

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ Α΄



## ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ. ΔΙΕΡΕΥΝΥΣΗ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΙΔΑΥΡΟΥ.



ΗΛΙΑΔΟΥ ΣΟΦΟΚΛΕΑ ΑΡ.ΜΗΤΡΩΟΥ 36167  
ΨΑΡΡΟΠΟΥΛΟΥ ΟΛΥΜΠΙΑ ΑΡ.ΜΗΤΡΩΟΥ 36031

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΤΣΟΥΚΑΤΟΥ ΣΤΕΛΛΑ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>Ευχαριστίες</b> .....	σελ.8
<b>Κεφάλαιο 1.</b> Πρόλογος.....	σελ.9
<b>Κεφάλαιο 2.</b> Σκοπός πτυχιακής.....	σελ.10
<b>Κεφάλαιο 3.</b> Θερμική άνεση.....	σελ.11
3.1 Ορισμός θερμικής άνεσης.....	σελ.11
3.2 Εξωτερικές παράμετροι.....	σελ.12
<b>Κεφάλαιο 4.</b> Βιοκλιματισμός.....	σελ.14
4.1 Εισαγωγή.....	σελ.14
4.2 Ορισμός βιοκλιματισμού.....	σελ.15
4.3 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.....	σελ.17
4.3.1 Εισαγωγή.....	σελ.17
4.3.2 Το κτήριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης.....	σελ.19
4.3.2.1 Εισαγωγή.....	σελ.19
4.3.2.2 Κατάλληλος προσανατολισμός- Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο.....	σελ.19
4.3.2.2.1 Επιλογή οικοπέδου.....	σελ.19
4.3.2.2.2 Χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτιρίου στο οικόπεδο.....	σελ.21
4.3.2.3 Το κατάλληλο σχήμα του κελύφους.....	σελ.26
4.3.2.4 Το μέγεθος των ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού.....	σελ.28

4.3.2.5 Λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων	σελ.30
4.3.3 Φωτισμός.....	σελ.33
4.3.3.1 Εισαγωγή.....	σελ.33
4.3.3.2 Φυσικός φωτισμός, οπτική άνεση και ευεξία ενοίκων .....	σελ.34
4.3.3.3 Φυσικός φωτισμός και εξοικονόμηση ενέργειας...σελ.	35
4.3.3.4 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού.....	σελ.35
4.4 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας.....	σελ.45
4.4.1 Εισαγωγή.....	σελ.46
4.4.2 Περιοδική ροή θερμότητας.....	σελ.48
4.5 Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας.....	σελ.50
4.5.1 Εισαγωγή.....	σελ.50
4.5.2 Θερμικές απώλειες του κελύφους.....	σελ.51
4.5.2.1 Θερμικές απώλειες από εναλλαγές του αέρα.....	σελ.52
4.5.2.2 Θερμική μάζα και θερμομόνωση.....	σελ.53
4.6 Το κτίριο ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης.....	σελ.54
4.6.1 Εισαγωγή.....	σελ.54
4.6.2 Ηλιοπροστασία – Σκιασμός.....	σελ.55
4.6.2.1 Εισαγωγή.....	σελ.55
4.6.2.2 Σταθερά σκίαστρα.....	σελ.57
4.6.2.3 Κινητά σκίαστρα.....	σελ.59
4.6.2.4 Φύτευση, Βλάστηση και φυτεμένο δώμα.....	σελ.61
4.6.2.4.1 Εισαγωγή.....	σελ.61

4.6.2.4.2 Φύτευση.....σελ.	62
4.6.2.4.3 Φυτεμένα δώματα.....σελ.	66
4.6.2.5 Σκίαση από γειτονικά κτίρια .....	σελ. 72
4.7 Φυσικός αερισμός.....σελ.	72
4.7.1 Εισαγωγή.....σελ.	73
4.7.2 Πύργος αερισμού.....σελ.	75
4.7.3 Ηλιακή καμινάδα.....σελ.	76
4.7.4 Διαμερής αερισμός.....σελ.	77
4.7.5 Αεριζόμενο κέλυφος.....σελ.	78
4.8 Φυσική ψύξη – δροσισμός.....σελ.	80
4.8.1 Εισαγωγή.....σελ.	80
4.8.2 Δροσισμός από εξάτμιση.....σελ.	81
4.8.3 Δροσισμός από το έδαφος.....σελ.	82
4.8.4 Δροσισμός από ακτινοβολία.....σελ.	83
<b>Κεφάλαιο 5. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα.....σελ.</b>	<b>85</b>
5.1 Εισαγωγή.....σελ.	85
5.2 Θέρμανση και Δροσισμός.....σελ.	86
5.2.1 Εισαγωγή.....σελ.	86
5.2.2 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους .....	σελ. 88
5.2.3 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους .....	σελ. 94
5.2.3.1 Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης .....	σελ.96
5.2.3.1.1 Εισαγωγή .....	σελ.96
5.2.3.1.2 Τοίχος Trombe.....σελ.	97

5.2.3.1.3 Τοίχος νερού.....σελ.99	σελ.99
5.2.3.1.4 Θερμοσιφωνικό πάνελο / Τοίχος Barra Constantini .....	σελ.100
5.2.3.2 οροφή νερού –Ηλιακή λίμνη .....	σελ.102
5.2.3.3 Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση .....	σελ.103
5.2.4 Ηλιακοί Χώροι .....	σελ.106
5.2.4.1 Θερμοκήπιο .....	σελ.106
5.2.4.2 Ηλιακό Αίθριο .....	σελ.114
5.3 Κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη .....	σελ.115
5.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα .....	σελ.116
<b>Κεφάλαιο 6.Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .....</b>	<b>σελ.120</b>
6.1 Ηλιακή ενέργεια .....	σελ.120
6.1.1 Εισαγωγή .....	σελ.120
6.1.2 Ιστορική Αναδρομή .....	σελ.121
6.1.3 Ορισμός Ηλιακής ενέργειας .....	σελ.121
6.1.4 Φωτοβολταϊκά .....	σελ.122
6.1.4.1 Ορισμός .....	σελ.122
6.1.4.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία .....	σελ.122
6.1.4.3 Τύποι Φ/Β .....	σελ.123
6.1.4.4 Κατηγοριοποίηση Φ/Β .....	σελ.126
6.1.4.5 Επίδραση κλίσης και προσανατολισμού στην απόδοση των Φ/Β .....	σελ.128
6.1.4.6. Δομή ενός Φ/Β συστήματος .....	σελ.129
6.1.4.6.1 Ανάλυση Φωτοβολταϊκών στοιχείων...σελ.130	σελ.130

6.1.4.6.2	Συσσωρευτής .....	σελ.130
6.1.4.7	Inverters.....	σελ.132
6.1.5	Συλλογή του ηλιακού φωτός .....	σελ.134
6.1.6	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα .....	σελ.135
6.1.7	Εφαρμογές .....	σελ.136
6.2	Αιολική Ενέργεια .....	σελ.138
6.2.1	Εισαγωγή .....	σελ.138
6.2.2	Ορισμός .....	σελ.139
6.2.3	Ιστορική αναδρομή .....	σελ.140
6.2.4	Τύποι αιολικών μηχανών .....	σελ.141
6.2.5	Βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη αιολικών μηχανών.....	σελ.144
6.2.5.1	Τυπικές μορφές Α/Γ .....	σελ.146
6.2.5.2	Υποσυστήματα Α/Γ οριζόντιου άξονα .....	σελ.147
6.2.6	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα .....	σελ.149
6.3	Βιομάζα .....	σελ.152
6.3.1	Εισαγωγή .....	σελ.152
6.3.2	Ορισμός .....	σελ.153
6.3.3	Εφαρμογές στην Ελλάδα .....	σελ.154
6.3.4	Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα .....	σελ.157
6.3.5	Τελευταίες εξελίξεις .....	σελ.158
6.4	Γεωθερμία .....	σελ.159
6.4.1	Εισαγωγή .....	σελ.159
6.4.2	Εξοπλισμός γεωθερμίας .....	σελ.160
6.4.2.1	Γεωεναλλάκτες .....	σελ.162

6.4.2.2. Συστήματα επιφανειακών υδάτων .....	σελ.163
6.4.2.3.Συστήματα απευθείας μετάδοση θερμότητας....	σελ.165
6.4.3. Περιγραφή λειτουργίας .....	σελ.165
6.4.4. Συστήματα διανομής θερμικών –ψυκτικών φορτίων στο εσωτερικό των χώρων.....	σελ.166
6.4.5. Ενδοδαπέδια θέρμανση.....	σελ.167
6.4.6. Σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.....	σελ.169
6.4.7. Εναλλάκτες θερμότητας αέρα-εδάφους / υπόγειοι αεραγωγοί .....	σελ.170
6.5. Υδροηλεκτρική Ενέργεια .....	σελ.172
6.5.1. Εισαγωγή .....	σελ.172
6.5.2. Εξοπλισμός .....	σελ.172
6.5.3. Περιγραφή Λειτουργίας .....	σελ.173
6.5.4. Ταξινόμηση σε μεγάλη και μικρή κλίμακα υδροηλεκτρικά έργα .....	σελ.173
6.5.5. Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα .....	σελ.174
<b>Κεφάλαιο 7. Υλικά .....</b>	<b>σελ.180</b>
7.1. Δομικά υλικά και τοξικότητα .....	σελ.180
7.2. Η ραδιενέργεια στο χώρο του κτηρίου .....	σελ.182
7.3. Σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου .....	σελ.183
7.4. Οικολογικά Υλικά .....	σελ.184
7.4.1. Κριτήρια Επιλογής Υλικών .....	σελ. 184
7.4.2. Οικολογικά δομικά προϊόντα .....	σελ.185
7.4.3. Θερμομονωτικά υλικά .....	σελ.187
7.4.3.1. Θερμομονωτικά υλικά συμβατικά και μη .....	σελ.189
7.4.4. Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά .....	σελ.190
7.5. Διαφανής θερμομόνωση .....	σελ.191
7.6. Οικολογικά χρώματα .....	σελ.191
7.7. Οικολογικά κονιάματα .....	σελ.192
7.8. Κριτήρια επιλογής Δομικών Υλικών .....	σελ.194
7.9. Υλικά Νέας Τεχνολογίας –PCM .....	σελ.197

7.9.1. Τι είναι τα PCM .....	σελ.197
7.9.2.Κατηγορίες PCM .....	σελ.198
7.10. Ειδικά Κρύσταλλα .....	σελ.199
7.11. Παράγον Ηλιακού Κέρδους .....	σελ.202
7.12. Ανακλαστικά επιχρίσματα .....	σελ.203
7.13 Φράγμα ακτινοβολίας .....	σελ.204
7.14 Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων .....	σελ.208
7.14.1. Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας .....	σελ.210
<b>Κεφάλαιο 8. Επίλογος .....</b>	<b>σελ.214</b>
<b>Περίληψη .....</b>	<b>σελ.215</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>σελ.216</b>



## Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας στην κα Τσουκάτου Στέλλα για τις υποδείξεις και κατευθύνσεις της σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας αυτής.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον κ Εξαρχάκο Γεώργιο, για τις καθοριστικές συμβουλές του στη σχεδίαση της κατοικίας με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή (autocad και 3d max).

Τέλος θα ήταν παράλειψή μας να μην πούμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στους Καραγιάννη Κώστα, Κυριακάτη Δημήτρη, Χορέβα Κώστα, Κουλούρη Αλεξάνδρα και Κυριακάτη Ευαγγελία για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξή τους.

## **Κεφάλαιο 1. Πρόλογος**

Παρακολουθώντας την επικαιρότητα, δε μπορούμε παρά να μην προσέξουμε την ανάγκη αλλαγής στην ενεργειακή αντίληψη. Η συνεχής αύξηση των ενεργειακών αναγκών σε συνδυασμό με την ασύδοτη εκμετάλλευση του περιβάλλοντος, συνεπάγονται την εξάντληση των φυσικών πόρων και την καταστροφή του πλανήτη, επηρεάζοντας έτσι ακραία τα κλιματολογικά φαινόμενα, την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την ποιότητα του νερού.

Με τα παραπάνω να έχουν οδηγήσει σε δραματικές αλλαγές στη καθημερινότητα του ανθρώπινου είδους, έγινε επιτακτικότερη από ποτέ η ανάγκη άμεσης αλλαγής της διαχείρισης των ενεργειακών πόρων με στροφή σε άλλες μορφές ενέργειας που θα είναι ανανεώσιμες, με φιλική διάθεση προς το περιβάλλον και με ελάχιστη επιρροή προς αυτό. Έτσι λοιπόν γεννήθηκε μια παγκόσμια τάση που στρέφεται στην ελεγχόμενη και μη επιβλαβή εκμετάλλευση πηγών ενέργειας.

## Κεφάλαιο 2. Σκοπός πτυχιακής εργασίας

Σκοπός της πτυχιακής μας, είναι η μελέτη σχεδιασμού μιας κατοικίας, σε πραγματικό σενάριο, όπου θα καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες μια πενταμελούς οικογένειας, με τρόπους τέτοιους, οι οποίοι θα εκμεταλλεύονται τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ώστε να καθιστούν τη κατοικία πλήρως ενεργειακά αυτόνομη, με ταυτόχρονη ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση προς το περιβάλλον.



