληθεί προς τον ουρανό, τις **νυχτερινές ώρες**, σε καλό καιρό. Κατά αυτόν τον τρόπο, στο τέλος της νύχτας έχει επιτευχθεί ψύξη του νερού ή του κτηρίου. Οι αδιαφανείς κτηριακές επιφάνειες θα πρέπει να έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα στην περιοχή της ακτινοβολίας μικρού κύματος, ώστε να ανακλούν την ανεπιθύμητη ηλιακή ακτινοβολία, αλλά ταυτόχρονα να έχουν μέγιστη ικανότητα εκπομπής της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, ώστε να υποβοηθούν τη διαδικασία ακτινοβολίας θερμότητας από το κτήριο προς τον ουρανό. **Σε υγρά κλίματα**, η επίδραση της ακτινοβολίας θερμότητας δεν είναι τόσο έντονη, διότι ο υγρός αέρας είναι λιγότερο διαπερατός από την υπέρυθη ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος), απ'ότι ο ξηρός αέρας. Η νυχτερινή ακτινοβολία από κατακόρυφες επιφάνειες είναι περιορισμένη, γι'αυτό το λόγο γίνεται καλύτερη χρήση του φαινομένου στις οροφές των κτηρίων. **Τα συνηθέστερα συστήματα νυκτερινής ακτινοβολίας** είναι ο **μεταλλικός ακτινοβολητής** τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου και η **λίμνη οροφής**, η οποία έχει ήδη αναφερθεί.

Το σύστημα του **μεταλλικού ακτινοβολητή**, αποτελείται από μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου, η οποία ακτινοβολεί προς τον ουρανό μεγάλα ποσά θερμότητας, κατά τις νυχτερινές ώρες. Μπορούν να προστεθούν πτερύγια για να μεγιστοποιηθεί η μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό αέρα προς το δροσιστικό στοιχείο. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό. Μέσα από το σύστημα του ακτινοβολητή διέρχεται θερμός αέρας από το κτήριο, ψύχεται κατά την επαφή του με την ψυχρή εξωτερική πλευρά του ακτινοβολητή και επαναδιοχετεύεται στο εσωτερικό του κτηρίου. Σε περιοχές με έντονα ρεύματα αέρα, το σύστημα καλύπτεται με φύλλο πολυαιθυλενίου, που είναι διαπερατό από την υπέρυθη ακτινοβολία. Το πολυαιθυλένιο επιτρέπει την εκπομπή της θερμικής

ακτινοβολίας, ενώ περιορίζει την επαφή της ψυχρής επιφάνειας του ακτινοβολητή με το θερμότερο αέρα του περιβάλλοντος και συνεπώς περιορίζει την αύξηση της θερμοκρασίας στον ακτινοβολητή.

## 6<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ”



Σχήμα 6.1 Φυσικός φωτισμός

Η σωστή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, μπορεί να αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τον τεχνητό φωτισμό και να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στην εξοικονόμηση ενέργειας, γενικότερα, ενός κτηρίου, στην οπτική άνεση και στην βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των ενοίκων. Ένα καλό σύστημα φυσικού φωτισμού λαμβάνει υπόψη τον **προσανατολισμό**, την **οργάνωση** και τη **γεωμετρία των χώρων** που πρόκειται να φωτιστούν, την **εγκατάσταση**, το **σχήμα** και τις **διαστάσεις των ανοιγμάτων**, τη **θέση** και τις **ιδιότητες** των επιφανειών των εσωτερικών χωρισμάτων, που ανακλούν το φυσικό φως

και επηρεάζουν τη διανομή του, καθώς και τη **θέση και το σχήμα των διατάξεων** που παρέχουν προστασία από το υπερβολικό φως και τη θάμβωση. Πρόκειται δηλαδή για μια ενιαία μελέτη του χώρου, των υαλοστασίων, των πλαισίων και των διατάξεων σκιασμού

## 6.1 Φυσικός φωτισμός και ευεξία ενοίκων

Ο φυσικός φωτισμός στα κτήρια συνίσταται ιδιαίτερα, δεδομένης της μεταβλητότητας και της ευαισθησίας του, που δημιουργούν περιβάλλον πιο ευχάριστο από το αντίστοιχο μονότονο που δημιουργεί ο τεχνητός φωτισμός. Υποστηρίζεται ότι συνδέεται με την καλή **ψυχική υγεία του ατόμου** και το σύνδρομο εποχικής συναισθηματικής διαταραχής.

Πειραματικές ομάδες με σημάδια μελαγχολίας είχαν μετρήσιμες αλλαγές στη διάθεση τους, όταν υπέστησαν σε θεραπεία με χρήση φωτός παρόμοιο με το ηλιακό κατά την θερινή περίοδο.

## 6.2 Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση περιγράφει την ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να αναγνωρίζει και να αναλύει λεπτομερώς εύκολα ό,τι βρίσκεται στο πεδίο ορατότητας του, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα, την ποιότητα και τη ακρίβεια της αντιληπτικότητας του. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από της **συνθήκες φωτισμού** του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο. Όταν υπάρχει **ανεπαρκής φωτισμός**, ή το φαινόμενο της **θάμβωσης** (κακή κατανομή του φωτός που μπορεί να περισπά ελαφρά ή να τυφλώνει οπτικά τους ενοίκους, δημιουργώντας αίσθημα κόπωσης και δυσφορίας), η ικανότητα του ατόμου να δει αντικείμενα ή λεπτομέρειες σε ένα χώρο μειώνεται. Όσον αφορά στην οπτική άνεση, η ικανότητα του οφθαλμού να προσαρμόζεται στις αλλαγές στάθμης και στο χαρακτήρα του φωτισμού είναι πολύ σημαντική για τον μελετητή του φωτισμού. Εφαρμόζεται εμπειρικά ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στην αλλαγή από το ζωηρό φυσικό φως της υπαίθρου, σε ένα χώρο με τεχνητό φωτισμό, αρκεί η στάθμη του τεχνητού φωτισμού (η ποσότητα του δηλαδή) να είναι το ένα εκατοστό (ή περισσότερο) από την στάθμη του εξωτερικού φωτισμού. Το μέγεθος προσδιορίζεται από την ανάγκη του οφθαλμού να προσαρμοστεί όχι μόνο στην αλλαγή της στάθμης λαμπρότητας, αλλά επίσης στην αλλαγή στον χαρακτήρα του φωτός. Για την εξασφάλιση καλής οπτικής άνεσης **απαιτείται στους εσωτερικούς χώρους να υπάρχει επαρκής ποσότητα φωτισμού** (στάθμη φωτισμού) αφενός και αφετέρου **ομαλή κατανομή**, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της θάμβωσης. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/ υφή) και των υαλοπινάκων(φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα). Ένας συμβατικός, μονός υαλοπίνακας



μεταδίδει το 85% της ακτινοβολίας που προσπίπτει, ενώ ένας διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας εκπέμπουν μειωμένο ποσοστό ακτινοβολίας, περίπου 70% και 60% αντίστοιχα.

### 6.3 Φυσικός φωτισμός και εξοικονόμηση ενέργειας

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

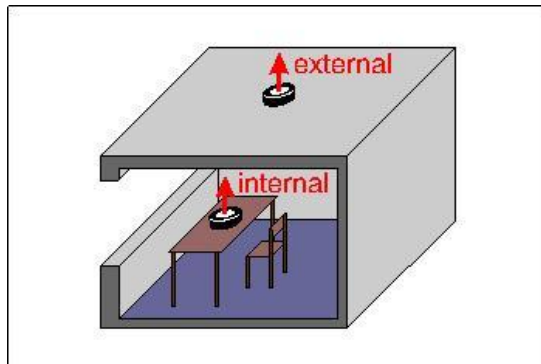
*Πίνακας 6.1 Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό για διάφορα είδη κτηρίων*

Είδος κτηρίου	Γενική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (%)	Ηλεκτρική κατανάλωση σε φωτισμό (%)
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ	35,5%	2,5%
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	39,5%	2,5%
ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ-ΚΤΗΡΙΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ	12,0%	8,0%

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

### 6.4 Συντελεστής φυσικού φωτός

Ο συντελεστής φυσικού φωτός (daylight factor), μας παρέχει έναν εύκολο τρόπο να μετρήσουμε την ποιότητα του φυσικού φωτός σε ένα δωμάτιο. Είναι ο λόγος του φωτισμού που δέχεται ένα σημείο στον εσωτερικό χώρο προς τον αντίστοιχο φωτισμό στην ύπαιθρο και εκφράζεται σε ποσοστό (%). Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής, τόσο περισσότερο είναι το φυσικό φως στον εσωτερικό χώρο.



Σχήμα 6.2 Συντελεστής Φυσικού Φωτός

Εκφράζεται ως:

$$DF = 100E_{in} / E_{ext} \quad (6.1)$$

Όπου:

**DF**, είναι ο συντελεστής φυσικού φωτός

**E<sub>in</sub>**, ο εσωτερικός φωτισμός σε συγκεκριμένο σημείο του χώρου **E<sub>ext</sub>**,

ο εξωτερικός φωτισμός στη οριζόντια επιφάνεια της υπαίθρου

Ο εσωτερικός φωτισμός, **E<sub>in</sub>**, μπορεί να εκφραστεί ως το άθροισμα των εξής επιμέρους φωτισμών:

- Του άμεσου φωτισμού, εάν ο ουρανός είναι ορατός από το συγκεκριμένο σημείο που μελετάται
- Του φωτισμού που οφείλεται στις ανακλάσεις στο εξωτερικό περιβάλλον
- Και του φωτισμού λόγω ανακλάσεων στον εσωτερικό χώρο

Έτσι, ο συντελεστής φυσικού φωτισμού μπορεί να εκφραστεί επίσης:

$$DF = SC + ERC + IRC \quad (6.2)$$

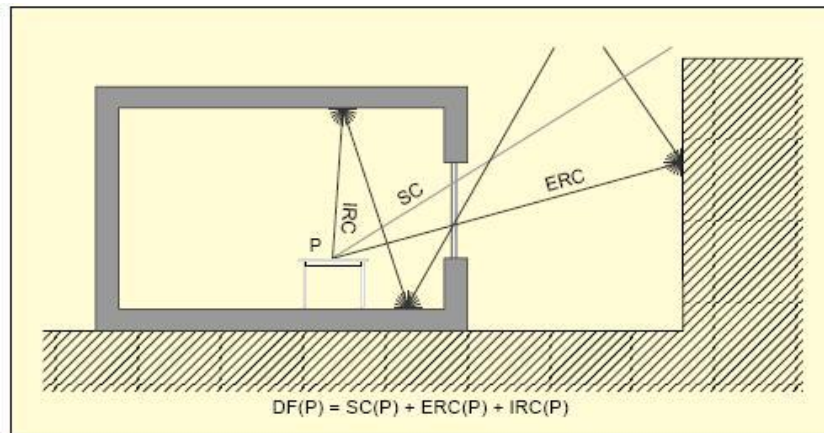
Όπου :

**SC**, είναι η άμεση συνιστώσα (Sky Component)

**ERC**, η συνιστώσα των εξωτερικών ανακλάσεων (Externally Reflected

Component) **IRC**, η συνιστώσα των εσωτερικών ανακλάσεων (Internally

Reflected Component)



Σχήμα 6.3 Συντελεστής φυσικού φωτισμού. (P), είναι το σημείο ως προς το οποίο γίνονται υπολογισμοί

Πίνακας 6.2 Συντελεστής Φυσικού Φωτός και Οπτική Αίσθηση

Μέσος DF (%)	Αποτέλεσμα-Οπτική αίσθηση	Ενεργειακές επιπτώσεις
<2%	Σκοτεινό δωμάτιο	Τεχνητός φωτισμός είναι απαραίτητος, κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας.
2%-5%	Το δωμάτιο φαίνεται φωτεινό, αλλά βοηθητικός τεχνητός φωτισμός είναι απαραίτητος	Καλή ισορροπία μεταξύ φωτισμού και θερμικών φορτίων.
>5%	Το δωμάτιο είναι πολύ φωτεινό	Τη μέρα σπάνια χρειάζεται τεχνητός φωτισμός. Υπάρχει πιθανότητα υπερθέρμανσης το καλοκαίρι και θερμικών απωλειών το χειμώνα.

## 6.5 Βάθος δωματίου και φυσικός φωτισμός

Αν ένα δωμάτιο φωτίζεται από τη μια πλευρά μόνο, το βάθος του δωματίου “L”, δεν πρέπει γενικά να υπερβαίνει την τιμή που δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\left[ \frac{L}{W} + \frac{L}{H} \right] < \frac{2}{1 - R_b} \quad (6.3)$$

**W**, είναι το πλάτος του δωματίου

**H**, είναι το ύψος του παραθύρου μετρούμενο από το δάπεδο

**R<sub>b</sub>**, είναι η μέση ανακλαστικότητα των επιφανειών στο εσωτερικό, πίσω μέρος του δωματίου

Αν το “L”, υπερβεί αυτή τη τιμή, το πίσω μέρος του δωματίου θα είναι σκοτεινό και θα παρουσιασθεί η ανάγκη για βοηθητικό τεχνητό φωτισμό.

Σε κάθε περίπτωση, **οι επιφάνειες του δωματίου πρέπει να είναι όσο πιο ανακλαστικές γίνεται**. Το πόσο ανακλαστική είναι μια επιφάνεια εξαρτάται από τη **σύνθεση**-υφή και από το **χρώμα** της. Ένας λείος, λευκός τοίχος μπορεί να ανακλάσει μέχρι και 85% της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω του. Ένας κρεμ τοίχος θα ανακλάσει ίσως το 75%, ενώ ένας κίτρινος μόλις το 65%. Τα έντονα χρώματα, όπως είναι το πορτοκαλί και το κόκκινο, έχουν την ιδιότητα να απορροφούν μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει, ωστόσο δημιουργούν την αίσθηση θαλπωρής-ζέστης στους χώρους που δεν φτάνει η ηλιακή ακτινοβολία.

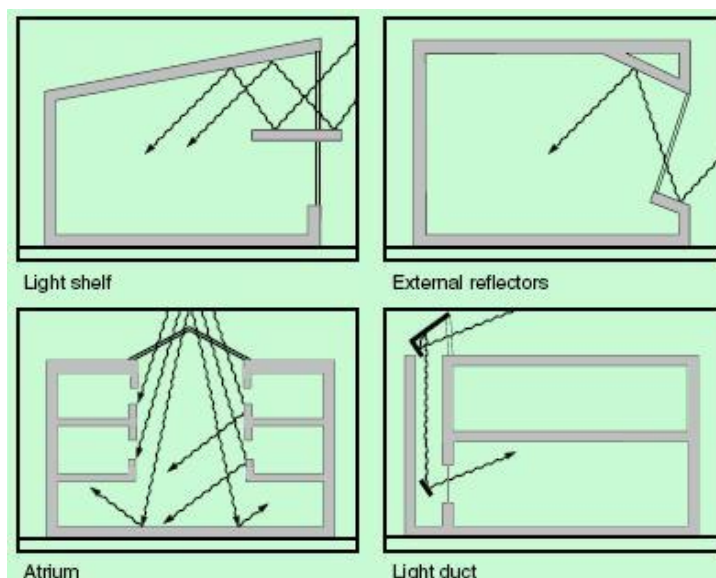
## 6.6 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

### Κατηγορίες συστημάτων

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

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

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



Σχήμα 6.4 Μερικά από τα συστήματα φυσικού φωτισμού. Πάνω σειρά από αριστερά:ράφι φωτισμού, εξωτερικοί ανακλαστής. Κάτω σειρά από αριστερά: αίθριο, φωταγωγός.

### 6.6.1 Ανοίγματα Οροφής

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

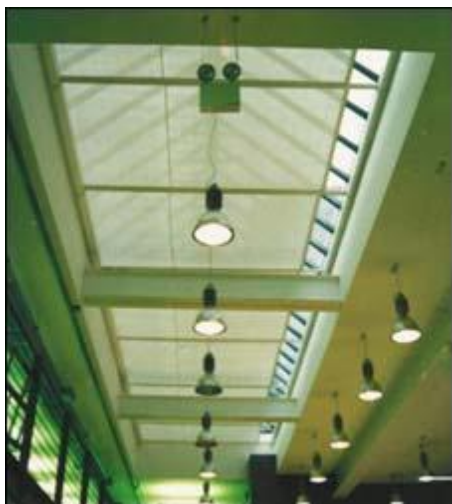
- Συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φωτός σε όλο το χώρο
- Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός (που προτιμάται έναντι του άμεσου φωτός) από τον ουράνιο θόλο Έχουν το **μειονέκτημα**, ωστόσο, ότι δέχονται

μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι

από ότι το χειμώνα λόγω της οριζόντιας θέσης τους, δεδομένου ότι ο ήλιος κατά το θέρος είναι ψηλότερα. Για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού, όπως είναι οιανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα.

### 6.6.2 Αίθρια

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



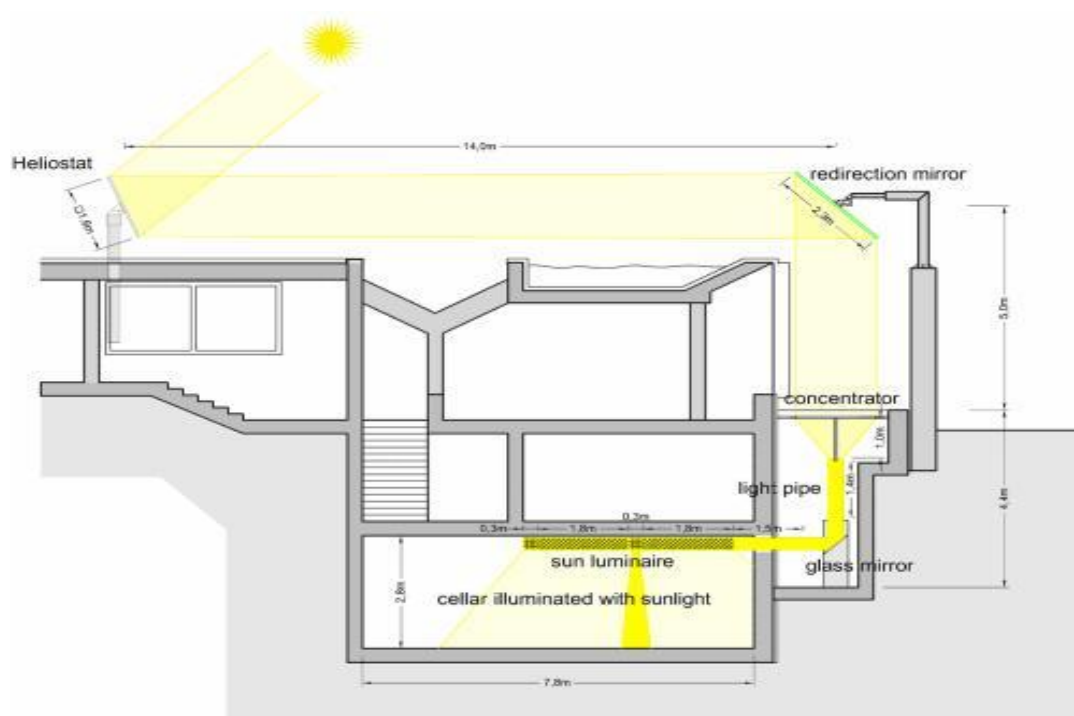
Σχήμα 6.5 Αίθριο

### 6.6.3 Ηλιοστάσια



Σχήμα 6.6 Ηλιοστάσιο

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

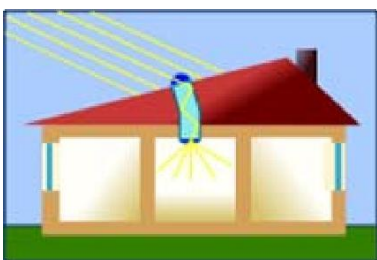


Σχήμα 6.7 Χρήση ηλιοστασίων για φυσικό φωτισμό

#### 6.6.4 Φωτοσωλήνες



Σχήμα 6.8 Χρήση φωτοσωλήνων για φυσικό φωτισμό .



Σχήμα 6.9 Φωτοσωλήνας

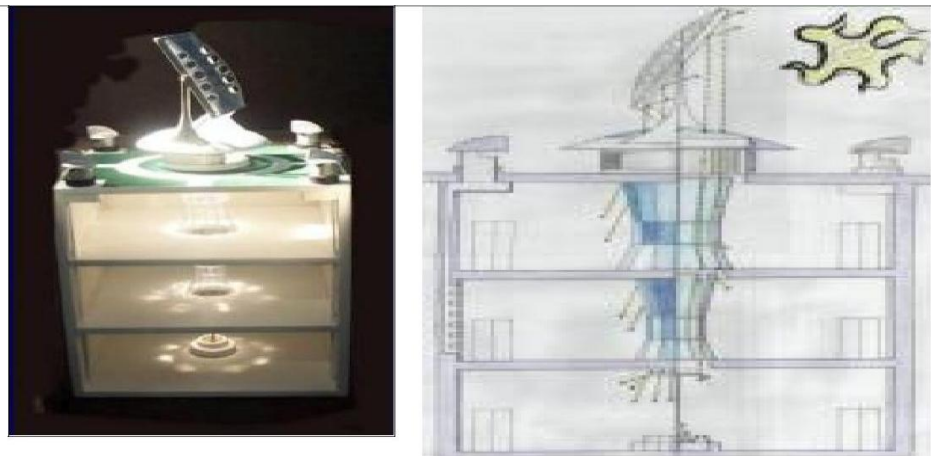
Πρόκειται για σωλήνες (light pipes) διαμέτρου 0,5 m περίπου, που εξέρχουν από την στέγη, διαπερνούν τη **σοφίτα ή το δώμα** και καταλήγουν στο εσωτερικό του κτηρίου. Η εσωτερική επιφάνεια τους είναι κατασκευασμένη από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο βαθμό. Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το φως μεταφέρεται στο κτήριο χωρίς μεγάλες απώλειες. Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο το μήκος του. Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Διαφορετικά θα πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής. Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, πλήρως ακριλικοί φωτοσωλήνες, ενώ στο εσωτερικό τους



μπορούν να έχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες τον καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν η εισερχόμενη φωτεινή δέσμη χρειάζεται να διανεμηθεί σε επιμέρους δέσμες. Χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ιδίως σε κτήρια που χρησιμοποιούνται κυρίως **κατά τη διάρκεια της ημέρας**, όπως είναι αποθήκες και στο οικιακό τομέα, στους διαδρόμους και στους προθαλάμους-εισόδους. Δεν είναι σχετικά ακριβοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτήρια.