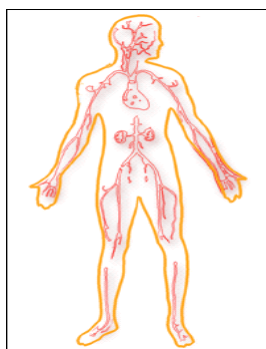
Εικόνα 2.1: Φωτορεαλιστικό κατοικίας

## Κεφάλαιο 3. Θερμική Άνεση

### 3.1 Ορισμός θερμικής άνεσης

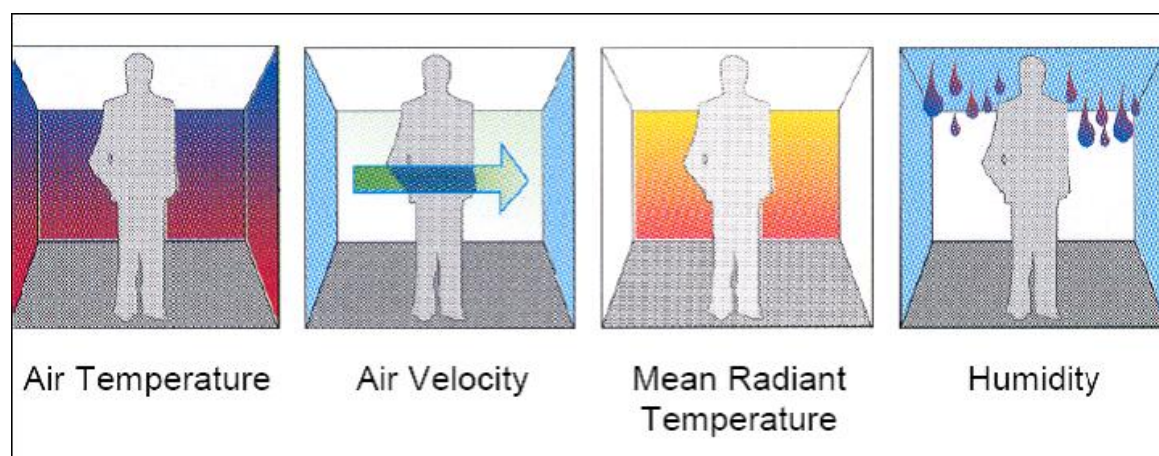
Η θερμική άνεση μπορεί να οριστεί ως « η αίσθηση μιας πλήρους φυσικής και διανοητικής, ευχάριστης κατάστασης για τον άνθρωπο». Σε συνθήκες καλής θερμικής άνεσης το άτομο δεν επιθυμεί καμιά θερμική αλλαγή στο περιβάλλον του διότι δεν αισθάνεται ανεπιθύμητη ζέστη, ούτε ανεπιθύμητο κρύο και η εσωτερική του θερμοκρασία παραμένει σταθερή.[1]

Οι συνθήκες θερμικής άνεσης είναι εξαρτώμενες από φυσικούς, οργανικούς και περιβαλλοντικούς παραμέτρους. Οι βέλτιστες, ικανοποιούν ένα ποσοστό τις τάξεως του 80% του πληθυσμού και καθορίζονται από τη μελέτη των διάφορων εξωτερικών παραμέτρων, που αναλύονται παρακάτω (Εικόνα 3.1).



**Εικόνα 3.1:** Θερμική άνεση

### 3.2 Εξωτερικές Παράμετροι



Εικόνα 3.2 : Παράμετροι Θερμικής Άνεσης

- *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 πρέπει να είναι μέχρι 3°C (Πίνακας 3.1.).

- *Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών :*

Αναφέρεται στη 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. 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 0.2m/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 30% έως 60%, δεν έχει ιδιαίτερη επίδραση στη θερμική άνεση (Πίνακας 3.1.). 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.[5]

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

**Πίνακας 3.1** :Σχέση θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας για θερμική άνεση,[ASHRAE 55-2004]

## Κεφάλαιο 4.Βιοκλιματισμός

### 4.1 Εισαγωγή

Σε μια εποχή, που προβάλλεται επιτακτικότερη από ποτέ η οικολογική διαχείριση του περιβάλλοντος, διαρκώς ενδυναμώνεται η ιδέα ότι η βιοκλιματική συνιστώσα οφείλει να γίνει συστατικό στοιχείο του αρχιτεκτονικού και κατασκευαστικού σχεδιασμού έτσι ώστε να προάγει ένα βιώσιμο για το παρόν και το μέλλον χώρο.[1,2,4]

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο σχεδιασμός και η κατασκευή που διέπονται από τις αρχές του βιοκλιματισμού, όχι μόνο δε στερούνται ποιότητας αλλά παράγουν κτήρια εναρμονισμένα απόλυτα με το κλίμα και το περιβάλλον, διασφαλίζοντας παράλληλα άνετη και υγιεινή διαβίωση του ανθρώπου στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον του. Συγχρόνως, θεωρείται μια οικονομική επένδυση με χρόνο απόσβεσης που κυμαίνεται σε λογικά επίπεδα.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, έχει παρατηρηθεί η αλληλεξάρτηση των παραγωγικών δραστηριοτήτων των ανθρώπων σε σχέση με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον τους. Πιο συγκεκριμένα, οι άνθρωποι για να εξασφαλίσουν κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης, είναι άμεσα εξαρτώμενοι από τις εκάστοτε μεταβολές των περιβαλλοντολογικών, καιρικών και φυσικών φαινομένων. Εκεί ακριβώς έγκειται η πρόκληση στους μελετητές, δηλαδή στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα στα κτήρια, αξιοποιώντας στο μέγιστο βαθμό τις θετικές παραμέτρους του κλίματος.[3]

## 4.2 Ορισμός βιοκλιματισμού

Ως απόρροια όλων των παραπάνω, ήταν επιβεβλημένη η ανάγκη δημιουργίας μιας ολιστικής αρχιτεκτονικής αντίληψης που συχνά αναφέρεται με όρους όπως ηλιακή αρχιτεκτονική, ενεργειακός σχεδιασμός, παθητικός ηλιακός σχεδιασμός και όπου τα τελευταία χρόνια καθιερώθηκε διεθνώς με τον επιστημονικά δόκιμο όρο «Βιοκλιματικός σχεδιασμός».[2]

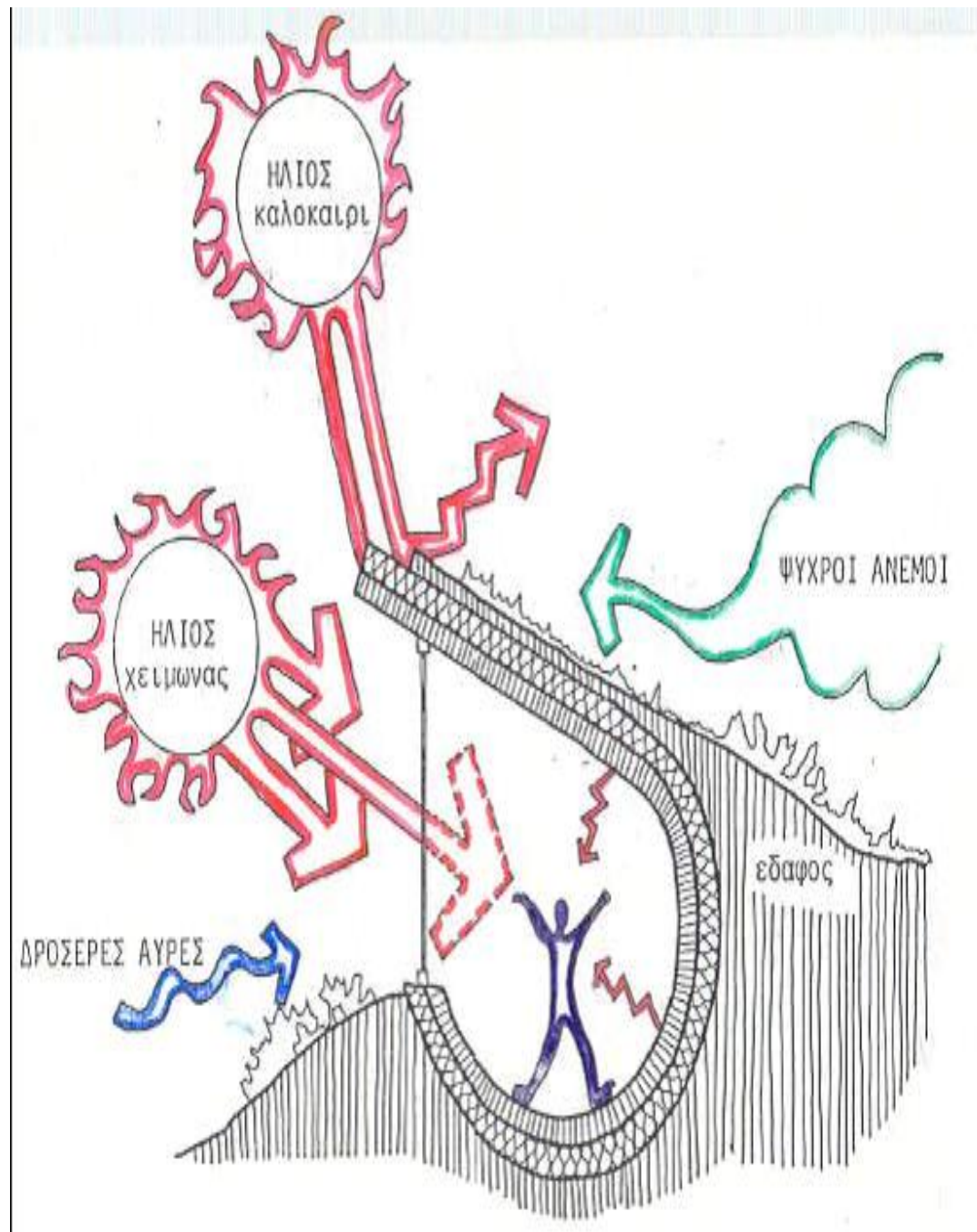
Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποσκοπεί στη κατασκευή κτηρίων με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Επιπλέον, αναγνωρίζει την ρυθμιστική επίδραση της τοπογραφίας, του τοπίου, του νερού, την ικανότητα των ελεύθερων χωρών να μεγιστοποιούν ή να ελαχιστοποιούν την διείσδυση του ηλίου και του ανέμου και αναδεικνύει το σημαντικό ρόλο του σχεδιασμού, προκειμένου να επιτευχθούν οι επιδιωκόμενοι στόχοι. Η λογική του σχεδιασμού σε αρμονική σχέση με το κλίμα είναι τόσο παλιά αντίληψη όσο και η τέχνη του “κτίζειν”.

Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντολογικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των χώρων, αλλά κυρίως οι τεχνικές δόμησης των κτηρίων που βελτιώνουν την φυσική λειτουργία και την ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους σε συνάρτηση των εποχών (Εικόνα 4.1).

Ουσιαστικά, στόχο έχει την καταπολέμηση των προβλημάτων, τα οποία συνδέονται με την ενέργεια, μέσω μιας προσεκτικής και μελετημένης διαμόρφωσης του αστικού ιστού και των χαρακτηριστικών του μεγεθών, ώστε να βελτιώνεται το μικροκλίμα και η θερμική άνεση στο φυσικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα περιορίζεται η κατανάλωση ενέργειας.[1,4]

Επίσης εξασφαλίζει καθαρότερο περιβάλλον εξαιτίας του περιορισμού των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων από τα συμβατικά καύσιμα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ελκυστικού περιβάλλοντος, το οποίο είναι ικανό να δεσμεύει τη φυσική ενέργεια που παράγεται από ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.[6]





Εικόνα 4.1 : Απεικόνιση βιοκλιματικού κελύφους

### 4.3 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

#### 4.3.1 Εισαγωγή

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό εμπεριέχει την προβληματική προσαρμογή των κτηρίων στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον, με επιδίωξη τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας στο κατώτερο δυνατό επίπεδο, χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης.[2]

Βασική προϋπόθεση αποτελεί η αξιοποίηση των τοπικών περιβαλλοντολογικών παραμέτρων, η χρήση της εντόπιας ενέργειας, υπό ανανεώσιμη και συνεπώς ανεξάντλητη μορφή. 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 άνετο θερμικό έσω-κλίμα. Συνεπώς η αρχιτεκτονική σύλληψη πρέπει να αξιοποιεί τα τοπικά κλιματικά δεδομένα.

Επιπλέον, 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.[1,4]

**Οι βασικές αρχές του σχεδιασμού προκειμένου το κτήριο να ανταποκρίνεται στη βιοκλιματική αντίληψη έχουν ως εξής:**

- Το κτήριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης
- Αξιοποίηση του ηλίου για φυσικό φωτισμό
- Το χειμώνα να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας
- Το κτήριο να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας
- Το κτήριο να λειτουργεί ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι

Οι αρχές αυτές, για να είναι εφαρμόσιμες, πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις, τις οποίες και θα επεξηγήσουμε στη συνέχεια.



**Εικόνα 4.2:** Φωτορεαλισμός Βιοκλιματικής Κατοικίας

### 4.3.2 Το κτήριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης

#### 4.3.2.1 Εισαγωγή

Προκειμένου να διασφαλίζεται η λειτουργία του κτηρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη το χειμώνα, ο σχεδιασμός του οφείλει να διέπεται από κάποιους στοιχειοθετημένους κανόνες, οι οποίοι σχετίζονται με :

1. Κατάλληλος προσανατολισμός-χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο, που αφορά:

- Επιλογή οικοπέδου
- Χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο

2. Κατάλληλο σχήμα κελύφους

3. Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει προσανατολισμού

4. Λειτουργική διάρθρωση εσωτερικών χώρων[22,23]

#### 4.3.2.2. Κατάλληλος προσανατολισμός – χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο

##### 4.3.2.2.1 Επιλογή οικοπέδου

Ένα από τα βασικότερα στάδια μιας βιοκλιματικής μελέτης, αποτελεί η διαδικασία εύρεσης τμήματος γης, που να συγκεντρώνει εκείνα τα χαρακτηριστικά έτσι ώστε να το καθιστούν κατάλληλο για την ομαλή κατασκευή ενεργειακής κατοικίας ή η αξιολόγηση του ήδη υπάρχοντος οικοπέδου. Πέραν από τη προφανή διερεύνηση των όρων δόμησης της συγκεκριμένης περιοχής για την οποία ενδιαφερόμαστε, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας κάποια δευτερεύοντα χαρακτηριστικά, όπως είναι για παράδειγμα, ο προσανατολισμός, η θέα και η κλίση του οικοπέδου.[22,64]

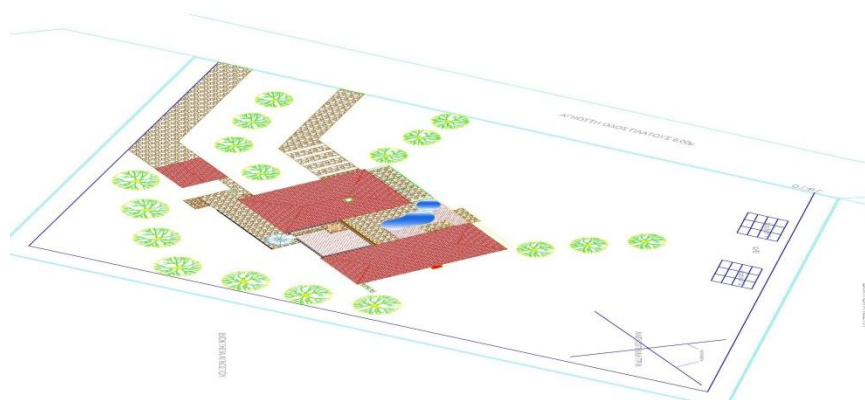
Το σημαντικότερο όλων είναι ο ίδιος ο προσανατολισμός του οικοπέδου. Συγκεκριμένα καταλληλότερο θεωρείται εκείνο το οικόπεδο που έχει θέα προς το νότο και κύριο άξονα κατά τη φορά ανατολής - δύσης. Με αυτόν τον τρόπο το κτίριο καλύπτεται από τους βορινούς ανέμους και αξιοποιείται σωστά η θερμική ηλιακή ενέργεια. Φυσικά αυτά ισχύουν για ιδανικές τοποθεσίες, γιατί αν το οικόπεδο βρίσκεται σε υψόμετρο ή υπάρχει μπροστά του μεγάλη κατωφέρεια οι συνθήκες αλλάζουν.[5,51]

Επίσης, κάποιες μορφολογικές ανωμαλίες του εδάφους ή η ύπαρξη ανοιχτής θάλασσας μπροστά στο οικόπεδο μπορεί να αλλάξουν σημαντικά την κατεύθυνση και την ένταση του αέρα, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται διαφορές στη θερμοκρασία.

Θεωρείται αυτονόητο ότι πρέπει να αποφεύγονται περιοχές όπου υπάρχουν καλώδια υπερύψηλης τάσης, υποσταθμοί και πυλώνες της ΔΕΗ, κεραίες κινητής τηλεφωνίας ή ραδιοτηλεοπτικοί αναμεταδότες γιατί τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργούνται εγκυμονούν σοβαρούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Αν στόχος είναι μία ολοκληρωμένη βιοκλιματική κατασκευή καλό θα ήταν να προχωρήσουμε σε μια εκπόνηση μελέτης του εδάφους και του υπεδάφους, για ενδεχόμενο ύπαρξης επικίνδυνων ραδιοσυχνοτήτων και ακτινοβολίας.

### **Εφαρμογή**

Συγκεκριμένα, το οικόπεδο της πτυχιακής μας, έχει επιλεχθεί έτσι ώστε να έχει τον κύριο άξονά του σε ανατολή – δύση, και θέα προς τον νότο, όπως φαίνεται και στις παρακάτω αεροφωτογραφίες. Αυτό μας διευκολύνει πολύ στον σχεδιασμό και την ενεργειακή μελέτη της κατοικίας μας.

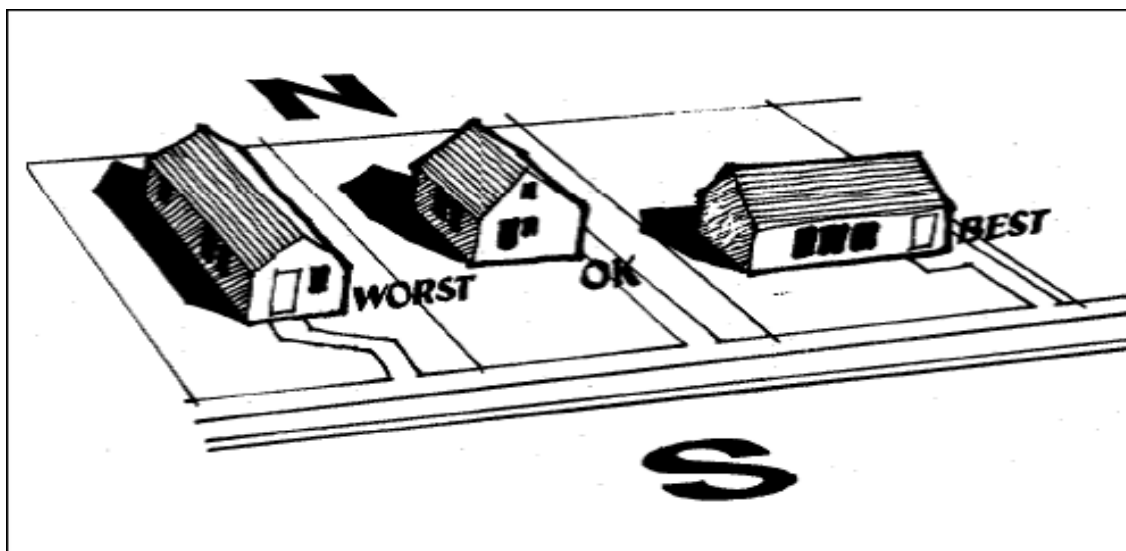


**Εικόνα 4.3:** Προσανατολισμός του οικοπέδου μας



Εικόνα 4.4: Αεροφωτογραφία του οικοπέδου μας μέσω google earth

#### 4.3.2.2. Χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτηρίου στο οικόπεδο



Εικόνα 4.5: Βέλτιστο σχήμα και χωροθέτηση κτηρίου

Ο προσδιορισμός και η κατανόηση του προσανατολισμού του κτηρίου μας σε σχέση με το οικόπεδο, θεωρείται μείζων θέμα για την ως προς όφελός μας αξιοποίηση των καιρικών ισοζυγίων. Ωστόσο, το συγκεκριμένο ζήτημα είναι σύνθετο, γιατί εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως :

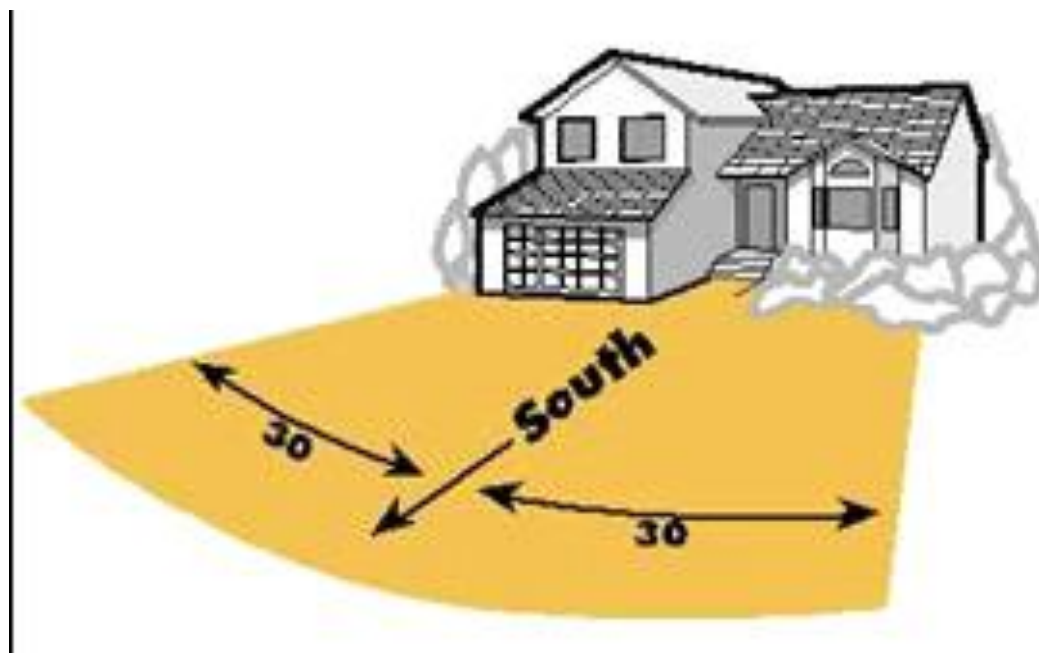
- Η τοπογραφία της περιοχής και το ανάγλυφο του εδάφους
- Το φυσικό τοπίο
- Ο κυκλοφοριακός θόρυβος
- Οι κλιματικές συνθήκες, κυρίως άνεμος και ηλιακή ακτινοβολία

Για την εύκρατη ζώνη, σε σχέση με τις κλιματολογικές συνθήκες, ο καλύτερος προσανατολισμός είναι ο νότιος, γιατί η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη σε ανατολή και δύση, για την περίοδο του χειμώνα. Συγκεκριμένα επαρκής θερμική ενέργεια από τον ήλιο το χειμώνα προσφέρεται από τις 9.00 πμ μέχρι τις 3.00 μμ ηλιακή ώρα. Κατά τις ώρες αυτές η διαθέσιμη ποσότητα θερμότητας από τον ήλιο μπορεί να καλύψει το σύνολο ή μεγάλο μέρος των θερμαντικών αναγκών του κτιρίου.[3,6]

Συνεπώς η χωροθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο και κυρίως, ο προσανατολισμός του πρέπει να είναι προς τον νότο, για να εξασφαλίζεται επάρκεια ηλιασμού. Για το καλοκαίρι μειώνεται σχεδόν στο μισό για τις νότιες επιφάνειες, σε σχέση με τις ανατολικές και δυτικές.

Υπάρχουν δύο έρευνες που μας προσδιορίζουν τον καλύτερο προσανατολισμό σε συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη ποσότητα ηλιασμού το χειμώνα και η προστασία από τους ψυχρούς βόρειους ανέμους και αφετέρου το καλοκαίρι το κτίριο να δροσίζεται από τις αύρες, ενώ παράλληλα να μειώνεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, περιορίζοντας, έτσι τις πιθανότητες υπερθέρμανσης του κτιρίου.

Σύμφωνα με τον V. Olgyay ο καλύτερος προσανατολισμός για 40° βόρειο γεωγραφικό πλάτος βρίσκεται στις 17.5° ανατολικότερα του νότου ενώ σύμφωνα με τον B. Anderson προκύπτει ότι το μεγαλύτερο θερμικό κέρδος για 40° βόρειο γεωγραφικό πλάτος έχει το κτήριο όταν ο μεγάλος άξονας του βρίσκεται στη κατεύθυνση ανατολής – δύσης και απόκλιση  $\pm 25^\circ$  ανατολικά ή δυτικά (Εικόνα 4.6.).[10,14]

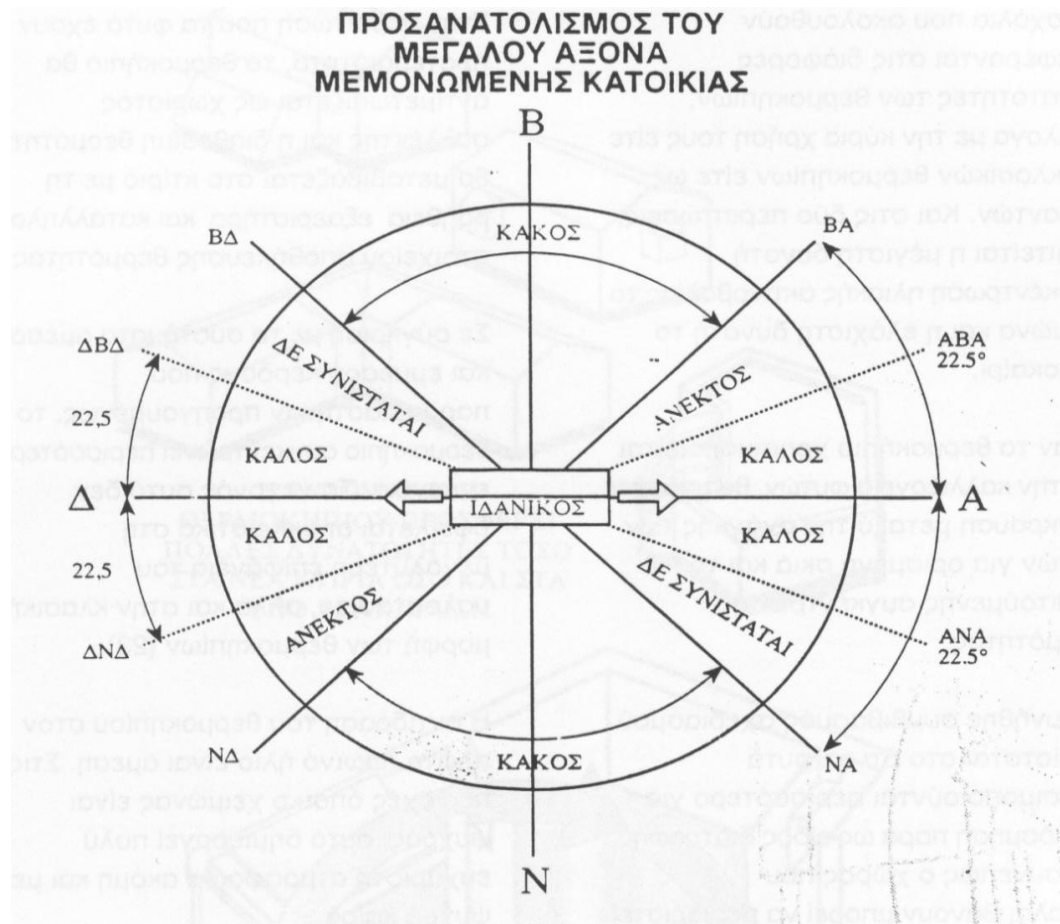


**Εικόνα 4.6:** Βέλτιστος προσανατολισμός κτηρίου

Εργαλεία για την χωροθέτηση του κτηρίου και τον αποτελεσματικό έλεγχο-ώρες και μήνες ηλιασμού- αποτελούν οι λεγόμενοι ηλιακοί χάρτες (Εικόνα 4.7.). Οι χάρτες αυτοί, είναι σχεδιασμένοι για συγκεκριμένα γεωγραφικά πλάτη και παρέχουν μια πλήρη εικόνα της θέσης του ηλίου-γωνία ύψους και αζιμούθιου. Συνεπώς η συσχέτιση των φαινόμενων τροχιών του ηλίου με την γεωμετρία του περιβάλλοντος του οικόπεδου χώρου (κτήρια, λόφοι, δέντρα) παρέχει μια πλήρη εικόνα της καταλληλότερης θέσης για την τοποθέτηση του νέου κτηρίου.[1,14]

Με άλλα λόγια, με βάση το τοπογραφικό και τους όρους δόμησης που ισχύουν για τη περιοχή, προσδιορίζουμε τη γωνία ύψους των εμποδίων που περιβάλλουν το οικόπεδο μας, είτε επί της οικοδομικής γραμμής, είτε σε υποχώρηση από την οικοδομική γραμμή σε θέση της επιλογής μας.