### 6.6.5 Φωταγωγοί

Παραλλαγή των φωτοσωλήνων είναι οι φωταγωγοί (light ducts) οι οποίοι είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτήριο κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνηθέστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μιας σειράς από διαχυτικά τζάμια, κατάλληλης γεωμετρίας. Είναι δύσκολο, ωστόσο, να προσαρμοστούν σε υφιστάμενο κτήριο, λόγω των αλλαγών που χρειάζονται να γίνουν για τα ανοίγματα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε καινούρια κτήρια.



Σχήμα 6.10 : Φωταγωγοί

### 6.6.6 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

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

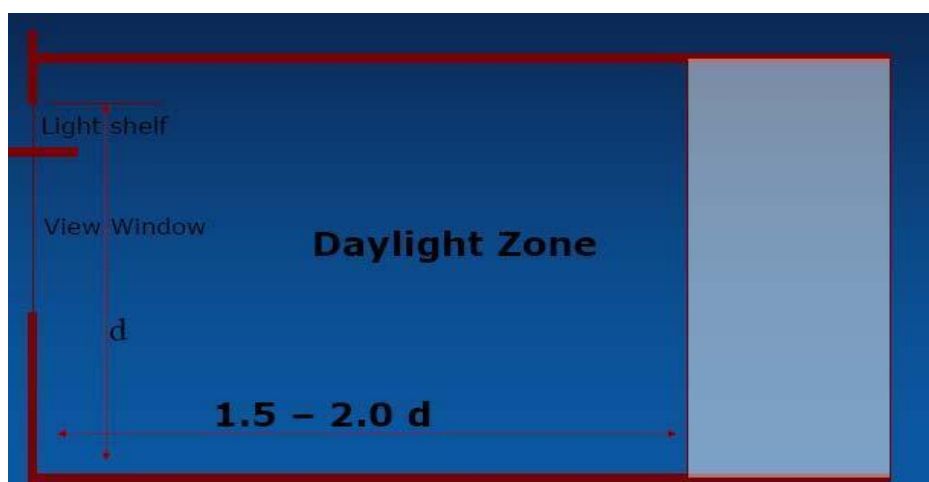
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πρισματικοί ακριλικοί υαλοπίνακες, που αποτρέπουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών με κατάλληλο προσανατολισμό. Για καλύτερη ηλιοπροστασία, είναι απαραίτητη η ρύθμιση της κλίσης τους ανάλογα με το ύψος του ήλιου. Μια ειδική κατηγορία αποτελούν οι ασύμμετροι υαλοπίνακες (τα στοιχειώδη πρίσματα τους δεν έχουν όμοιες πλευρές), οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να αλλάζουν την διεύθυνση των ηλιακών ακτινών, με σκοπό τη βελτίωση της οπτικής άνεσης. Άλλες κατηγορίες υαλοπινάκων έχουν αναπτυχθεί στο κεφάλαιο της ηλιοπροστασίας.

### 6.6.7 Ράφια Φωτισμού

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



Σχήμα 6.11 Εξωτερικά ράφια φωτισμού



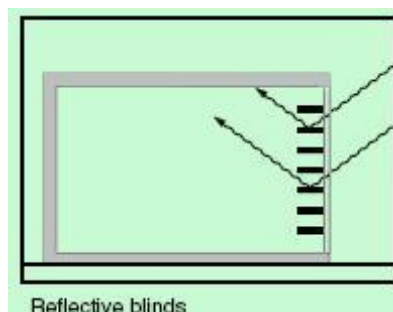
Σχήμα 6.12 Πόσο βαθιά σε ένα δωμάτιο μπορεί να φτάσει το φυσικό φως, ανάλογα με τις διαστάσεις του παραθύρου, συνδυασμένο με ράφι φωτισμού.



Σχήμα 6.13 Πόσο βαθιά σε ένα δωμάτιο μπορεί να φτάσει το φυσικό φως, ανάλογα με τις διαστάσεις του παραθύρου, συνδυασμένο με ράφι φωτισμού.

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

### 6.6.8 Ανακλαστικές περσίδες



Σχήμα 6.14 Ανακλαστικές Περσίδες

#### 1. Σταθερές περσίδες.

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

#### 2. Ρυθμιζόμενες Περσίδες

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

Τόσο οι σταθερές, όσο και οι κινητές ανακλαστικές περσίδες μπορούν να τοποθετηθούν

**εσωτερικά, αλλά και εξωτερικά του ανοίγματος, αλλά και στο διάκενο διπλών τζαμιών.**

### 6.6.9 Διαφανή μονωτικά υλικά



Σχήμα 6.15 Διαφανής Μόνωση

Πρόκειται για υλικά που λειτουργούν όπως τα πρότυπα μονωτικά υλικά, ενώ ταυτόχρονα **επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός** δια μέσου αυτών. Περιορίζονται έτσι οι απώλειες από θερμική μετάδοση από το κτήριο, ενώ επιτρέπεται στο φως να συνεχίζει να μεταδίδεται.

Επειδή, η διαφανής θερμομόνωση απορροφά τόσο την ακτινοβολία που προσπίπτει άμεσα στην επιφάνειά της όσο και τη διάχυτη ακτινοβολία, επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε οποιαδήποτε όψη κι αν εφαρμοστεί. Μπορεί να τοποθετηθεί **τόσο σε τοίχους, αλλά και σε οροφές**. Εάν για λόγους οικονομίας αποφασιστεί να μη μονωθούν όλες οι όψεις, η πρώτη επιλογή είναι η **νότια όψη και ακολουθούν η ανατολική και η δυτική**. Η διαφανής μόνωση έχει 2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες. Διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν, επίσης, μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% -80% , με μια μείωση γύρω στο 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα. Το κόστος αυτών των υλικών παραμένει σχετικά υψηλό, ενώ απαιτούνται ορισμένες βελτιώσεις, για να διατηρούνται οι αποδόσεις και οι θερμοοπτικές ιδιότητες των υλικών, καθώς και η διάρκεια ζωής τους. Σε υφιστάμενα κτήρια μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από υπάρχουσα αμόνωτη τοιχοποιία, όπως γίνεται και η προσθήκη της συνήθους θερμομόνωσης



Σχήμα 6.16 Διαφανής θερμομόνωση

## 7<sup>Ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ”

Εκτός από τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, τα παθητικά συστήματα και την επιλογή των κατάλληλων δομικών υλικών και θερμομονώσεων, υπάρχουν και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας για τα κτήρια. Αυτές ποικίλουν από απλούς τρόπους εξοικονόμησης, που μπορούμε να εφαρμόσουμε στα συστήματα κλιματισμού και θέρμανσης των κτηρίων, μέχρι σύγχρονες τεχνολογικά μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί. Ενδεικτικά αναφέρονται μερικές από αυτές

#### *7.1 Απλοί τρόποι εξοικονόμηση ενέργειας στην κεντρική θέρμανση και στο κλιματισμό*

##### **Κεντρική Θέρμανση**

Σύμφωνα με μελέτες, στα μεγάλα αστικά κέντρα της Ελλάδας υπάρχουν **σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας όσον αφορά τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης**. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 35-40% της συνολικής ενέργειας καταναλώνεται σήμερα στα κτήρια, ενώ από αυτήν την ενέργεια το 50% οφείλεται στα συστήματα κεντρικής θέρμανση. Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, όπως ονομάζεται η παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση χώρων ή/ και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, από ένα εγκατεστημένο στο κτήριο κεντρικό σύστημα, θεωρείται επιτυχημένη όταν θερμαίνει σωστά και όσο χρειάζεται και εφόσον λειτουργεί οικονομικά και με ασφάλεια. Μερικές απλές παρεμβάσεις στο σύστημα αυτό μπορούν να εξοικονομήσουν σημαντικά ποσά ενέργειας, μέχρι και 20% και είναι οι ακόλουθες :

- Πρέπει να αποφεύγονται οι μεγάλοι λέβητες που δε λειτουργούν σε πλήρη ισχύ και με χαμηλή απόδοση.
- Σε μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις και πάντα στις μεγάλες προτιμούνται περισσότεροι του ενός λέβητα, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα της λειτουργίας μόνο του ενός, όταν δεν υπάρχει υψηλή ζήτηση. Το κόστος αγοράς δύο λεβήτων αντί του ενός αντισταθμίζεται γρήγορα από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται.

Οι λέβητες καλό είναι να μονώνονται. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένας λέβητας χωρίς μόνωση μπορεί να έχει απώλειες πάνω από 5%, τη στιγμή που ένας μονωμένος μπορεί να έχει απώλειες το πολύ έως 1%

- Πολύ σημαντική είναι η μείωση της προκαθορισμένη θερμοκρασίας αναφοράς. Μια μείωση της τάξης του ενός βαθμού, οδηγεί σε πάνω από 6% λιγότερα καύσιμα
- Καυστήρες προηγμένης τεχνολογίας μπορούν να οδηγούν σε τέλεια καύση, για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να προτιμούνται
- Οι σωληνώσεις της εγκατάστασης που περνούν μέσα από μη θερμαινόμενους χώρους θα πρέπει να μονώνονται προς αποφυγή απωλειών
- Η τοποθέτηση μετρητών θερμικής ενέργειας συμβάλλει στην μείωση της σπατάλης και της αλόγιστης χρήσης
- Προτείνεται η χρήση θερμοστάτη στα θερμαντικά σώματα για την ρύθμιση της απαραίτητης και επιθυμητής θερμοκρασίας σε ένα χώρο
- Εγκατάσταση συστήματος αντιστάθμισης. Πρόκειται για σύστημα που ρυθμίζει αυτόματα τη θερμοκρασία του προσαγόμενου θερμού νερού στο κτήριο ή στα καλοριφέρ, σε συνάρτηση με την εξωτερική θερμοκρασία και την επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία. Το σύστημα αντιστάθμισης ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις για ορθολογική χρήση της ενέργειας
- Όταν ένα θερμαντικό σώμα βρίσκεται κοντά σε εξωτερικό τοίχο θα πρέπει να τοποθετείται μονωτικό υλικό μεταξύ των δύο και επίσης να μην τοποθετούνται καλύμματα στα σώματα
- Σε κάθε περίπτωση, ένα κεντρικό σύστημα θα πρέπει να διαστασιολογείται μετά από ειδική μελέτη, προκειμένου να αποφευχθεί υπερδιαστασιολόγηση και σπατάλη καυσίμων
- Η συντήρηση του συστήματος θέρμανσης βελτιώνει την απόδοση, μειώνει την κατανάλωση καυσίμων και την ρύπανση της ατμόσφαιρας και ο εξοπλισμός αποκτάει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής

### Κλιματισμός

Έχει υπολογισθεί από διάφορες μελέτες ότι **μέχρι και το 30% του ενεργειακού κόστους μπορεί να εξοικονομηθεί**, στις περιπτώσεις που ο κλιματισμός είναι απαραίτητος, εάν γίνει η κατάλληλη επιλογή, συνειδητός σχεδιασμός και καλός έλεγχος του συστήματος, καθώς και αποτελεσματική συντήρηση του. Είναι γεγονός ότι σε ένα μεγάλο αριθμό κτηρίων, ο



πλήρης κλιματισμός των χώρων τους δεν είναι απαραίτητος και μεγάλα ενεργειακά οφέλη μπορούν να επιτευχθούν με χρήση μηχανικού ή φυσικού εξαερισμού. Μερικά από τα μέτρα εξοικονόμηση είναι τα εξής:

- Η θερμοκρασία των κατειλημμένων χώρων πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 23-25 °C. Χαμηλότερες θερμοκρασίες αυξάνουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας, χωρίς να συνεπάγονται την αντίστοιχη βελτίωση των συνθηκών άνεσης
- Σημαντικά ενεργειακά οφέλη μπορούμε να έχουμε με την τοποθέτηση χρονοδιακοπών και με κατάλληλη ρύθμιση θερμοστατών
- Απαραίτητη είναι η επαρκής συντήρηση των εγκαταστάσεων. Ο ολοκληρωμένος καθαρισμός των φίλτρων διασφαλίζει καλύτερη ποιότητα αέρα και μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Μπορεί να εξοικονομηθεί 10-30% της ενέργειας που χρησιμοποιείται εάν ακολουθηθούν σωστά οι πρακτικές της συντήρησης
- Η αύξηση της θερμοκρασίας παραγωγής ψυχρού νερού μπορεί να προκαλέσει ενεργειακά οφέλη της τάξεως του 10% για κάθε βαθμό μεταβολής
- Μείωση της παραγόμενης στο κτήριο θερμότητας μπορεί να μειώσει σημαντικά τις ανάγκες σε ψυκτικό φορτίο. Για παράδειγμα, σβήσιμο ή μείωση του επιπέδου φωτισμού μπορεί να αποφέρει μείωση 25-60% στο απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο. Ένας κλασικός λαμπτήρας πυρακτώσεως, για παράδειγμα, μετατρέπει το 80% περίπου της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα την οποία ακτινοβολεί στο χώρο ζεσταίνοντας τον άσκοπα. Για το λόγο αυτό καλό είναι να προτιμούνται οι λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης (π.χ. λαμπτήρες φθορισμού)<sup>4</sup>
- Σε περίπτωση υγρασίας, μια ρύθμιση των ανεμιστήρων σε χαμηλά επίπεδα αποφέρει λιγότερη ψύξη, αλλά θα αφαιρεθεί περισσότερη υγρασία από τον αέρα, κάνοντας το χώρο να μοιάζει πιο δροσερός
- Η επιλογή ενεργειακά αποδοτικού κλιματιστικού μειώνει την κατανάλωση ενέργειας κατά 20-50%, ενώ το μέγεθος το κλιματιστικού πρέπει να είναι κατάλληλο για το χώρο
- Η διεύθυνση του αέρα πρέπει να ρυθμίζεται προς τα κάτω, αφού ο ζεστός αέρας είναι ελαφρύτερος και κινείται προς τα πάνω, με φυσικό τρόπο
- Οι ανεμιστήρες οροφής βελτιώνουν σημαντικά τις συνθήκες θερμικής άνεσης, ενώ συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, λόγω της χαμηλής κατανάλωσης τους. Ακόμα και αν ο χώρος κλιματίζεται, η χρήση ανεμιστήρων οροφής οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης

ενέργειας για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων κατά 28-40%. (Πίνακας 7.1)

Η απόδοση ενός συστήματος κλιματισμού βελτιώνεται όταν το εξωτερικό τμήμα του μηχανήματος προστατεύεται από την άμεση έκθεση του στον ήλιο και τους ισχυρούς ανέμους.

Πίνακας 7.1 Σύγκριση ωριαίας λειτουργίας κλιματιστικού και ανεμιστήρα οροφής

Συσκευή	Κόστος Λειτουργίας ανά ώρα	Εκπομπές CO <sub>2</sub> ανά ώρα
Ανεμιστήρας Οροφής ( 40 W)	0,35 λεπτά	50 γραμμάρια
Κλιματιστικό (9000Btu 1000W)	7,5 λεπτά	1000γραμμάρια

## 7.2 Σύγχρονες Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας

### 7.2.1 Ηλιακή θέρμανση

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μέσω ηλιακών συλλεκτών, τόσο για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, όσο και για την **θέρμανση χώρου**. Την περίοδο 1990-2001, η μέση ετήσια αύξηση της ευρωπαϊκής αγοράς ηλιοθερμικών συστημάτων ήταν 13,6%. Κάθε χρόνο, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης εγκαθίστανται πάνω από 1 εκατ. τετραγωνικά μέτρα συλλεκτών, ενώ τα συνολικά εγκατεστημένα συστήματα (επίπεδοι συλλέκτες με κάλυμμα) ανέρχονται σε 11 εκατ. τετραγωνικά μέτρα περίπου. Αν μάλιστα προσθέσει κανείς και τα μικρότερα μερίδια των συλλεκτών με σωλήνες κενού και τους συλλέκτες χωρίς κάλυμμα, τότε φτάνει στα 12,8 τετραγωνικά μέτρα (m<sup>2</sup>) ηλιακών συλλεκτών ή αλλιώς σε 34 m<sup>2</sup> ανά 1.000 ευρωπαίους. **Ο στόχος που έχει τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τη χώρα μας, είναι η εγκατάσταση περίπου 10 εκατ. τετραγωνικών μέτρων συλλεκτών ως το 2015** (περιλαμβανομένων των συστημάτων για θέρμανση και κλιματισμό). Ο στόχος αυτός (περίπου 1 m<sup>2</sup> ηλιακών συλλεκτών για κάθε κάτοικο) έχει υιοθετηθεί και από μη κυβερνητικές περιβαλλοντικές οργανώσεις, αφού θα μπορούσε να συνεισφέρει στην **αποφυγή της έκλυσης τουλάχιστον 4 εκατ. τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ετησίως.**

## Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Όσον αφορά στη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, αξιοσημείωτο είναι ότι ένας ηλιακός θερμοσίφωνας μπορεί να εξοικονομήσει από 30-80% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας. Συμβάλλει στη μείωση της χρήσης των συμβατικών καυσίμων και κατ'επέκταση στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Συγκεκριμένα, ένα τυπικό θερμοσιφωνικό σύστημα για οικιακή χρήση παράγει ετησίως 840-1.080 KWh και αποσοβεί την έκλυση 925-1.200 κιλών CO<sub>2</sub>/χρόνο.



Σχήμα 7.1 Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με ηλιακά

Τα περισσότερα ηλιακά συστήματα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αποτελούνται συνιστώνται από:

1. Τον ηλιακό συλλέκτη
2. Μια δεξαμενή αποθήκευσης

πιο κοινός τύπος συλλέκτη που χρησιμοποιείται είναι οι επίπεδοι συλλέκτες με κάλυμμα. Με τη βοήθεια της ηλιακής θερμικής ενέργειας που συλλέγεται στο συλλέκτη, θερμαίνεται το νερό και μεταφέρεται στην καλά μονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης, έτοιμο προς χρήση (Εικόνα 7.1). Ένα συμβατικό σύστημα (συμβατικός θερμαντήρας νερού), χρησιμοποιείται συμπληρωματικά, όταν οι ανάγκες για θέρμανση του νερού δεν καλύπτονται από το ηλιακό σύστημα.

### **Ηλιακή Θέρμανση Χώρων με συνδυασμένα συστήματα**

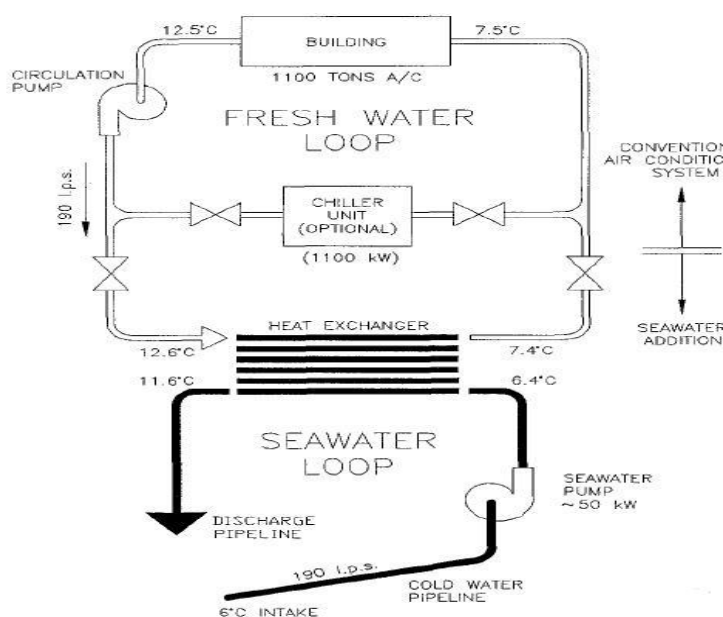
Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης χώρου χρησιμοποιούνται ευρέως στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη, συνήθως σε συνδυασμό με κάποιο άλλο σύστημα θέρμανσης (που λειτουργούν με π.χ. βιομάζα, ή αέριο), γι' αυτό είναι γνωστά ως συνδυασμένα συστήματα (**combisystems**).

Τα συστήματα αυτά παρέχουν ζεστό νερό χρήσης, αλλά και εξασφαλίζουν τη θέρμανση των χώρων, με τη χρήση μια κοινής διάταξης συλλεκτών, που συνδυάζεται με τη βοηθητική μονάδα θέρμανσης. Ανάλογα με το μέγεθος του συστήματος που εγκαθίσταται, η ετήσια συμβολή του για τη θέρμανση χώρων κυμαίνεται από 30% έως 50%. Οι υπόλοιπες απαιτήσεις σε θερμότητα καλύπτονται από τη βοηθητική μονάδα. **Πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι**

- Μπορούν να συνδυασθούν με σύστημα ηλιακής ψύξης.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε νοσοκομεία, ξενοδοχεία, βιομηχανίες, όσο και σε σπίτια.
- Ιδιαίτερα στα νότια κλίματα, η τεχνολογία αυτή είναι αρκετά αποδοτική. Σε συνδυασμό με βοηθητικό σύστημα που κάνει χρήση βιομάζας, η κάλυψη των αναγκών για θέρμανση, μπορεί να φτάσει το 100%.
- Το κόστος τους είναι συγκρίσιμο με τα κοινά ηλιακά συστήματα
- Μπορούν να συνδυαστούν με ήδη εγκατεστημένα συμβατικά συστήματα

Για κάλυψη των θερμικών αναγκών της τάξης του 40-50%, πρέπει η επιφάνεια των συλλεκτών να είναι ίση με το 20% της επιφάνειας του χώρου που πρόκειται να θερμανθεί. Δηλαδή, για σπίτι 100m<sup>2</sup>, χρειάζονται συλλέκτες επιφάνειας 20 m<sup>2</sup>.