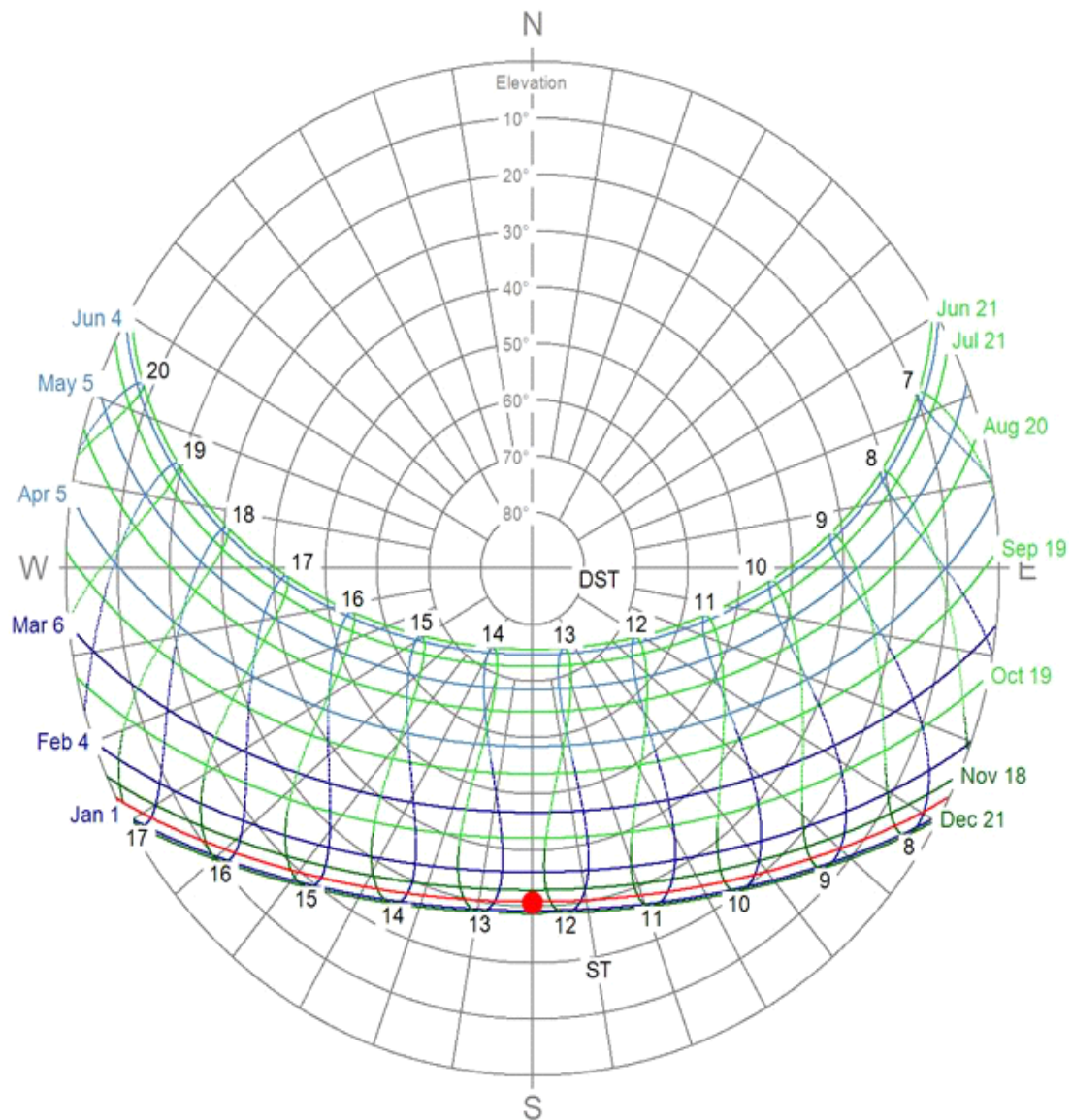


Εικόνα 4.7: Αριστη χωροθέτηση κτηρίου βάση προσανατολισμού

### Εφαρμογή

Όπως βλέπουμε και από την παρακάτω εικόνα, ο προσανατολισμός του κτηρίου μας είναι ο βέλτιστος σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματισμού. Η κατοικία μας έχει χωροθετηθεί έτσι ώστε να έχουμε τις μεγαλύτερες θερμικές απολαβές από τον νότιο προσανατολισμό. Για ακόμη μεγαλύτερη εκμετάλλευση της νότιας ηλιακής ενέργειας, έχουμε στρέψει το κτίριο μας κατά  $30^\circ$  δυτικότερα του νότου.

## Solar diagram



Athens (Gre)  
coordinates: 37° 58' 48" N 23° 43' 48" E  
timezone: UTC+2 ST, UTC+3 DST

date: 28.11.2009  
time: 12:12:42 ST



solar elevation: 30,68°

solar azimuth: 179,90°

06:50  
dawn

07:19  
sunrise

12:12  
solar noon

17:06  
sunset

17:35  
dusk

Εικόνα 4.8: Ηλιακός χάρτης της Αθήνας

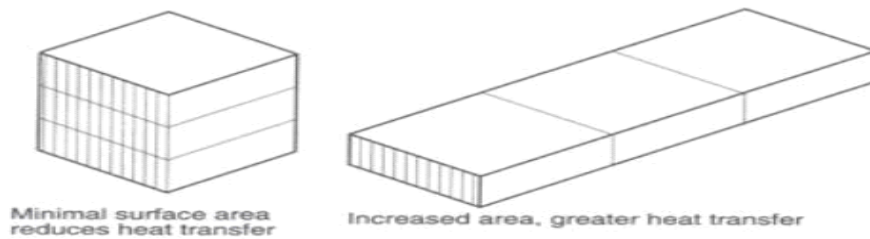
#### 4.3.2.3. Το κατάλληλο σχήμα του κελύφους

Το κέλυφος των κτηρίων αποτελεί τον ρυθμιστικό παράγοντα για την δημιουργία συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων, κατάσταση που μπορεί να επιτευχθεί με την αξιοποίηση των θετικών επιδράσεων του κλίματος και την αποφυγή των επιζημιών. Η αξιολόγηση του τοπικού κλίματος καθορίζει τη στρατηγική σχεδιασμού των κτηρίων και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κελύφους τους, έτσι ώστε να καταναλίσκεται η μικρότερη δυνατή ποσότητα ενέργειας για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα στα κτίρια.

Το σχήμα του κτηρίου επηρεάζεται από τα κλιματικά δεδομένα του κάθε τόπου και επηρεάζει τις ανάγκες του σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Ένα κτήριο επίμηκες κατά τον άξονα ανατολή – δύση προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς τον νότο για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Παράλληλα, το καλοκαίρι η σκίαση της νότιας πλευράς είναι σχετικά πιο εύκολη, ενώ οι δυσμενείς προσανατολισμοί ανατολή και κυρίως δύση, έχουν περιορισμένη επιφάνεια και συνεπώς μικρότερη επιβάρυνση από τον ήλιο το καλοκαίρι.[6,10]

Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί για τον προσδιορισμό του άριστου σχήματος κτηρίου, σε δεδομένο γεωγραφικό πλάτος και κλιματολογικές συνθήκες προέκυψαν συνοπτικά τα εξής αποτελέσματα (Εικόνα 4.9.) :

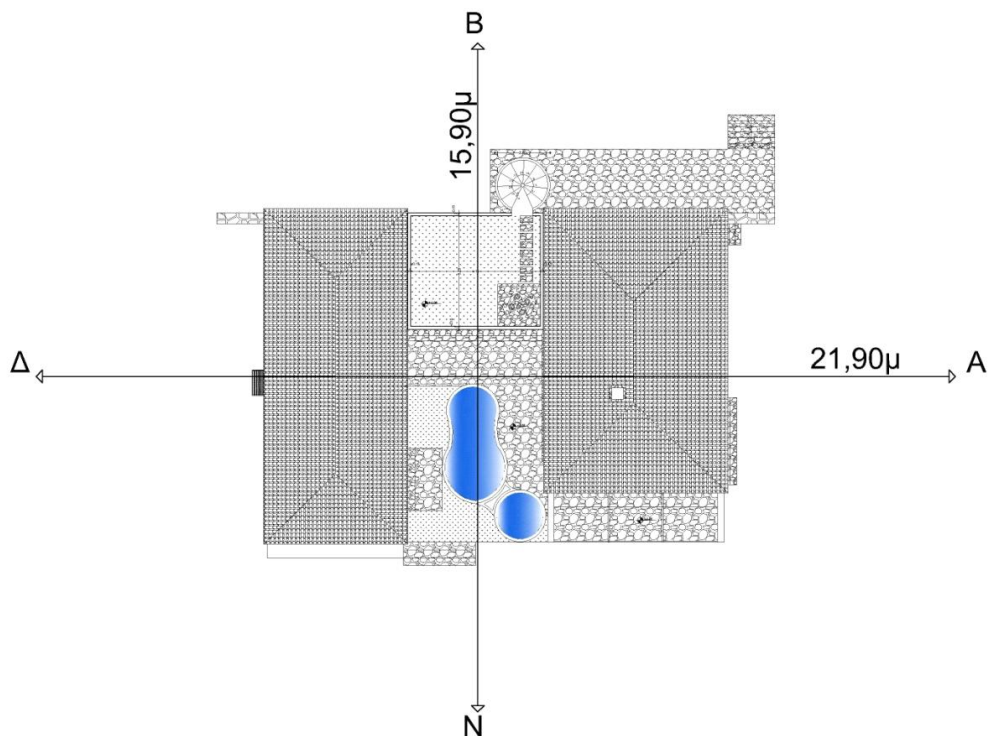
1. Το κτήριο κύβος δεν είναι το βέλτιστο σχήμα για τις οποιοσδήποτε συνθήκες, παρά το γεγονός ότι έχει τις μικρότερες θερμικές απώλειες το χειμώνα. Αυτό το συμπέρασμα, βέβαια, δε σημαίνει ότι ως γεωμετρική μορφή ο κύβος δεν είναι αποδεκτός. Άλλωστε, με τυχόν μετασχηματισμούς που επιφέρουμε στο αρχικό σχήμα του κύβου, οι επιφάνειες που προκύπτουν προς τον νότιο προσανατολισμό καθίστανται ευνοημένες.
2. Όλα τα σχήματα κτηρίου, τα επιμήκη κατά τον άξονα βορρά-νότου, λειτουργούν λιγότερο αποτελεσματικά σε σχέση με το τετράγωνο σε κάτοψη κτήριο. Τα αποτελέσματα είναι αρνητικά τόσο για χειμώνα όσο και για καλοκαίρι.
3. Η άριστη μορφή κτηρίου, για οποιοδήποτε κλίμα, είναι η επιμήκης στον άξονα ανατολή –δύση, με διαφορετικές όμως αναλογίες.



Εικόνα 4.9: Βέλτιστο σχήμα κελύφους.

### Εφαρμογή

Το κέλυφός μας είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε ο μεγάλος άξονας του να συμπίπτει με τον άξονα ανατολής – δύσης και να σχηματίζεται ένα "Π". Αυτό μας διευκολύνει στην εσωτερική διαμόρφωση του κτηρίου, και στην μέγιστη εκμετάλλευση του νότιου προσανατολισμού, εξασφαλίζοντας έτσι θερμική άνεση στους χώρους με τη μεγαλύτερη χρήση.



Εικόνα 4.10: Χωροθέτηση κτιρίου

#### 4.3.2.4. Το μέγεθος των ανοιγμάτων συναρτῆσει του προσανατολισμού

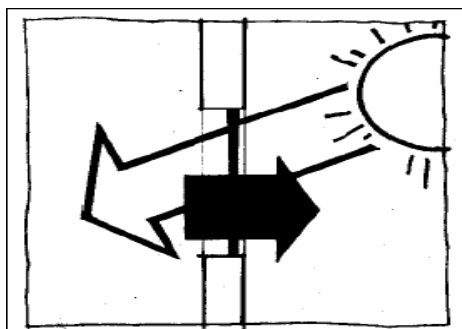
Για να επιτευχθεί ο στόχος μας για την κατασκευή μιας κατοικίας που λειτουργεί ως αποθήκη ενέργειας, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε την αλληλεξάρτηση, που υπάρχει μεταξύ του προσανατολισμού του κτηρίου με το μέγεθος, το υλικό, και την τοποθέτησή των ανοιγμάτων σε συγκεκριμένες όψεις. Ο προσανατολισμός του κάθε ανοίγματος, είναι εκείνος που προσδιορίζει την ικανότητά του να συμβάλει θετικά, παθητικά ή αρνητικά στην εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας.

Για παράδειγμα, η γυάλινη επιφάνεια δεν αποτελεί μόνο πηγή θερμικών απωλειών αλλά και πηγή θερμικών απολαβών από τον ήλιο, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό. Η πιο πρόσφατη άποψη είναι ότι η γυάλινη επιφάνεια είναι ο πιο οικονομικός ηλιακός συλλέκτης και ο πιο αποδοτικός · αρκεί να προσανατολίζεται στον νότο με ανοχή  $\pm 30^\circ$  ανατολικότερα ή δυτικότερα του νότου.

Προτείνονται, λοιπόν, μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων στο νότο, με μονό ή διπλό τζάμι, ανοίγματα μέτριων διαστάσεων στην ανατολή και δύση και μικρά σχετικά ανοίγματα στη βορεινή πλευρά του κτιρίου με διπλό τζάμι, εκτός εάν η θέα βρίσκεται προς βορρά, οπότε μεταβάλλεται το μέγεθος των ανοιγμάτων.[2,3]

Μετά από έρευνες για το θερμικό ισοζύγιο του νότιου γυάλινου ανοίγματος καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα :

- Στην περίπτωση του διπλού υαλοπίνακα, τα κέρδη από τον ήλιο είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές απώλειες και η συμβολή του στη θετική συμβολή στο ισοζύγιο είναι κατά 23% για την περίοδο του χειμώνα.
- Στην περίπτωση του διπλού υαλοπίνακα με εξώφυλλα, η θετική συμβολή είναι ακόμη μεγαλύτερη, ίση περίπου με 56%,σε σχέση με τις θερμικές απώλειες.[5].

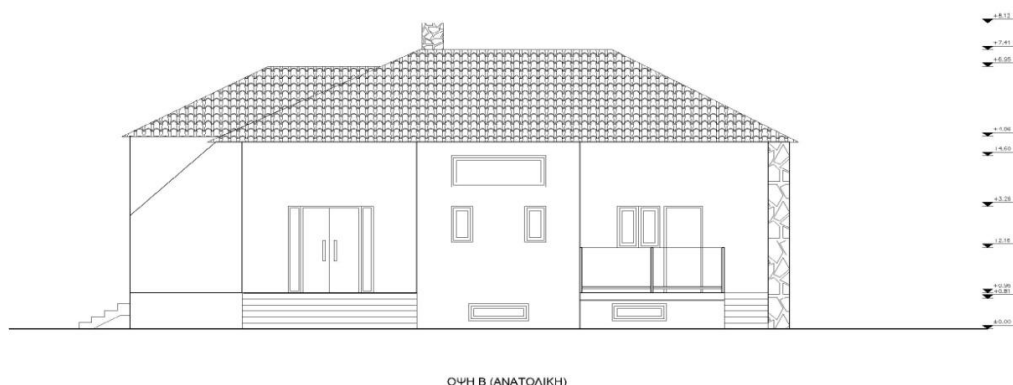


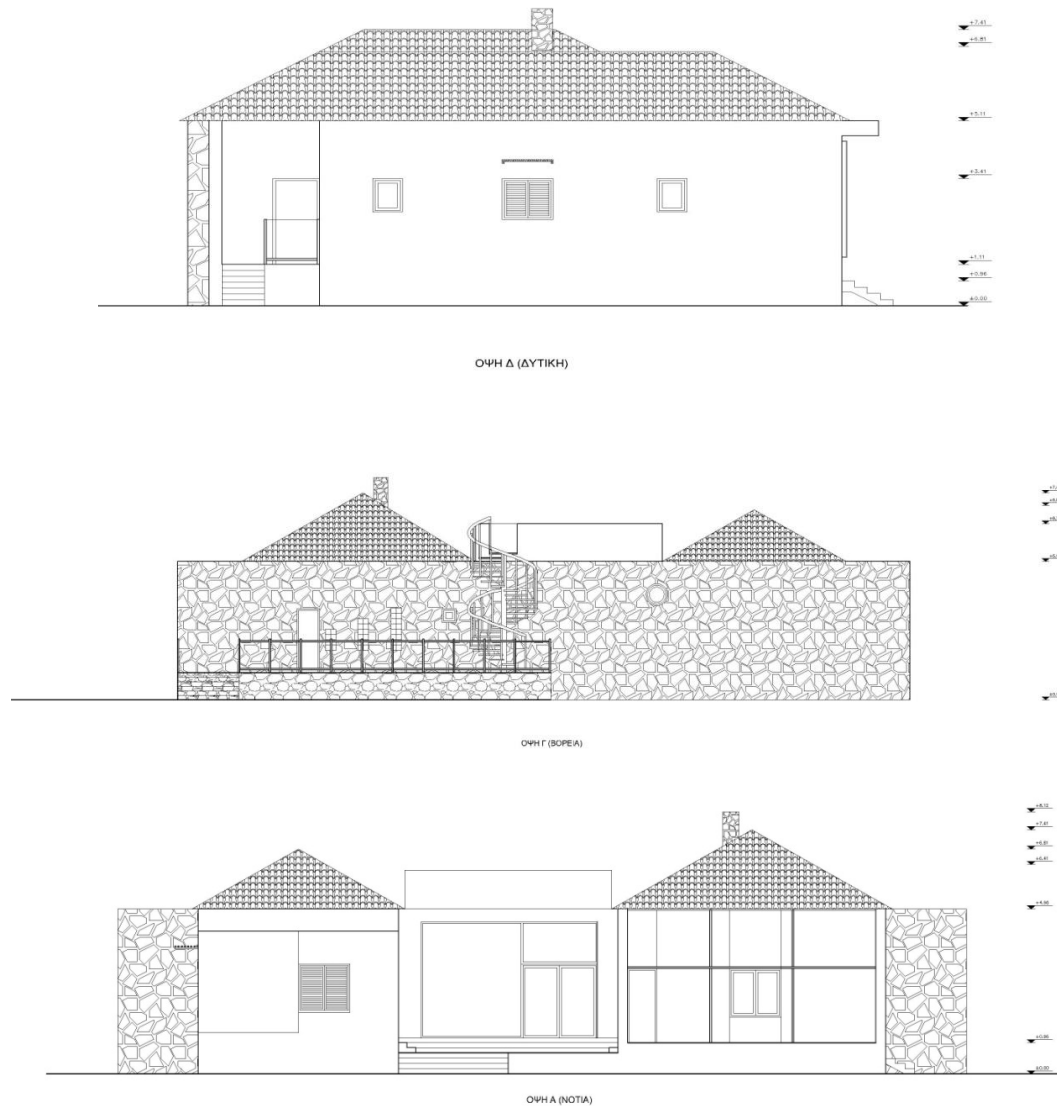
**Εικόνα 4.11:** Μονός υαλοπίνακας.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι το νότιο άνοιγμα προκειμένου να λειτουργήσει ως ηλιακός συλλέκτης, δηλαδή να κερδίζει θερμότητα περισσότερη από όση χάνει, θα πρέπει να έχει καλά θερμικά χαρακτηριστικά, όπως διπλό τζάμι, εξώφυλλα (καλύτερα μονωμένα) και καλή συναρμογή των κουφωμάτων στην επαφή τους.

### **Εφαρμογή**

Στον σχεδιασμό του κτιρίου μας, μεγάλο ρόλο έπαιξε το μέγεθος των ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού. Συγκεκριμένα, στον νότο έχουμε τοποθετήσει μεγάλα ανοίγματα εκμεταλλευόμενοι έτσι στο μέγιστο την ηλιακή ενέργεια, στον βορρά όσο το δυνατόν λιγότερα και μικρής επιφάνειας ανοίγματα, αποφεύγοντας έτσι τις θερμικές απώλειες από τους βορινούς ανέμους και τέλος σε ανατολή και δύση, τοποθετήσαμε μέτρια ανοίγματα έτσι ώστε να έχουμε και επάρκεια φωτισμού.





Εικόνα 4.12 :Όψεις κατοικίας μας

#### 4.3.2.5. Τη λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων

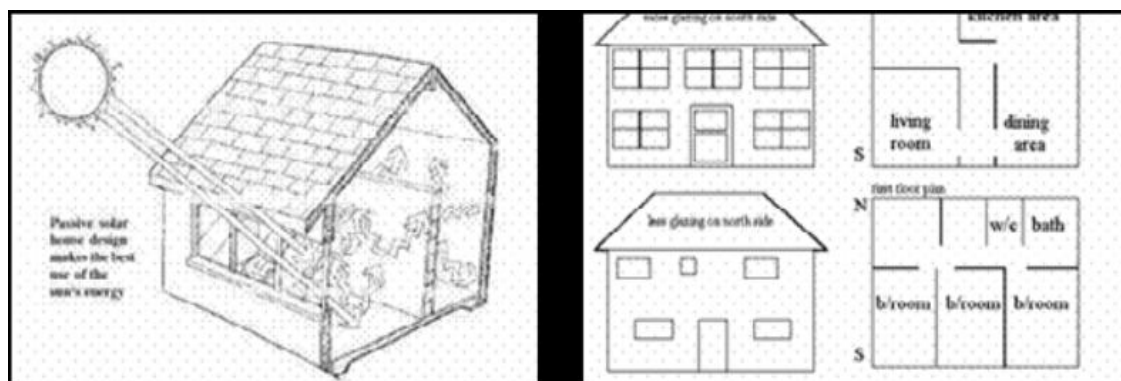
Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων παραμένει ένα κρίσιμο θέμα για τη προσαρμογή του κτιρίου στο τοπικό κλίμα. Η βορεινή πλευρά του κτιρίου, είναι η ψυχρότερη, η πιο σκοτεινή το χειμώνα και δε δέχεται καθόλου ήλιο, παρά μόνο λίγες ώρες το πρωί και το απόγευμα το καλοκαίρι.

Η ανατολική και δυτική πλευρά δέχονται ισόποση ηλιακή ακτινοβολία, μικρότερη το χειμώνα και μεγαλύτερη το καλοκαίρι. Ωστόσο, η δυτική πλευρά είναι η πιο επιβαρημένη, γιατί ο καλοκαίρι στην ήδη υψηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος προστίθεται και η θερμοκρασία του ηλίου στις μεταμεσημβρινές ώρες.

Η νότια πλευρά δέχεται τη μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και τη μικρότερη το καλοκαίρι. Είναι η φωτεινότερη και η πιο ευχάριστη περιοχή του κτηρίου και συνεπώς η προσφορότερη για τη τοποθέτηση των χώρων που χρησιμοποιούνται τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Για τα εύκρατα κλίματα όπως η Ελλάδα, η καλύτερη οργάνωση των χώρων κατοικίας είναι η διάταξη εκείνη όπου οι χώροι που χρησιμοποιούνται περισσότερο, καθιστικό, κουζίνα, δωμάτια, τοποθετούνται προς τον νότο (Εικόνα 4.13) .

Στη δυσμενέστερη πλευρά, τη βορεινή, τοποθετούνται χώροι με πρόσκαιρες δραστηριότητες, σκάλες, αποθήκες, γκαράζ, οι οποίοι αποτελούν και χώρους ανάσχεσης των θερμικών απωλειών και προστασίας των χώρων ζωής από τη βορεινή ψυχρή επιφάνεια. Πρόκειται για χώρους «εμπόδια» με ρόλο «παθητικό», οι οποίοι μετριάζουν τις εξωτερικές μεταβολές στον εσωτερικό χώρο, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτιώνουν τις συνθήκες του «έσω-κλίματος» δηλαδή στους κύριους χώρους ζωής.[10,51]

Άλλο ένα είδος χώρου ανάσχεσης με ρόλο «ενεργητικό» αποτελούν οι λότζιες, οι βεράντες, τα θερμοκήπια, που τοποθετούνται στη νότια πλευρά του κτηρίου και συμβάλλουν θετικά στο ισοζύγιο, λόγω της δέσμευσης της ηλιακής ενέργειας.[5]



Εικόνα 4.13.: Βέλτιστη χωροθέτηση κτηρίου



## **Εφαρμογή**

Το κέλυφος της κατοικίας προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό την εσωτερική διαρρύθμιση των χώρων. Προσπαθήσαμε να τοποθετήσουμε τους χώρους με την μεγαλύτερη χρήση προς τον νότιο προσανατολισμό, έτσι ώστε να έχουμε μικρότερες ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη. Το κύριο στοιχείο της κατοικίας μας, το οποίο θεωρούμε και θέα, είναι η πισίνα που βρίσκεται στο εσωτερικό του "Π". Όλα τα δωμάτια έχουν άμεση και εύκολη πρόσβαση σε αυτό.

Υπάρχει ένας μεγάλος ενιαίος χώρος, που είναι η τραπεζαρία και το καθιστικό μας. Στο νότιο τμήμα του, είναι το καθιστικό με πρόσθετο στοιχείο το θερμοκήπιο που μας προσφέρει μεγάλη ποσότητα θέρμανσης σε όλον αυτόν τον χώρο. Διαχωρίζεται με έναν πέτρινο τοίχο, μέσα στον οποίο βρίσκεται και το ενεργειακό τζάκι διπλής όψεως, ώστε να θερμαίνεται από αυτό και το καθιστικό και η τραπεζαρία. Επιπλέον, υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα προς την πισίνα, έτσι ώστε να εκμεταλλευόμαστε τον δροσισμό μέσω εξάτμισης τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στη συνέχεια, υπάρχει η κουζίνα που προστατεύεται από τους βορινούς ανέμους από το κλιμακοστάσιο που μας οδηγεί στο υπόγειο. Όπως φαίνεται και από την κάτοψη, η κουζίνα χωρίζεται με πόρτα από το κλιμακοστάσιο για την καλύτερη λειτουργία του τελευταίου ως εμπόδιο ανάσχεσης από τους βορινούς ανέμους.

Επιπλέον, δημιουργήσαμε δύο ημιμπαιθρίους, από τους οποίους ο ένας είναι η κεντρική είσοδος και ο άλλος στην κουζίνα. Έτσι προστατεύουμε το κτίριο από την ισχυρή ηλιοφάνεια του καλοκαιριού στις πρωινές ώρες.

Έχουμε επιδιώξει να τοποθετήσουμε τους χώρους με μη συχνή χρήση στον βορρά, όπως W.C., γραφείο και κλιμακοστάσιο, οι οποίοι λειτουργούν ως ζώνη ανάσχεσης. Σαν επιπλέον ασπίδα κατά των ψυχρών ανέμων, ο βορινός τοίχος έχει κατασκευαστεί από πέτρα 50 εκατοστών - εξασφαλίζοντας έτσι μεγάλη θερμομόνωση, ο οποίος, προεξέχει από το κέλυφος της κατοικίας απομακρύνοντας τους βορινούς ανέμους. Επιτυγχάνουμε λοιπόν μεγάλη προστασία όλων των βορινών χώρων και κυρίως του παιδικού υπνοδωματίου. Συγκεκριμένα το γραφείο είναι ανοιχτός χώρος, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται άμεσα μέσω του υαλοστασίου από το αίθριο που βρίσκεται στον νότο.