## 7.2.2 Ψύξη από θάλασσα



Σχήμα 7.2 Σχηματικό Διάγραμμα Ροής, ενός μεγάλου συστήματος κλιματισμού που λειτουργεί είτε με κρύο νερό θάλασσας, είτε με συμβατικό σύστημα ψύξης.(air conditioning with deep seawater; a reliable, cost effective technology

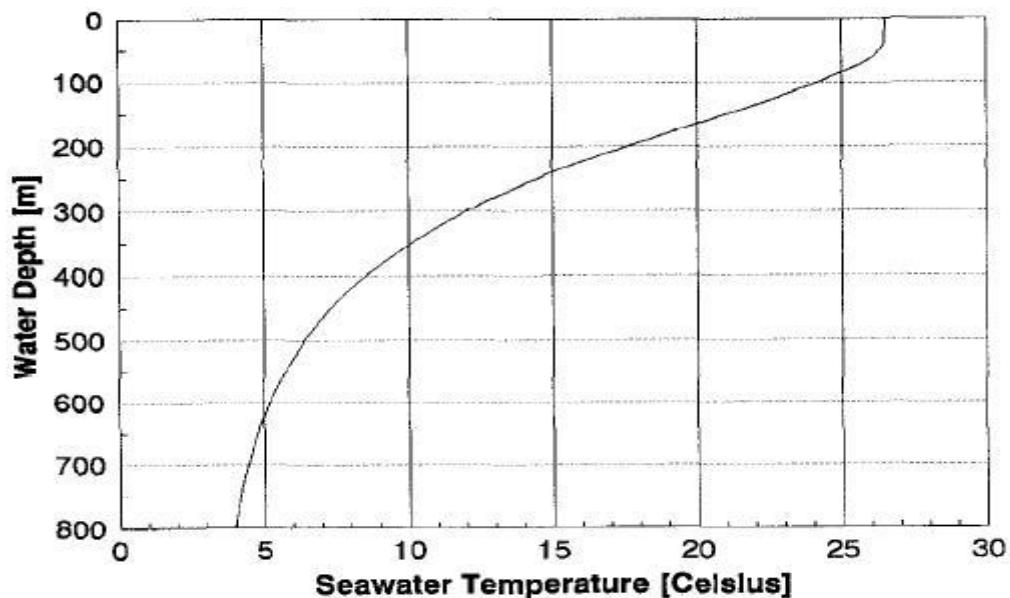
Το νερό της θάλασσας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη των κτηρίων. **Η θάλασσα έχει την ιδιότητα να διατηρεί τη θερμοκρασία της σταθερή σε μεγάλα βάθη**, ανεξάρτητα από τις θερμοκρασίες που επικρατούν εξωτερικά. Για να γίνει αυτό κατανοητό, το καλοκαίρι η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας βρίσκεται στους 20 °C, ενώ σε μεγάλο βάθος η θερμοκρασία της μπορεί να φτάνει τους 4 °C. Την ιδιότητα αυτή μπορούμε να την αξιοποιήσουμε στα κτήρια, αφού το κρύο νερό αυτό αποτελεί μια μόνιμη πηγή ψύξης. Η πολυτιμότητα του κρύου νερού της θάλασσας ως πηγή ενέργειας, έχει αναγνωρισθεί εδώ και πολύ καιρό, ενώ μελετητές από το 1970, παρακινήμενοι από την ενεργειακή κρίση, αναδεικνύουν τα πλεονεκτήματα του κλιματισμού από το θαλασσινό νερό. Ο κλιματισμός με θαλασσινό νερό απαιτεί πολύ λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια, απ'ότι ένα συμβατικό σύστημα ψύξης. Κατά τις πρώτες μελέτες που έγιναν, το κόστος ενός τέτοιου συστήματος ήταν αβέβαιο, επειδή οι σωληνώσεις δεν είχαν τοποθετηθεί στο σωστό βάθος και οι εναλλάκτες θερμότητας δεν είχαν εξελιχθεί.

Τα τελευταία, ωστόσο, χρόνια σχετικές έρευνες οδήγησαν στην εξέλιξη αξιόπιστων, μεσαίου μεγέθους σωληνώσεων, κατάλληλων για τη χρήση αυτή, καθώς και την κατασκευή κατάλληλων εναλλακτών χαμηλού κόστους, από αλουμίνιο, συμβατών με το κρύο θαλασσινό νερό. **Για πολλά μέρη το σύστημα ψύξης με θαλασσινό νερό είναι πλέον μια αξιόπιστη και οικονομικά αποδεκτή τεχνολογία.**

Αξιοσημείωτο είναι, ότι τα υδρόψυκτα συστήματα πλεονεκτούν έναντι των αερόψυκτων καθώς μπορούν να λειτουργήσουν σε χαμηλότερη θερμοκρασία και συνεπώς παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη απόδοση. Συγκεκριμένα για το ίδιο ψυκτικό αποτέλεσμα η εξοικονόμηση ενέργειας κυμαίνεται από 30 - 50% .

**Η πρώτη χρήση του θαλασσινού νερού για ψύξη κτηρίων** έγινε το 1985 στο κτηριακό συγκρότημα **Purdy' s Wharf** στο Halifax του Καναδά. Το σύστημα ψύξης αποτελείται από δυο κυκλώματα νερού και έναν εναλλάκτη θερμότητας. Το πρώτο κύκλωμα περιέχει θαλασσινό νερό και το δεύτερο γλυκό νερό για την ψύξη των κτηρίων. Δυο φυγόκεντρες αντλίες, οι οποίες βρίσκονται στο υπόγειο του κτιριακού συγκροτήματος, αντλούν κρύο νερό από τον πυθμένα του λιμανιού. Το κρύο νερό εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας με θερμοκρασία 7 °C περίπου και ψύχει το γλυκό νερό του δεύτερου κυκλώματος. Μετά την έξοδό του από τον εναλλάκτη θερμότητας, το θαλασσινό νερό, που είναι θερμότερο κατά μερικούς βαθμούς, επιστρέφει στη θάλασσα. Το νερό της ψύξης των κτηρίων με θερμοκρασία 10 °C μεταφέρεται μέσω του δεύτερου κυκλώματος στα γραφεία όπου παρέχεται δροσερός αέρας

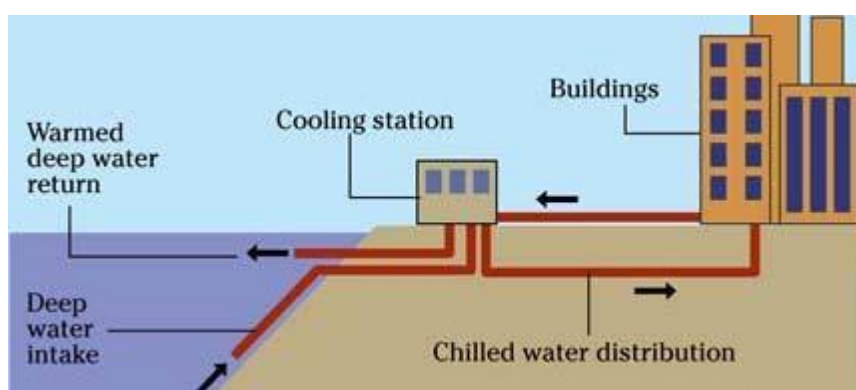
**Η ψύξη με τη χρήση του νερού της θάλασσας απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας** και έχει μικρότερο κόστος συντήρησης αλλά έχει μεγαλύτερο κόστος κατασκευής από ένα συμβατικό σύστημα ψύξης. Παρ' όλο το μεγαλύτερο αρχικό κόστος, το σύστημα είναι εξαιρετικά αποδοτικό λαμβάνοντας υπ' όψιν το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας. Το σύστημα ψύξης του Purdy ' s Wharf κόστισε 200000 δολάρια Καναδά αλλά η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων ανέρχεται σε 100000 δολάρια Καναδά. Αυτό σημαίνει ότι η απόσβεση του έργου έγινε σε δυο χρόνια.



Σχήμα 7.3 Τυπικές θερμοκρασίες του θαλασσινού νερού για διάφορα βάθη, στην περιοχή της Χαβάης

Επίσης, στο εργαστήριο **φυσικής ενέργειας της Χαβάης** (Natural Energy Laboratory of Hawai Authority, NELHA) υπάρχει ένα σύστημα παροχής θαλασσινού νερού σε μεγάλο μέγεθος. Το βάθος άντλησης του κρύου νερού είναι 900 m και η θερμοκρασία του νερού είναι 4 °C . Πρόκειται για τον βαθύτερο αγωγό άντλησης θαλασσινού νερού στον κόσμο.

Εκτός των εφαρμογών του συστήματος υπάρχουν και άλλες πολλές που ακολουθούν, όπως η χρήση ενός τέτοιου συστήματος κλιματισμού το 2006 σε ένα ξενοδοχειακό συγκρότημα στη Γαλλική Πολυνησία, η ενεργειακής αξιοποίησης της λίμνης Οντάριο, καθώς και άλλες πολλές περιπτώσεις.



Σχήμα 7.4

Το κρύο θαλασσινό νερό, αντλείται και οδηγείται σε ένα σταθμό ψύξης, όπου μέσω εναλλάκτη ψύχει το νερό που χρησιμοποιείται από τα κτήρια. Το θερμότερο πλέον, θαλασσινό νερό επιστρέφει στη θάλασσα.