Επιπροσθέτως, το παιδικό δωμάτιο διαχωρίζεται από τον διάδρομο που βλέπει προς νότο, με πέτρινο τοίχο (υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας) 30 εκατοστών. Έτσι καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας αποθηκεύει θερμική ενέργεια την οποία αποβάλλει κατά την διάρκεια της νύχτας. Συγχρόνως, προστατεύουμε το παιδικό υπνοδωμάτιο από τον ενοχλητικό δυτικό ήλιο μέσω του ημιωπαίθριου χώρου.

Τέλος το master bedroom, τοποθετήθηκε στον νότο έχοντας έτσι την βέλτιστη θέση για την εκμετάλλευση της νότιας ηλιακής ενέργειας.

### 4.3.3 Φωτισμός

#### 4.3.3.1. Εισαγωγή

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 .



Εικόνα 4.14.: Φυσικός φωτισμός

#### 4.3.3.2. Φυσικός φωτισμός, οπτική άνεση 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. Σημαντικός παράγοντας δε για την ευεξία των ενοίκων είναι να υπάρχει η οπτική άνεση.

Η οπτική άνεση περιγράφει την ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να αναγνωρίζει και να αναλύει λεπτομερώς εύκολα ότι 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.[51,64]

Για την εξασφάλιση καλής οπτικής άνεσης απαιτείται στους εσωτερικούς χώρους να υπάρχει επαρκής ποσότητας φωτισμού (στάθμη φωτισμού) αφενός και αφετέρου ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της θάμβωσης. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα). Ένας συμβατικός, μονός υαλοπίνακας μεταδίδει το 85% της ακτινοβολίας που προσπίπτει, ενώ ένας διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας εκπέμπουν μειωμένο ποσοστό ακτινοβολίας, περίπου 70% και 60% αντίστοιχα.[23]

#### 4.3.3.3 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 σε κατοικίες, όχι όμως και στα κτήρια γραφείων (Πίνακας 4.2) .

Είδος κτηρίου	Γενική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (%)	Ηλεκτρική κατανάλωση σε φωτισμό(%)
<b>Βιομηχανικά κτήρια</b>	35,5%	2,5%
<b>Κατοικίες</b>	39,5%	2,5%
<b>Εμπορικά κτήρια-κτήρια γραφείων</b>	12%	8,0%

Πίνακας 4.2: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό για διάφορα είδη κτηρίων

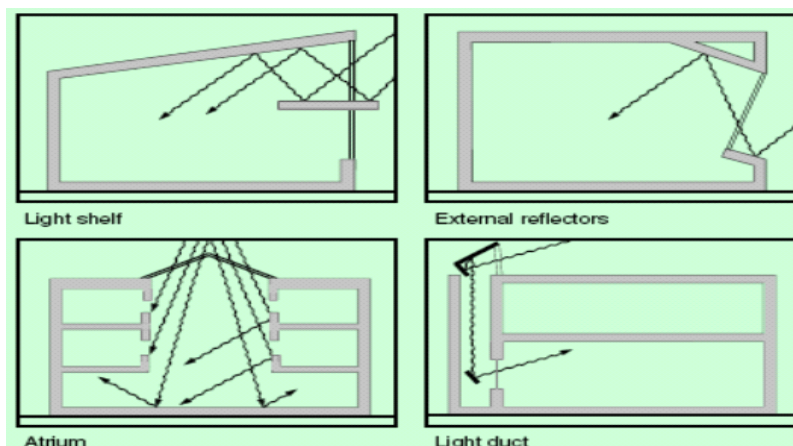
#### 4.3.3.4. Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

##### 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[5]



**Εικόνα 4.15** : Μερικά από τα συστήματα φυσικού φωτισμού. Πάνω σειρά από αριστερά: ράφι φωτισμού, εξωτερικοί ανακλαστής. Κάτω σειρά από αριστερά: αίθριο, φωταγωγός .

### Ανοίγματα Οροφής

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

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

Έχουν το μειονέκτημα, ωστόσο, ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα λόγο της οριζόντιας θέσης τους, δεδομένου ότι ο ήλιος κατά το θέρος είναι ψηλότερα. Για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού, όπως είναι οι ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα.[51,64]

### **Αίθρια**

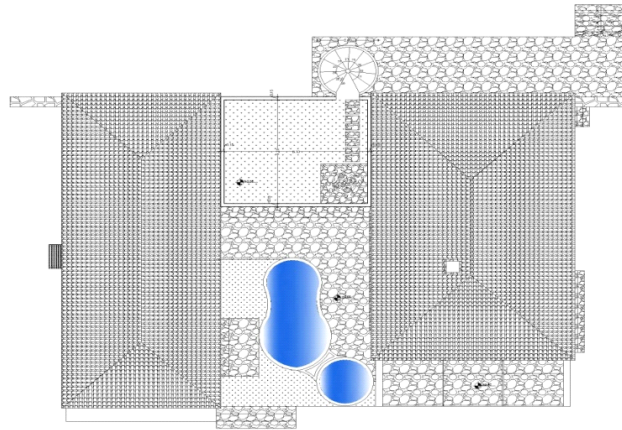
Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτηρίου, συμβάλλουν στην βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτηρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους. Επίσης βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο 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 (Εικόνα 4.16).[6,10]



**Εικόνα 4.16:** Αίθριο

### **Εφαρμογή**

Στην κατοικία μας υπάρχει ένα μεγάλο αίθριο το οποίο βρίσκεται εσωτερικά του «Π», όπου μας προσφέρει, άπλετο φυσικό φωτισμό. Επειδή όμως ο προσανατολισμός του είναι νότιος, δεν κινδυνεύουμε από το φαινόμενο της θάμβωσης.



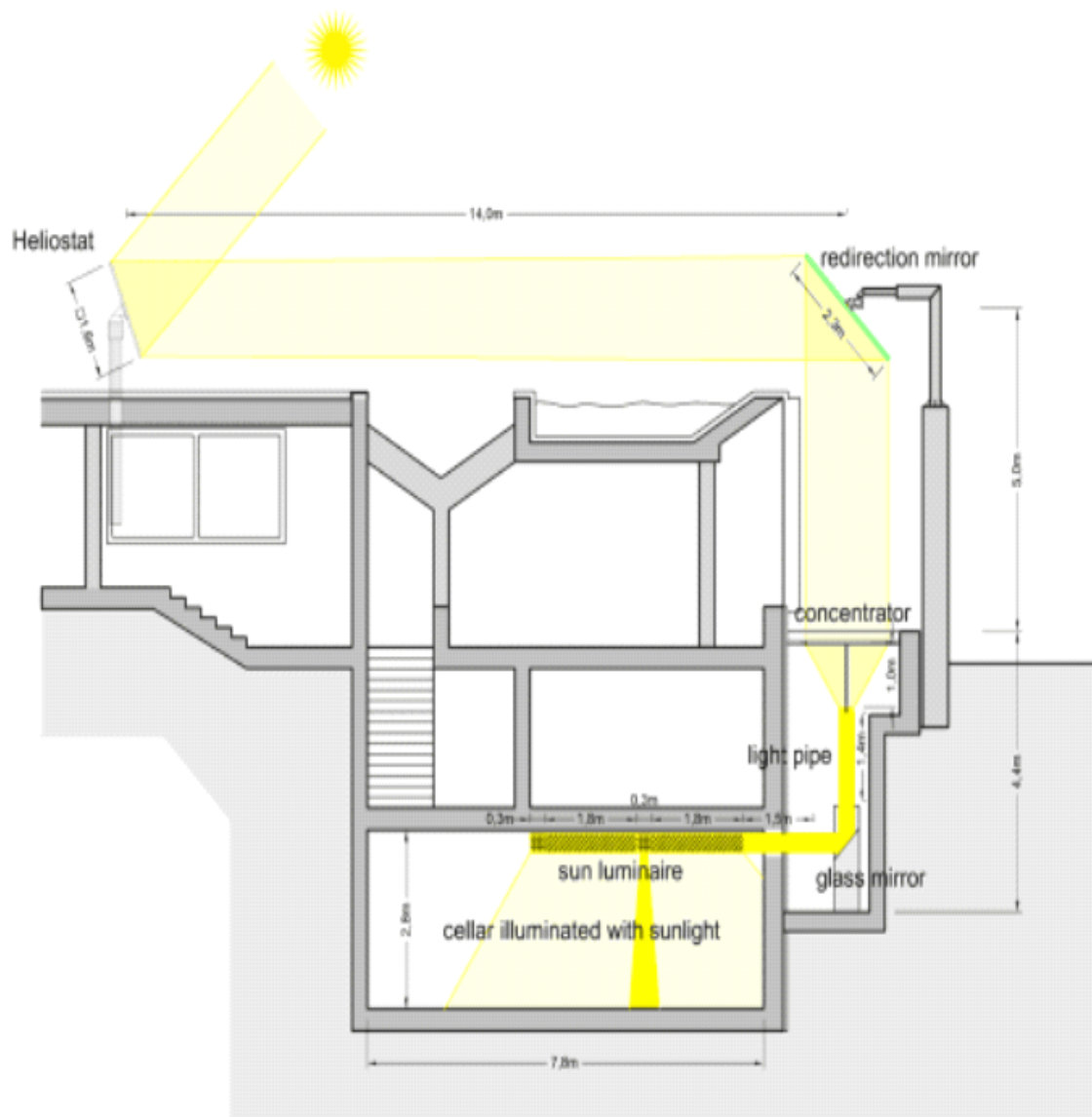
**Εικόνα 4.16.**:Κεντρικό αίθριο



**Εικόνα 4.17** : Ηλιοστάσιο

## Ηλιοστάσια

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 (Εικόνα 4.18).[1,2]



Εικόνα 4.18: Χρήση ηλιοστασίων για φυσικό φωτισμό



## Φωτοσωλήνες



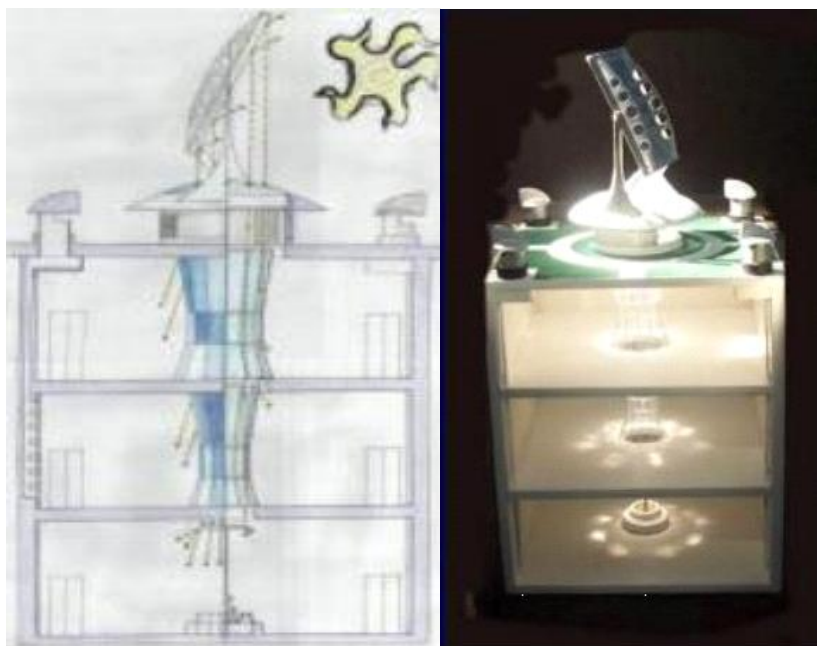
Εικόνα 4.19: Φωτοσωλήνας

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. Είναι σχετικά οικονομικοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτήρια (Εικόνα 4.19).

## Φωταγωγοί

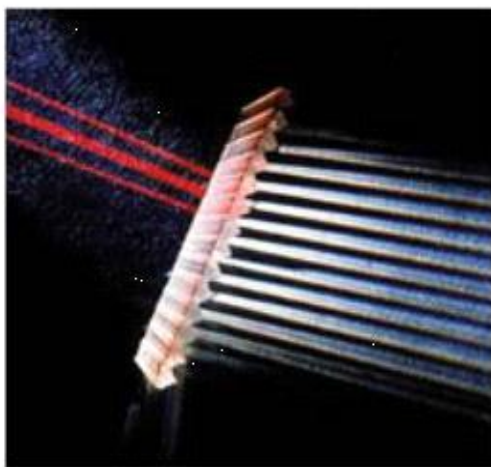
Παραλλαγή των φωτοσωλήνων είναι οι φωταγωγοί (light ducts) οι οποίοι είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτήριο κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνηθέστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μιας σειράς από διαχυτικά 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 (Εικόνα 4.20).[1]



Εικόνα 4.20: Φωταγωγοί

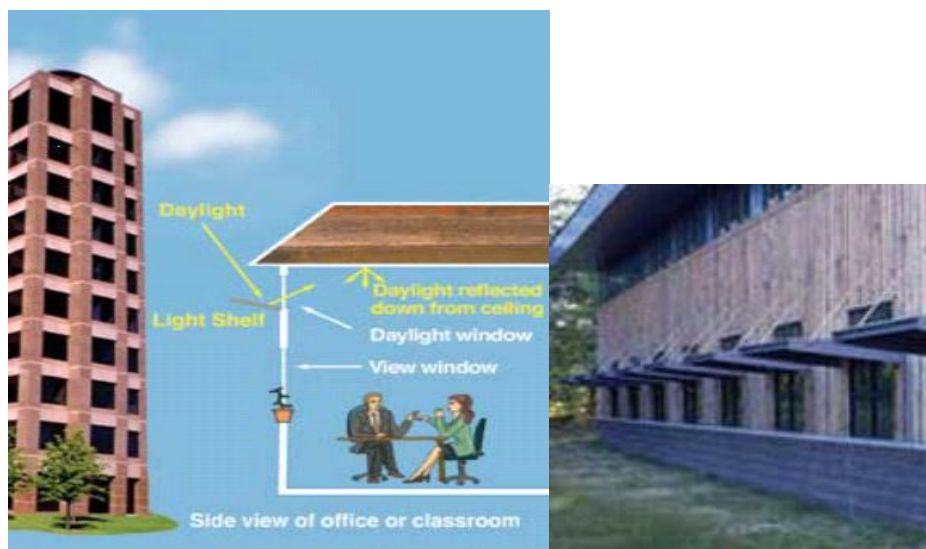
### Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

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 (Εικόνα 4.21).



Εικόνα 4.21: Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

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.[14]



Εικόνα 4.22: Ράφια φωτισμού

### Ράφια Φωτισμού

Πρόκειται για επίπεδα, ή καμπύλα σταθερά στοιχεία (light shelves), που τοποθετούνται οριζόντια στα πλαίσια των ανοιγμάτων, πάνω από το επίπεδο του ματιού και προεξέχουν εξωτερικά ή εσωτερικά. Από πάνω τους, στη συνέχεια του παραθύρου, υπάρχει άνοιγμα-θυρίδα. Σκοπό έχουν να μειώσουν το επίπεδο φωτισμού κοντά στο παράθυρο και να το αυξήσουν στο πίσω μέρος του χώρου. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στις νότιες όψεις, βελτιώνουν τη διανομή του φυσικού φωτός, προκαλώντας μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο και αποφυγή της θάμβωσης (Εικόνα 4.22).

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

### Διαφανή μονωτικά υλικά



Εικόνα 4.23: Διαφανής Μόνωση

Πρόκειται για υλικά που λειτουργούν όπως τα πρότυπα μονωτικά υλικά, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός δια μέσω 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.[9]

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 .[9]

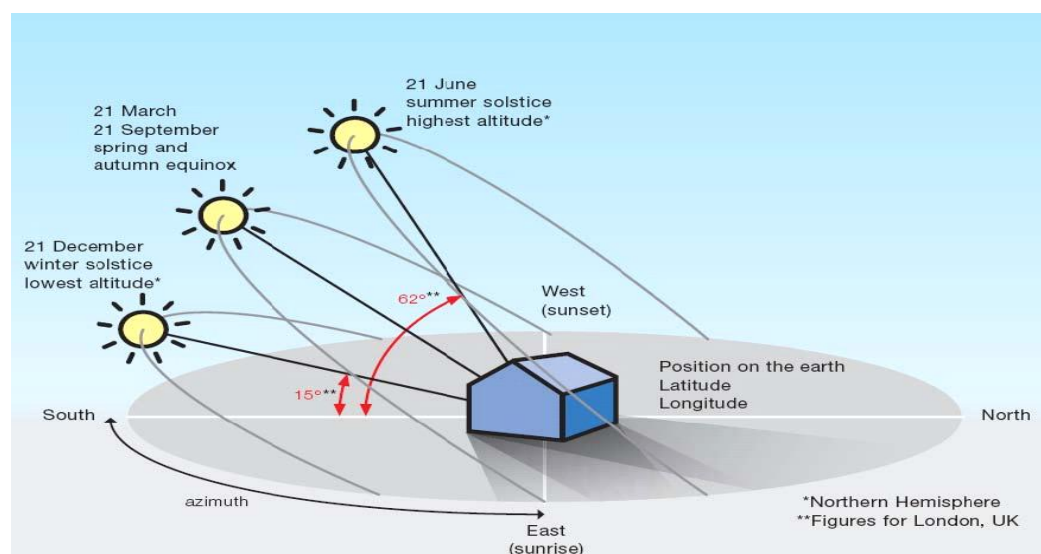


Εικόνα 4.24 : Διαφανής θερμομόνωση

### Εφαρμογή

Στην Ελλάδα έχουμε μεγάλο διάστημα φωτισμού, περιορίζοντας έτσι, την διάρκεια που χρειαζόμαστε τεχνητό φωτισμό. Στην κατοικία μας, εφαρμόζοντας τις μεθόδους που αναφέρονται στις αρχές του βιοκλιματισμού, έχουμε διαμπερή φωτισμό, εξοικονομώντας ενέργεια.

### 4.4 Το κτήριο ως αποθήκη θερμότητας



Εικόνα 4.25: Φορά ηλίου

#### 4.4.1. Εισαγωγή

Μια σημαντική αρχή για την βιοκλιματική λειτουργία του κτηρίου, είναι η διασφάλιση θερμικής μάζας, στην οποία αποθηκεύεται η θερμότητα που προέρχεται από την συλλογή της ηλιακής ενέργειας. Εφόσον το κτήριο λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης, σύμφωνα με όσα αναπτύχθηκαν προηγουμένως, πρέπει η θερμότητα αυτή να αποθηκεύεται στη μάζα του κτηρίου, προκειμένου να αποδοθεί και πάλι στον εσωτερικό χώρο στη διάρκεια της νύχτας.

Η πιο αποτελεσματική «αποθήκη» θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτηρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες, οι οροφές. Όλα τα δομικά υλικά απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα, ανάλογα με την πυκνότητα ( $\rho$ ) της μάζας του και το συντελεστή ειδικής θερμότητας ( $c$ ). Τα βαριά υλικά, μπετόν, πέτρα, τούβλο, έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα και συνεπώς μεγαλύτερη ικανότητα για θερμική αποθήκευση.

Η ηλιακή ενέργεια προσπίπτει στα ανοίγματα και περνά μέσα από αυτά στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου, όπου μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια απορροφούμενη από τα υλικά της κατασκευής και τα αντικείμενα που βρίσκονται στο χώρο. Η μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε θερμική σημαίνει αλλαγή του μήκους κύματος, γεγονός που δεν επιτρέπει την διαφυγή της από τα τζάμια προς τα έξω, συνεπώς εγκλωβίζεται και απορροφάται από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, μέχρις ότου η ικανότητά τους για αποθήκευση θερμότητας να έρθει σε κορεσμό. Πρόκειται για την *θετική πλευρά* του φαινομένου του θερμοκηπίου στη μικρή κλίμακα του χώρου.

Η διαδικασία αποθήκευσης της ηλιακής θερμότητας γίνεται άμεσα από το δάπεδο ή τους τοίχους, όπου προσπίπτει ο ήλιος ή έμμεσα από την κίνηση του αέρα, ο οποίος θερμαίνεται γρηγορότερα από οποιοδήποτε άλλο υλικό και με την κίνησή του μεταφέρει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα της του υλικού της κατασκευής που αποθηκεύει θερμότητα, τόσο η θερμοκρασία του χώρου παραμένει πιο σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες, χωρίς να χρειάζεται βοηθητική θέρμανση από άλλες πηγές ή να προκαλείται υπερθέρμανση του αέρα και δυσφορία.

Συμπέρασμα λοιπόν όλων των παραπάνω είναι, ότι για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα κτήριο ως αποθήκη ηλιακής θερμότητας πρέπει να διαθέτει υλικά κατασκευής με αυξημένη θερμοχωρητικότητα και ότι αυτά τα δομικά στοιχεία που χαρακτηρίζονται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα, πρέπει να είναι ισοκατανεμημένα στο σύνολο της κατασκευής.

Σημαντικό επίσης χαρακτηριστικό του κλίματος ενός τόπου είναι, οι «βαθμοημέρες θέρμανσης» οι οποίες προσδιορίζονται ως το άθροισμα της εκάστοτε διαφοράς θερμοκρασίας, ανάμεσα στην εσωτερική (συνήθως 19°C) και τη μέση μηνιαία εξωτερική. Το άθροισμα αυτών των διαφορών προσδιορίζει τις βαθμοημέρες θέρμανσης, δηλαδή τις θερμαντικές ανάγκες του τόπου. Όσο πιο αυξημένες είναι οι βαθμοημέρες θέρμανσης τόσο το κλίμα χαρακτηρίζεται ψυχρότερο και βεβαίως ισχύει και το αντίστροφο.[24]

### **Εφαρμογή**

Σημαντικός παράγοντας για την λειτουργία του κτιρίου μας ως αποθήκη θερμότητας, είναι τα υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας όπως είναι η πέτρα, το σκυρόδεμα, το μάρμαρο κ.λπ. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατασκευής μας, είναι οι πέτρινοι τοίχοι μεγάλου πάχους, και το πέτρινο δάπεδο στο θερμοκήπιο. Αυτά σε συνδυασμό με την χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων (που αναλύονται παρακάτω) μας οδηγούν στην μέγιστη δυνατή αποθήκευση θερμότητας, αποφεύγοντας έτσι άλλα συστήματα θέρμανσης που απαιτούν οικονομικές δαπάνες.



**Εικόνα 4.26.:** Κατασκευή πέτρινου τοίχου σε βόρια όψη



#### 4.4.2. Περιοδική ροή θερμότητας

Η διαδικασία αποθήκευσης και επαναπόδοσης της θερμότητας οφείλεται σε θερμοδυναμικά φαινόμενα, δηλαδή στη συνεχή ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο περιβάλλον.

Η επαναλαμβανόμενη ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας, με διαφορετική ένταση στη διάρκεια του έτους, χαρακτηρίζεται ως «περιοδική ροή θερμότητας». Χαρακτηριστικά μεγέθη της περιοδικής ροής θερμότητας στο κτίριο είναι η «χρονική υστέρηση» και «ο συντελεστής μείωσης» της θερμοκρασίας.

Η χρονική υστέρηση καθορίζει το χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στην εμφάνιση της αιχμής της εξωτερικής θερμοκρασίας –μέγιστης και ελάχιστης- και την αντίστοιχη αιχμή στον εσωτερικό χώρο, εκφράζεται σε ώρες και εξαρτάται από την θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών κατασκευής και την προκύπτουσα θερμική αδράνεια του κτηρίου. Όσο δηλαδή πιο βαριά είναι τα υλικά κατασκευής, άρα και μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας, τόσο πιο αργά προχωράει το εξωτερικό θερμικό φορτίο προς την εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής, αποθηκεύοντας στην πορεία μεγάλα ποσά θερμότητας στη μάζα των υλικών.

Τα υλικά που έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα ( $\gamma$ ) διαθέτουν χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ), πράγμα που σημαίνει ότι δεν είναι θερμομονωτικά.[1]

Υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα είναι : το μπετό, η πέτρα, το χώμα, το νερό. Σε περιοχές όπου εμφανίζονται σημαντικές διακυμάνσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας ή περιοχές ξηρές -ζεστές, η χρήση του εδάφους προσφέρει πολύ καλύτερα θερμικά αποτελέσματα από το μπετό, τόσο λόγω της μεγαλύτερης θερμικής τους αδράνειας, όσο και λόγω της δυνατότητας να χρησιμοποιηθεί σε βάθος.

Ο συντελεστής μείωσης εκφράζεται από τον λόγο του μέγιστου εύρους της εσωτερικής θερμότητας προς το αντίστοιχο εύρος της εξωτερικής. Προφανώς ο λόγος είναι μικρότερος από τη μονάδα. Ο λόγος μεγαλώνει όσο αυξάνει η θερμική μόνωση του κελύφους. Αντίθετα στην περίπτωση μεγάλης θερμικής αδράνειας του κελύφους – χρήση υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα – ο συντελεστής μείωσης είναι μικρός.

Η χρονική υστέρηση και ο συντελεστής μείωσης αποτελούν βασικά μεγέθη για τον προσδιορισμό της μάζας των υλικών και των δομικών στοιχείων της κατασκευής, γιατί ρυθμίζουν την ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να αποθηκευτεί στα συμπαγή αυτά στοιχεία και συνεπώς καθορίζουν το επίπεδο θερμικής άνεσης του κτηρίου.[2,4]

Με άλλα λόγια, εκείνο που επιδιώκεται με την επιλογή των κατάλληλων υλικών της κατασκευής, είναι αφενός μικρές διακυμάνσεις στην εσωτερική θερμοκρασία, χωρίς εξάρσεις στη μέγιστη και την ελάχιστη, προκειμένου να διασφαλιστεί το επίπεδο άνεσης, και αφετέρου επαρκής χρονική υστέρηση, έτσι ώστε η ελάχιστη θερμοκρασία να μετατίθεται τις πρώτες πρωινές ώρες, όταν το κτήριο μπορεί να επωφεληθεί και πάλι από την θερμότητα του ηλίου.

Αντίθετα, η μετάθεση της μέγιστης αιχμής της εσωτερικής θερμοκρασίας, σε σχέση, με την αντίστοιχη αιχμή της εξωτερικής, για αρκετές ώρες το καλοκαίρι, μέχρι αργά προς το βράδυ, παρέχει την δυνατότητα να αποφευχθεί η χρήση κλιματισμού, γιατί τότε το κτήριο μπορεί να δροσιστεί με φυσικό αερισμό.

Μετά από έρευνες προκύπτει ότι η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας, επηρεάζει λιγότερο τις βαριές κατασκευές, με μόνωση στην εξωτερική πλευρά, ενώ η επίδραση είναι ελάχιστη σε κατασκευές με μεγάλη θερμική αδράνεια ή όταν το κτίσμα είναι μερικώς καλυμμένο με χώμα.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα ημιυπόσκαφα στη Σαντορίνη. Στη περίπτωση αυτή, τα κτίσματα ουδόλως ανταποκρίνονται στις ημερήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας, παρά μόνον σε εποχιακή βάση. Δηλαδή, η αύξηση της εξωτερικής θερμοκρασίας το καλοκαίρι επηρεάζει τον εσωτερικό χώρο κατά τον Αύγουστο μόνο, με πολύ περιορισμένη ένταση. Συνήθως δεν παρατηρούνται θερμοκρασίες άνω των 26°C. Επίσης οι θερμοκρασίες του χειμώνα επηρεάζουν το εσωτερικό των κατοικιών γύρω στο Φεβρουάριο.

Για κτήρια με συνεχής χρήση, όπως π.χ. οι κατοικίες ή κτήρια με διακοπτόμενο κανονικό ρυθμό χρήσης, όπως σχολεία, γραφεία κλπ., η θερμική αδράνεια της κατασκευής, και η χρησιμοποίηση υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, αποτελούν ουσιαστικούς παράγοντες προσαρμογής στα κλιματικά δεδομένα του τόπου.[6]

## **4.5. Το κτήριο ως παγίδα θερμότητα**

### **4.5.1 Εισαγωγή**

Προηγουμένως αναφέρθηκαν οι προϋποθέσεις εκείνες που διασφαλίζουν τη λειτουργία του κτηρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη και ως αποθήκης θερμότητας. Ωστόσο, για την αποτελεσματικότερη λειτουργία του κτηρίου είναι ανάγκη η θερμότητα, που συλλέγεται από τον ήλιο, να παγιδεύεται στο εσωτερικό του κτηρίου και να μην διασκορπίζεται προς τα έξω.