**Τα πλεονεκτήματα** ενός συστήματος ψύξης με θαλασσινό νερό είναι τα εξής :

- Μειωμένη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, σε σχέση με ένα συμβατικό σύστημα κλιματισμού, που μπορεί να φτάσει το 90%
- Γίνεται χρήση καθαρής, ανανεώσιμης πηγής ενέργειας
- Αποφυγή της χρήσης των χλωροφθορανθράκων (CFCs) που επιδρούν αρνητικά στην τρύπα του όζοντος
- Συμβάλλει στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου
- Μειώνει την εξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα
- Σταθερό κόστος κατανάλωσης ενέργειας, που δεν εξαρτάται από τις διακυμάνσεις των τιμών των συμβατικών καυσίμων
- Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, 75-100 χρόνια
- Παρέχει αξιόπιστο ψυκτικό αποτέλεσμα
- Μειώνει την ανάγκη για χρήση πύργου ψύξης
- Ο εξοπλισμός είναι εύκολος στη χρήση, αλλά και στο να διατηρηθεί
- Με τη χρήση κρύου φυσικού νερού αποφεύγεται ο θόρυβος, η ρύπανση και η υγρασία που προκαλούν οι συμβατικοί ψύκτες

### 7.2.3 Ψύξη με ηλιακή ενέργεια

Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για την ψύξη των κτηρίων. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας για τη λειτουργία συστημάτων κλιματισμού είναι ελκυστική, δεδομένου ότι οι ανάγκες σε ψυκτικό φορτίο συμπίπτουν κυρίως με τις περιόδους υψηλής ακτινοβολίας. Οι πρώτες πιλοτικές εφαρμογές του ηλιακού κλιματισμού έγιναν στην Ελλάδα ήδη εδώ και μια εικοσαετία. Ένα τέτοιο σύστημα εγκαταστάθηκε το 1999 στην Βοιωτία, με συνολική επιφάνεια συλλεκτών  $2.700\text{m}^2$  και δύο ηλιακούς ψύκτες των  $350\text{kW}$ , παρέχοντας **παραγωγή ενέργειας πάνω από 1719 MWh το χρόνο** και μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 5125 τόνους/ έτος.

Τα συστήματα ηλιακής ψύξης μπορούν να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες:

#### 1. Ηλιακά συστήματα ρόφησης (sorption)



## 2. Ηλιακά μηχανικά συστήματα

- πρώτη κατηγορία βασίζεται στη χρήση της θερμικής ενέργειας του ήλιου και περιλαμβάνει **ψύκτες απορρόφησης-προσρόφησης** (absorption-adsorption) καθώς και **ψύξη με αφύγρανση**.

- δεύτερη κατηγορία βασίζεται στη λειτουργία ενός κινητήριου μηχανισμού, όπως είναι ένας ηλεκτρικός κινητήρας που κινείται μέσω της ηλιακής ενέργεια με **χρήση φωτοβολταϊκού**, για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Είναι 4-5 φορές πιο ακριβή από τις τεχνολογίες που κάνουν χρήση της θερμικής ενέργειας του ήλιου. Για το λόγο αυτό έχουν εφαρμοσθεί σε μικρότερη κλίμακα.

Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού προσφέρουν τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Χρησιμοποιούν απολύτως αβλαβή ρευστά, όπως το νερό, ή διαλύματα αλάτων
2. Είναι ενεργειακά αποδοτικά
3. Είναι φιλικά προς το περιβάλλον
4. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτόνομα συστήματα, είτε σε συνδυασμό με συμβατικά συστήματ κλιματισμού

Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού που χρησιμοποιούνται μέχρι τώρα (ηλιακά συστήματα ρόφησης) ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες:

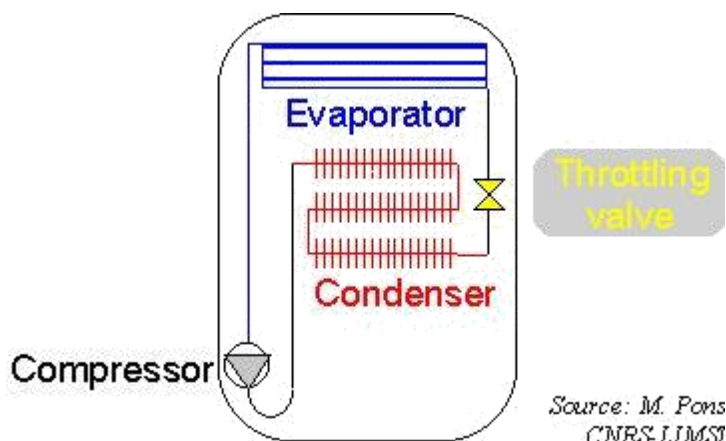
- **Κλειστά συστήματα**, που είναι θερμοκίνητοι ψύκτες που παρέχουν ψυχρό νερό, το οποίο είτε χρησιμοποιείται στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες για να παρέχει πλήρως κλιματισμένο αέρα, είτε διανέμεται μέσω ενός δικτύου ψυχρού νερού σε καθορισμένους χώρους για να ενεργοποιήσει τοπικές μονάδες των δωματίων (π.χ. fan coils). Υπάρχουν σήμερα στην αγορά, διαθέσιμοι ψύκτες απορρόφησης και προσρόφησης.

**Ανοικτά συστήματα**, που επιτρέπουν πλήρη κλιματισμό παρέχοντας ψυχρό και ξηρό αέρα σύμφωνα με τις απαιτήσεις για θερμική άνεση. Τα πιο κοινά συστήματα είναι συστήματα ψύξης με αφύγρανση που χρησιμοποιούν τροχό αφύγρανσης με στερεό πορώδες υλικό.

Πίνακας 7.2 Κατηγορίες συστημάτων ηλιακού κλιματισμού, που κάνουν χρήση της ηλιακής θερμικής ενέργειας, που συλλέγουν με τη χρήση συλλεκτών

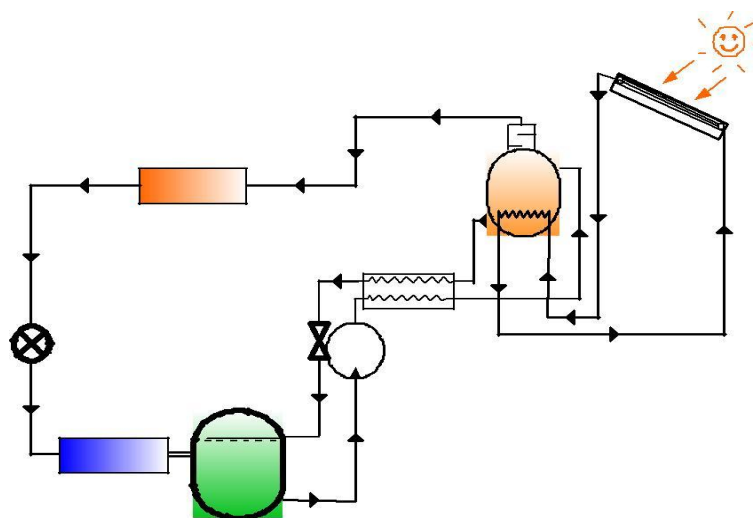
Μέθοδος	Κλειστού κύκλου		Ανοικτού κύκλου	
Αρχή	Ψυχρό νερό από εξάτμιση		Αφύγρανση του αέρα και ψύξη με εξάτμιση	
Φάση υλικού ρόφησης	Στερεό	Υγρό	Στερεό	Υγρό
Συνήθη ζεύγη υλικών	νερό-silica gel	νερό-βρωμιούχο λίθιο, αμμωνία - νερό	Νερό-silica gel, νερό-χλωριούχο ασβέστιο	νερό-χλωριούχο ασβέστιο, νερό-χλωριούχο λίθιο
Διαθέσιμη Τεχνολογία	Ψύκτης προσρόφησης	Ψύκτης απορρόφησης	desiccant	Κοντά στην εισαγωγή στην αγορά
Τυπική ψυκτική ικανότητα	50-430 kW	15 kW-5 MW	20 kW-350 kW	
Θερμικός Συντελεστής Απόδοσης COP <sup>5</sup>	0,5-0,7	0,6-0,75	0,5-1	>1
Είδος ηλιακού συλλέκτη	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Επίπεδοι Συλλέκτες, συλλέκτες αέρος	Επίπεδοι Συλλέκτες, συλλέκτες αέρος

Στην Εικόνα 7.5, φαίνεται ο βασικός κύκλος ψύξης, που ακολουθείται σε κάθε σύστημα κλιματισμού και αποτελείται από τις διεργασίες της συμπίεσης, της συμπύκνωσης, εκτόνωσης και ατμοποίησης



Σχήμα 7.5 Απεικόνιση βασικού κύκλου ψύξης, που αποτελείται από τις εξής διαδικασίες: 1. Συμπίεση, 2. Συμπύκνωση 3. Εκτόνωση 4. Ατμοποίηση (παροχή ψύξης)

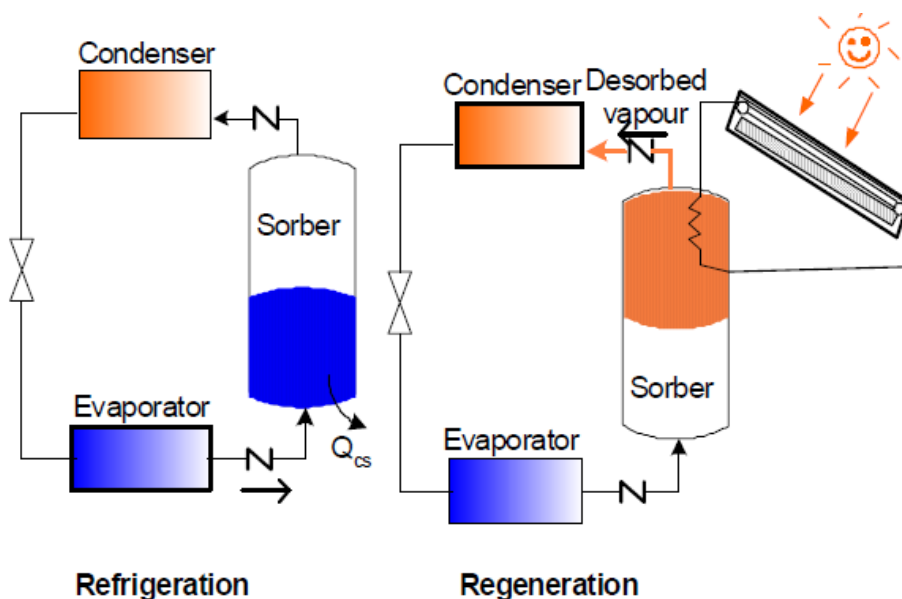
### Ψύκτες απορρόφησης (absorption)



Σχήμα 7.6 Διαδικασία ηλιακού κλιματισμού με απορρόφηση. Αποτελείται από το ηλιακό συλλέκτη, τον συμπυκνωτή, την εκτονωτική βαλβίδα, τον ατμοποιητή και τη μονάδα απορρόφησης, η οποία μαζί με τη γεννήτρια (αναγεννητής) και ένα σύστημα που συνίσταται από τον εναλλάκτη, μια αντλία και τη ρυθμιστική βαλβίδα, παίζει το ρόλο του συμπιεστή

Πρόκειται για τους πιο διαδεδομένους ψύκτες. Η θερμική συμπίεση του ψυκτικού μέσου, επιτυγχάνεται με τη χρήση υγρού διαλύματος ψυκτικού μέσου/ ροφητικού υλικού και πηγή θερμότητας, **αντικαθιστώντας με αυτόν τον τρόπο την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός μηχανικού συμπιεστή**. Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν εσωτερική αντλία για το διάλυμα, καταναλώνοντας όμως μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Η ψύξη βασίζεται στην εξάτμιση του ψυκτικού μέσου (νερό) στον εξατμιστή σε πολύ χαμηλές πιέσεις. Το ατμοποιημένο ψυκτικό μέσο απορροφάται στον απορροφητή, αραιώνοντας του διάλυμα (π.χ. διάλυμα  $H_2O/LiBr$ ). Το διάλυμα αντλείται συνεχώς στον αναγεννητή (γεννήτρια ατμού), όπου επιτυγχάνεται η αναγέννηση του διαλύματος χρησιμοποιώντας θερμότητα (π.χ. ζεστό νερό από ηλιακά). Το ψυκτικό μέσο στη συνέχεια, συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή και κυκλοφορεί με τη βοήθεια της εκτονωτικής βαλβίδας πάλι στον εξατμιστή ( Σχήμα 7.6)

### Ψύκτες προσρόφησης (*adsorption*)



Σχήμα 7.7 Διαδικασία ηλιακού κλιματισμού με προσρόφηση

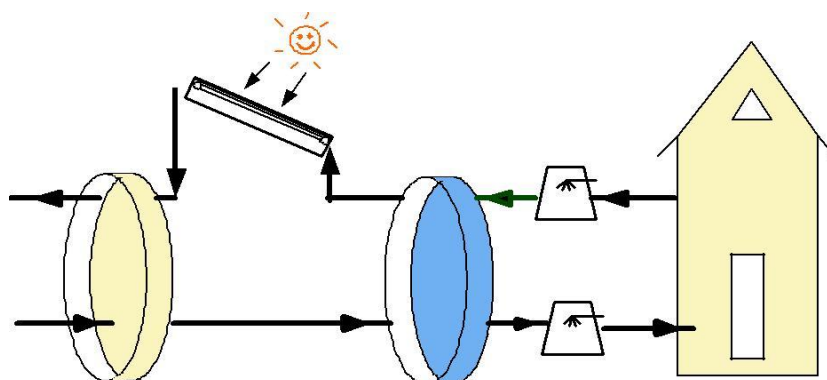
Οι ψύκτες προσρόφησης, αντί για υγρό διάλυμα, χρησιμοποιούν στερεά πορώδη ροφητικά υλικά. Μπορούν να δουλεύουν για μεγαλύτερη διάρκεια από τους ψύκτες απορρόφησης και με χαμηλότερη θερμοκρασία. Επίσης, μπορούν να κατασκευαστούν σε μικρότερη κλίμακα σε σχέση με τους ψύκτες απορρόφησης και μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς την απαίτηση ύπαρξης κινητών μηχανισμών. Επίσης δε παρουσιάζουν προβλήματα διάβρωσης, που μερικές φορές απατώνται σε ψύκτες απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου. Μέχρι σήμερα, ωστόσο, οι

ψύκτες προσρόφησης χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή πάγου. Τα διαθέσιμα στην αγορά συστήματα χρησιμοποιούν νερό ως ψυκτικό μέσο και silica gel ως ροφητικό υλικό. Αποτελούνται από δύο χώρους ροφητικού υλικού, έναν εξατμιστή και έναν συμπυκνωτή (Εικόνα 103). Στον πρώτο χώρο, το ροφητικό υλικό αναγεννάται, αυξάνεται η θερμοκρασία, άρα και η πίεση, χρησιμοποιώντας ζεστό νερό από τον ηλιακό συλλέκτη, ενώ στο δεύτερο χώρο, το υλικό προσροφά τους υδρατμούς που εισάγονται από τον εξατμιστή. Αυτός ο χώρος πρέπει να ψυχθεί προκειμένου να επιτευχθεί συνεχής προσρόφηση. Το νερό στον εξατμιστή περνά στην αέρια φάση, θερμαινόμενο από το εξωτερικό κύκλωμα νερού. Στο σημείο αυτό παράγεται η χρήσιμη ψυκτική ισχύς.

### **Ψύκτες ανοικτού κύκλου (desiccant)**

Ο θερμός και υγρός νωπός αέρας εισάγεται στον τροχό αφύγρανσης (desiccant wheel) και αφυδατώνεται με την προσρόφηση της υγρασίας. Ο αέρας θερμαίνεται από τη θερμότητα προσρόφησης, οδηγείται στον τροχό ανάκτησης θερμότητας (Heat Exchanger Wheel), με συνέπεια να επιτυγχάνεται σημαντική πρόψυξη του ρεύματος νωπού αέρα. Στη συνέχεια ο αέρας υγραίνεται και ψύχεται περαιτέρω, από ελεγχόμενο υγραντή (humidifier), σύμφωνα με την επιθυμητή θερμοκρασία και υγρασία του αέρα παροχής

Το ρεύμα αέρα που απορρίπτεται έπειτα, υγραίνεται κοντά στο σημείο κορεσμού του για να εκμεταλλευτεί τη μέγιστη δυνατότητα ψύξης. Στη συνέχεια οδηγείται στον τροχό ανάκτησης θερμότητας. Τέλος, το ροφητικό υλικό του τροχού αναγεννάται με τη χρήση θερμότητας σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, επιτρέποντας έτσι συνεχή λειτουργία αφύγρανσης



Σχήμα 7.8 Ηλιακός κλιματισμός με αφύγρανση.

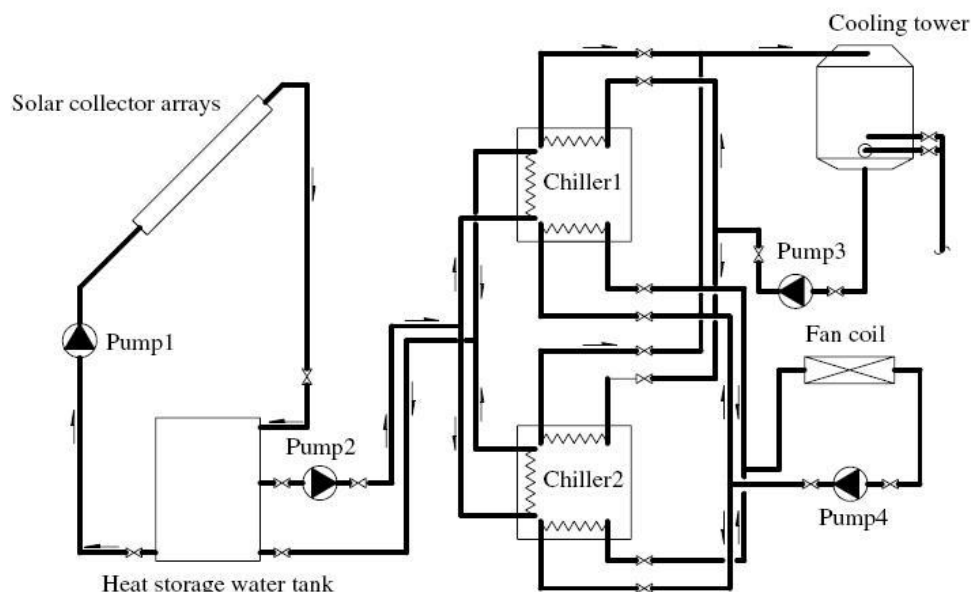


Fig. 3. Flow diagram of the solar-powered air-conditioning system.

*Σχήμα 7.9* Διάγραμμα ροής συστήματος ηλιακού κλιματισμού. Αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη (solar collector), 2 ψύκτες προσρόφησης (chillers), ένα πύργο ψύξης (cooling tower), ένα fan coil μέσα στο κλιματιζόμενο χώρο, αντλία 1 (pump 1) για τον ηλιακό συλλέκτη, αντλία 2 (pump 2) για το ζεστό νερό, αντλία 3 (pump 3) για το νερό προς ψύξη, αντλία 4 (pump 4) για το κρύο νερό. Επίσης μια δεξαμενή νερού (heat storage water tank) χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της θερμότητας και για παροχή ζεστού νερού στο σύστημα κλιματισμού

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα ηλιακά συστήματα ψύξης, αν και παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον και **μπορούν να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας** και στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, **δεν είναι άμεσα ανταγωνιστικά, σε οικονομικό επίπεδο**, σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού, κατά κύριο λόγο, επειδή έχουν υψηλό πάγιο κόστος, λόγω του υψηλού κόστους του εξοπλισμού, που απέχουν ακόμη πολύ από το επίπεδο της βιομηχανικής παραγωγής μεγάλης κλίμακας.



*Σχήμα 7.10* Διάταξη ηλιακών σωλήνων-συλλεκτών

## 7.2.4 Ανάκτηση θερμότητας

Ανάκτηση θερμότητας είναι η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται αξιοποίηση μέρους της θερμότητας που αποβάλλεται από κάποια μονάδα παραγωγής θερμότητας. Η ανάκτηση γίνεται μέσω εναλλαγής θερμότητας μεταξύ ρευμάτων ρευστών που αποβάλλονται (π.χ. καυσαέρια, απόνερα κλπ) και ρευστών που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. αέρας καύσης, νερά διεργασιών κλπ). Η ανακτώμενη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προθέρμανση του νερού ή του αέρα καύσης, αυξάνοντας έτσι τη συνολική απόδοση του συστήματος παραγωγής ενέργειας, καθώς και για την κάλυψη αναγκών της παραγωγικής διαδικασίας σε θερμό νερό ή θερμό αέρα. Έτσι, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας, αφού μειώνονται οι θερμικές απαιτήσεις. Η επιλογή κατάλληλων εναλλακτών, προϋποθέτει γνώση της μέγιστης πίεσης λειτουργίας, των ελάχιστων και μέγιστων θερμοκρασιών και των περιορισμών που επιβάλλει το ρευστό. Επίσης, σημαντική είναι η μελέτη του μεγέθους του εναλλάκτη που θα επιλεγεί, ώστε να είναι οικονομικά συμφέρουσα η τοποθέτησή του.

Οι τρόποι ανάκτησης θερμότητας είναι οι εξής

Ανάκτηση θερμότητας από καυσαέρια: Οι απώλειες θερμότητας ενός λέβητα οφείλονται κυρίως στα καυσαέρια και είναι ανάλογες με την παροχή των καυσαερίων και της θερμοκρασίας τους. Η θερμότητα από τα καυσαέρια, ωστόσο μπορεί να μεταφερθεί σε ένα ρεύμα αέρα που εισέρχεται σε εναλλάκτη και έτσι να ανακτηθεί. Συνήθως χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος για την προθέρμανση του αέρα καύσης, αλλά και για άλλες διεργασίες, όπως είναι η παραγωγή θερμού νερού, η προθέρμανση υγρών, κ.λ.π

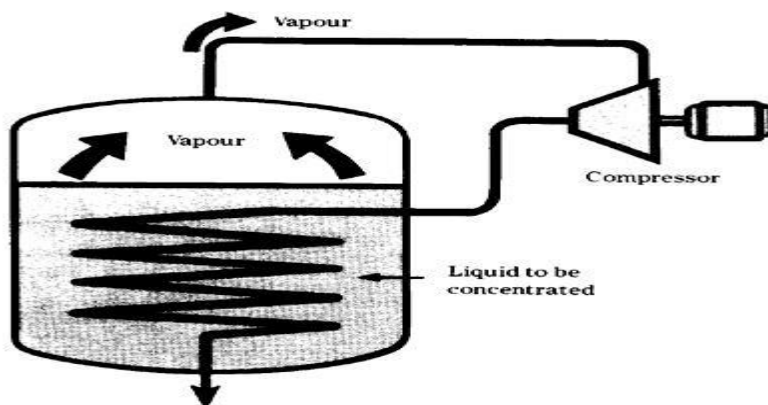


Αριστερά πλακοειδής εναλλάκτης θερμότητας αέρα/ αέρα, στο κέντρο σωληνωτός εναλλάκτης θερμότητας αέρα /νερού και δεξιά εναλλάκτης τύπου Rotary Wheel αέρα/ αέρα, παροχής  $220.000 \text{Nm}^3/\text{h}$ .

Σχήμα 7.11 Διάφοροι τύποι εναλλακτών

• Ανάκτηση θερμότητας από δίκτυα ατμού:

Πρόκειται για τη συλλογή των συμπυκνωμάτων, που δημιουργούνται σε δίκτυα ατμού και η μετέπειτα χρήση τους ως νερό τροφοδοσίας στον ατμολέβητα. Τα συμπυκνώματα έχουν υψηλή θερμοκρασία, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί με τη συλλογή και επιστροφή τους στη δεξαμενή συμπυκνωμάτων για χρησιμοποίησή τους σαν νερό τροφοδοσίας



Σχήμα 7.12 Μηχανικός συμπιεστής ατμού

Ανάκτηση θερμότητας από απόνερα:

Ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας είναι δυνατόν να επιτευχθεί και από τα ζεστά απόνερα που προκύπτουν από την παραγωγική βιομηχανικές διαδικασίες, όπως είναι τα απόνερα των βαφείων. Τα ζεστά αυτά απόβλητα έχουν τεράστια ποσά ενέργειας. Στη χώρα μας για παράδειγμα, τα μεγάλα βαφεία απορρίπτουν 1000-5000m<sup>3</sup>/ ημέρα υγρά απόβλητα με μέση θερμοκρασία 60 °C. Είναι προφανές ότι η διαθέσιμη προς ανάκτηση θερμότητα είναι αξιόλογη, δεδομένου ότι η μέση θερμοκρασία του νερού που τροφοδοτεί αυτά τα εργοστάσια είναι 17 °C. Υπάρχουν δύο είδη εναλλακτών, οι πλακοειδείς και οι σωληνωτοί



Σχήμα 7.13 Εναλλάκτες αποβλήτων. Αριστερά πλακοειδής και δεξιά σωληνωτό



Ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας ενός τέτοιου συστήματος, αναφέρεται ότι για θερμική ισχύ συστήματος ίση με 5000W, έχουμε ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 1200 τόνους μαζούτ/ χρόνο και ετήσιο οικονομικό όφελος 340000 ευρώ, με κόστος έργου 300000 ευρώ.

## “ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”

Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι αν ο βιοκλιματικός σχεδιασμός και τα ηλιακά παθητικά συστήματα εφαρμοσθούν στα κτήρια, μπορούμε να εξοικονομήσουμε σημαντικά ποσά ενέργειας και να περιορίσουμε σημαντικά τους ρύπους. Με επιλογή της σωστής θερμικής μάζας του κτηρίου, ανάλογα με τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής, με το σχεδιασμό κατάλληλων ανοιγμάτων, την εφαρμογή απλών παθητικών συστημάτων, καθώς επίσης με το κατάλληλο προσανατολισμό και χωροθέτηση του κτηρίου, μπορούμε να εξασφαλίσουμε συνθήκες θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από τα συμβατικά καύσιμα. Ο κατάλληλος σχεδιασμός και προστασίας του κελύφους από τα θερμικά κέρδη, η φύτευση βλάστησης, σε συνδυασμό με εφαρμογή φυσικού αερισμού και δροσισμού, οδηγούν στη μείωση της εξάρτησης μας από τα κλιματιστικά. Επιπροσθέτως, η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, συμβάλλουν αφενός στην οπτική μας άνεση και αφετέρου στην εξοικονόμηση ενέργειας για φωτισμό. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται επίσης, στην επιλογή οικολογικών δομικών υλικών, που αντέχουν στο χρόνο και δε βλάπτουν τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Επίσης, με εφαρμογή απλών τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης και στα συστήματα κλιματισμού καθώς επίσης με την ενσωμάτωση τεχνολογιών που κάνουν χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, επιτυγχάνουμε ακόμα περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας. Τεχνολογίες, όπως η ηλιακή ψύξη, η ψύξη από θάλασσα και ο κλιματισμός από ψυχόμενες διατάξεις, αν και έχουν ένα αρχικό κόστος, σύντομα μας αποζημιώνουν ενεργειακά και οικονομικά. Σε κάθε περίπτωση, είναι αναγκαία η σωστή επιλογή των διαστάσεων και η σωστή εφαρμογή των διατάξεων ανάλογα με τις ανάγκες του κτηρίου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**ΑΠΑΝΤΑ 1-Απομνημονεύματα 1**, Ξενοφών, Αρχαία Ελληνική Γραμματεία  
«Οι Έλληνες», Εκδόσεις Κάκτος

**ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΝ**, Μιχάλης  
Γρ.Βραχόπουλος, Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, 2004

**ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική  
δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική, Κώστας και Θέμης Στεφ.Τσιπήρας,  
Εκδόσεις Κεδρος, 2005

**ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**, Ηλίας Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Παπασωτηρίου,  
Αθήνα 2005

**ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ**,

[http://www.evonymos.org/files1/155SOLAR%20ENERGY%20FOR%20BUILDING  
S.IENE.doc](http://www.evonymos.org/files1/155SOLAR%20ENERGY%20FOR%20BUILDING%20S.IENE.doc)

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**, Ενεργειακή Απόδοση και  
Κατευθύνσεις Εφαρμογής, Καπε, Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002, Ευγενία Α. Λαζάρη,  
[http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate\\_brochure.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf)

**ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΙΚΙΣΤΙΚΑ  
ΣΥΝΟΛΑ** <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>

**THERMALCOMFORT** [http://,  
www.hse.gov.uk/temperature/thermal/explained.htm](http://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/explained.htm)

**PREDICTION OF THERMAL COMFORT**,

[http://personal.cityu.edu.hk/~bsapplec/newpage315.ht  
m](http://personal.cityu.edu.hk/~bsapplec/newpage315.htm)

**Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη**, <http://www.evonymos.org/greek/index.html>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Passive\\_solar\\_building\\_design](http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_solar_building_design)

**ΕΞΥΠΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ**,

[http://www.domika.gr/newSolutions/oikologia/exipna\\_pa  
rathira.a  
sp](http://www.domika.gr/newSolutions/oikologia/exipna_parathira.asp)

[http://erg.ucd.ie/mb\\_bioclimatic\\_architecture.pdf](http://erg.ucd.ie/mb_bioclimatic_architecture.pdf)

[http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_b  
ioclimatic\\_passive.ht  
m](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/bioklimatikos\\_s  
xediasmos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/bioklimatikos_sxediasmos.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_thermomonomosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/hliasmos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/hliasmos.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_xrisi\\_yalopina\\_kon.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_xrisi_yalopina_kon.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_fragma.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_fragma.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_monotika\\_ylika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_monotika_ylika.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_prismatika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_prismatika.htm)

[http://everything2.com/index.pl?node\\_id=1914968](http://everything2.com/index.pl?node_id=1914968)

<http://www.azsolarcenter.com/design/passive-2.htm>

[http://www.ktirio.gr/gr/\\_dynoP/articles/arthra\\_det.asp?KATEGORY\\_CODE=23  
&AR\\_THRO\\_NAME=118-27.TXT](http://www.ktirio.gr/gr/_dynoP/articles/arthra_det.asp?KATEGORY_CODE=23&AR_THRO_NAME=118-27.TXT)

**ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ**, κατασκευή για θερμική εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας στα κτίρια, [http://klimalarissa.blogspot.com/2007/04/blog-post\\_402.html](http://klimalarissa.blogspot.com/2007/04/blog-post_402.html)

Greenpeace, <http://www.greenpeace.org/greece/137368/137396/138787>

**ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΩΜΑΤΟΣ**,

<http://building.dow.com/styrofoam/europe/el/applications/thermal/flat/4.htm> <http://www.egreen.gr/why.html>

**GREEN ROOFS**, <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36060.pdf>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Trombe\\_wall](http://en.wikipedia.org/wiki/Trombe_wall)

**TROMBE WALLS IN LOW ENERGY BUILDINGS**,

<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36277.pdf>

**A WATER WALL SOLAR DESIGN MANUAL**,

<http://buildditsolar.com/Projects/SpaceHeating/AWaterWallIntro.pdf>

**BARRA CONSTANTINI SYSTEM**,

<http://www.osti.gov/accomplishments/pdf/DE90012500/066.pdf>

**PERFORMANCE OF BARRA-CONSTANTINI PASSIVE HEATING**

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_nyxterini\\_aktinobolia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_hlioprostasia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm)

**UNDERSTANDING ENERGY- EFFICIENT WINDOWS,**

<http://www.taunton.com/finehomebuilding/how-to/articles/understanding-energy-efficient-windows.aspx>

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_yalopinakes.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_yalopinakes.htm)

**ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ/ ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΩΜΑΤΑ,**

<http://www.conferences.gr/fileadmin/dtemplates/palenc2007/pdf/egreen.pdf>

[http://www.sciencebuddies.com/science-fair-projects/project\\_ideas/EnvEng\\_p012.shtml?from=Hoe](http://www.sciencebuddies.com/science-fair-projects/project_ideas/EnvEng_p012.shtml?from=Hoe)

**GREEN ROOFS,** <http://www.delston.co.uk/greenroofs.htm>

**GREEN ROOFS GROW...WITH BROWN COMPOST,**

[http://www.jgpress.com/archives/\\_free/000254.html](http://www.jgpress.com/archives/_free/000254.html)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

<http://www.greenbuilder.com/sourcebook/PassSolGuide3.html>

**ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ,**

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_aerizomeno\\_kelyfos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos.htm)

**ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ,**

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/teknitos\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/teknitos_fotismos.htm)

[http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_teknitofotismos.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_teknitofotismos.htm)

<http://www.sychem.gr/SYSTHMATA%20EKSOIKONOMHSHS%20ENERGEIAS.html>

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/biomixania/paragogiki\\_diadikasia\\_anaktisithermotitas.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/biomixania/paragogiki_diadikasia_anaktisithermotitas.htm)

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/biomixania/paragogiki\\_diadikasia\\_anaktisithermotitas.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/biomixania/paragogiki_diadikasia_anaktisithermotitas.htm)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_diffusivity](http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_diffusivity)

[www.cres.gr/kape/pdf/press/cres\\_thermansi.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/press/cres_thermansi.pdf)

**Αθήνα, Αιγάλεω**

**Απρίλιος - 2014**