Η διασπορά θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον καθορίζεται και από τις θερμικές απώλειες του κτηρίου, γεγονός που συμβαίνει το χειμώνα. Αντίστροφα το καλοκαίρι, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από τις εσωτερικές, το κτήριο απορροφά θερμότητα, την οποία σταδιακά την διοχετεύει μέσα στο χώρο, με κίνδυνο βεβαίως να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης.

Αυτή η αντιθετική λειτουργία του κτηρίου, που οφείλεται στην εναλλαγή των εποχών, μπορεί να αντιμετωπιστεί με την πρόβλεψη στρώματος θερμικής μόνωσης στην εξωτερική πλευρά του κελύφους.

Έτσι επιτυγχάνεται περιορισμός των θερμικών απωλειών, από το εσωτερικό του κτηρίου προς τα έξω και η παγίδευση της μεγαλύτερης δυνατής ποσότητας ηλιακής θερμότητας. Το καλοκαίρι η θερμομόνωση λειτουργεί προστατευτικά για το κέλυφος του κτηρίου και κατά επέκταση για τον εσωτερικό χώρο, μειώνοντας έτσι το ενδεχόμενο υπερθέρμανσης. Πέραν αυτών η θερμομόνωση προσφέρει συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στο κτήριο, γιατί περιορίζεται η ακτινοβολία θερμότητας από το σώμα του ανθρώπου προς τις περιβάλλουσες στο χώρο επιφάνειες, οι οποίες συνήθως είναι ψυχρότερες από τον αέρα του χώρου.[1,3,5]

#### 4.5.2 Θερμικές απώλειες του κελύφους

Πέραν της περάτωσης του στόχου για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική, πρέπει να διασφαλιστεί και η ικανότητα του κτηρίου να την δεσμεύσει και να τη διατηρήσει. Είναι κοινώς αποδεκτό, ότι το κάθε κτίριο έχει μη αντιστρέψιμες απώλειες. Η πρόκληση του κάθε μελετητή, έγκειται στην ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας του κελύφους.

Όλα τα κτήρια χάνουν θερμότητα τον χειμώνα με 3 τρόπους:

- Με αγωγή της θερμότητας μέσα από το κέλυφος του κτηρίου (τοιχούς, γυάλινα ανοίγματα, στέγη ή δώμα και δάπεδο) προς το εξωτερικό, ψυχρότερο περιβάλλον.
- Με μεταφορά της θερμότητας, μέσω της κίνησης του αέρα, είτε μέσα από τους αρμούς των κουφωμάτων, είτε μέσα από τα ανοιχτά παράθυρα.
- Με ακτινοβολία θερμότητας από το κέλυφος του κτηρίου προς την ατμόσφαιρα τη νύχτα.

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτηρίου εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- Από τον λόγο της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας προς τον όγκο του κτηρίου. Όσο μικρότερη είναι η συνολική εξωτερική επιφάνεια τόσο μικρότερος είναι ο λόγος, άρα και λιγότερες οι θερμικές απώλειες του κτηρίου.
- Από την προστασία των εκτεθειμένων πλευρών του κτηρίου στους ψυχρούς χειμωνιάτικους ανέμους, με κατάλληλους χειρισμούς στο κέλυφος του κτηρίου ή με τη χρήση της βλάστησης.
- Από τη μείωση των εκτεθειμένων πλευρών του κτηρίου προς τον βορρά, φτάνοντας ακόμη και στη κάλυψη τμήματος ή ολόκληρης της βορεινής επιφάνειας με χώμα εφόσον η κλίση του εδάφους το επιτρέπει.

Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος είναι αναγκαίο να παίρνονται τα εξής μέτρα, κατά τον σχεδιασμό του κτηρίου:

- Να προβλέπεται κατάλληλη θερμομόνωση στα συμπαγή στοιχεία του κελύφους, τοίχους, οροφές, δάπεδα. Έτσι εξασφαλίζεται η μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας και συνεπώς των θερμικών απωλειών.
- Να προβλέπονται διπλά τζάμια, ιδιαίτερα για τα ανοίγματα που βρίσκονται σε δυσμενείς προσανατολισμούς, όπως βορράς, ανατολή και δύση.
- Να προβλέπεται κινητή θερμική μόνωση των ανοιγμάτων, για νυχτερινή προστασία με τη χρήση παντζουριών ή άλλων εξωφύλλων, τα οποία να έχουν περσίδες με θερμομόνωση στο εσωτερικό τους.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι η θερμική μόνωση του κελύφους είναι προτιμότερη στην εξωτερική του πλευρά, ώστε να διασφαλίζεται η παγίδευση της αποθηκευμένης ηλιακής θερμότητας.[5]

#### **4.5.2.1. Θερμικές απώλειες από εναλλαγές του αέρα**

Οι απώλειες που οφείλονται στη μεταφορά του ζεστού αέρα από το κτήριο προς τα έξω, μέσα από τους αρμούς των κουφωμάτων, αποτελούν μια σημαντική ποσότητα θερμότητας που χάνεται. Η μεταφορά αυτή συντελείται είτε λόγω διαφορετικής πίεσης του αέρα ανάμεσα στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον, είτε προκαλείται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, κυρίως όμως οφείλεται στην πίεση που ασκείται από τον άνεμο στα ανοίγματα.

Η μείωση των θερμικών απωλειών μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

- Με την καλή στεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων. Ακόμη και τα αεροστεγή κουφώματα, που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά, επιτρέπουν μισή εναλλαγή αέρα/ώρα όλου του χώρου, δηλαδή ο αέρας που περικλείεται σε ένα χώρο ανανεώνεται κατά το ήμισυ, κάθε μία ώρα.
- Με τη μείωση του μεγέθους των ανοιγμάτων που βρίσκονται στο βορρά και πού είναι, συνήθως, εκτεθειμένα στους ψυχρούς ανέμους.
- Με τη τοποθέτηση βλάστησης ή δέντρων για προστασία ή και εκτροπή των ψυχρών ανέμων εφόσον είναι εφικτό.[1]

#### **4.5.2.2. Θερμική μάζα και θερμομόνωση**

Έχει ήδη αναφερθεί ότι η αποθήκευση της ηλιακής θερμοκρασίας πραγματοποιείται στη θερμική μάζα της κατασκευής. Η θερμομόνωση προστατεύει το κέλυφος, δηλαδή τη θερμική μάζα, όταν βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά. Η ποσότητα της θερμικής μάζας, καθώς και ο βαθμός θερμομόνωσης ενός κτηρίου είναι συνάρτηση του κλίματος.

Σε ψυχρό κλίμα, η απαίτηση για καλύτερη θερμομόνωση είναι μεγαλύτερη, καθώς η θερμοκρασία σχεδιασμού (20°C στο εσωτερικό του κτιρίου) αποκλίνει περισσότερο σε σχέση με τις εξωτερικές θερμοκρασίες. Σε κλίμα ζεστό ξηρό, η θερμική μάζα αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα, γιατί απορροφά τις έντονες διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα.

Για την εύκρατη ζώνη, η θερμομόνωση και η θερμική μάζα αποτελούν περίπου ισοδύναμους παράγοντες αποτελεσματικής λειτουργίας του κτηρίου. Τονίζεται ειδικότερα, ότι η θερμική προστασίας είναι απολύτως αναγκαία για τη βορεινή πλευρά, ενώ η απαίτηση για μεγάλη θερμοχωρητικότητα εντοπίζεται στη δυτική πλευρά, η οποία επιβαρύνεται με μεγάλη ποσότητα θερμότητας κυρίως το καλοκαίρι.[10]

## **Εφαρμογή**

Λόγω της εξωτερικής θερμομόνωσης που έχουμε εφαρμόσει στο κέλυφος της κατοικίας, μονώνουμε τους αρμούς που δημιουργούνται μεταξύ των διαφορετικών υλικών. Αυτό σε συνδυασμό με την τοποθέτηση εξωτερικής κινητής μόνωσης στα ανοίγματα (παντζούρια), με την χρήση κατάλληλων υαλοπινάκων ανάλογα με τον προσανατολισμό, τον σχεδιασμό της φύτευσης για την αποφυγή των ψυχρών ανέμων, καθώς επίσης και με την τοποθέτηση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας, περιορίζουμε στο ελάχιστο τις θερμικές απώλειες του κελύφους της κατοικίας μας (χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η φύτευση και οι υαλοπίνακες που αναλύονται περαιτέρω παρακάτω).

## **4.6. Το κτήριο ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης**

### **4.6.1 Εισαγωγή**

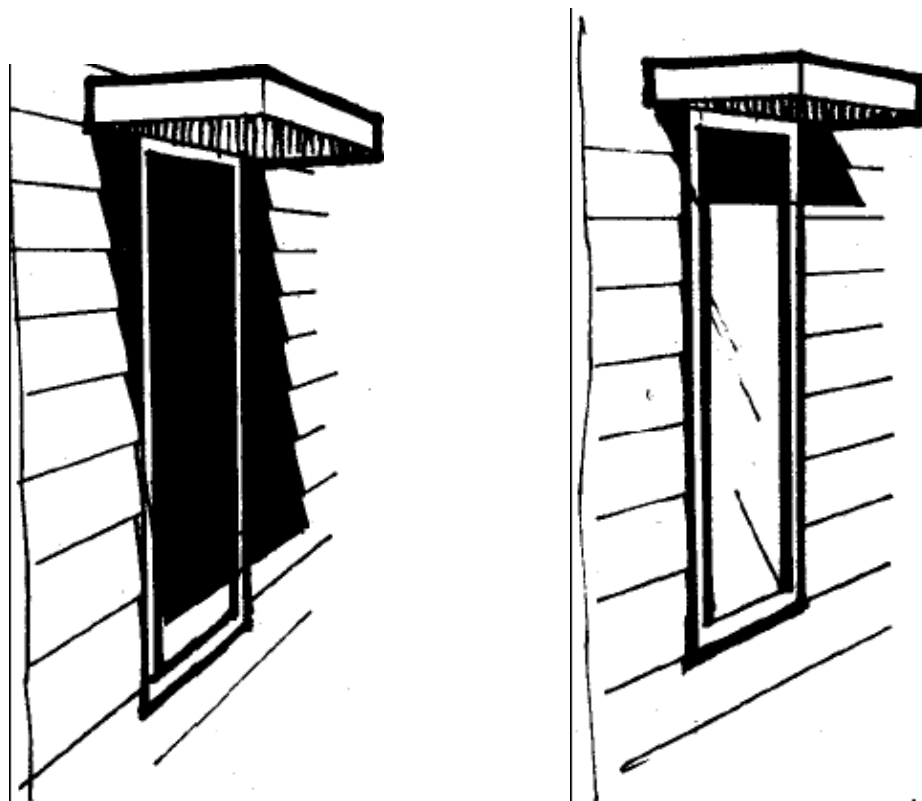
Με τα ειδικά συστήματα προστασίας του κελύφους και θερμικής προστασίας του κτηρίου, εννοούμε τα συστήματα και τεχνικές που σκοπό έχουν να μειώσουν τα θερμικά φορτία που δέχεται ένα κτήριο κατά την περίοδο του θέρους.[61]

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 σκιασμό, 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

#### 4.6.2. Ηλιοπροστασία-Σκιασμός



Εικόνα 4.27 :Εξωτερικά σταθερά οριζόντια σκίαστρα

##### 4.6.2.1. Εισαγωγή

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.[61]



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 (Εικόνα 4.27) 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 4.2).

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

**Πίνακας4.2:** Προτεινόμενος τύπος σκίασης ανάλογα με τον προσανατολισμό

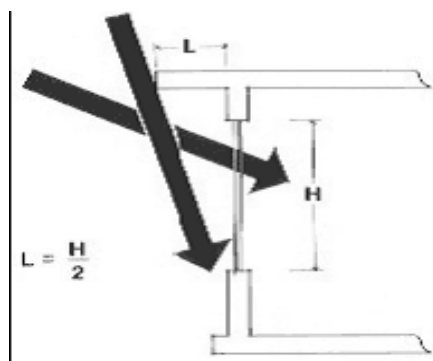
#### 4.6.2.2. Σταθερά σκίαστρα

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 συνίστανται για νότιο προσανατολισμό. Μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου ή ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων. Για την Αθήνα, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκίαστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι 55-60° (Εικόνα 4.28).
- 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°.[4]



Εικόνα 4.28: 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 στο εσωτερικό.



**Εικόνα 4.29:** Οριζόντιες εξωτερικές περσίδες, κατάλληλες για νότιο προσανατολισμό. Λειτουργούν αποδοτικά, εκτός από τις γωνίες. Διπλή σειρά περσίδων έχει χρησιμοποιηθεί.



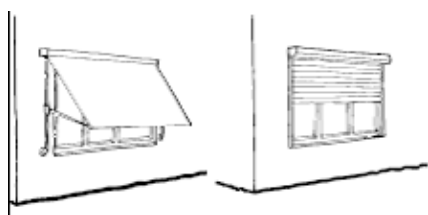
**Εικόνα 4.30:** Διάταξη από κάθετες, σταθερές, εξωτερικές περσίδες, κατάλληλες για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό.

#### 4.6.2.3. 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 (Εικόνα 4.31).



**Εικόνα 4.31:** Εξωτερικά κατακόρυφα σκίαστρα, κατάλληλα για δυτικό/ανατολικό προσανατολισμό



**Εικόνα 4.32:** Τέντες για εξωτερική σκίαση

- 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.

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.

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 .[6]

### **Εφαρμογή**

Η συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος τα τελευταία χρόνια, μας οδηγούν σε ολοένα και μεγαλύτερη ανάγκη για ψύξη του κτιρίου. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, είναι η σκίαση των ανοιγμάτων.

Θεωρήσαμε απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε και τα δύο είδη σκίαστρων• εξωτερικά κινητά και σταθερά. Συγκεκριμένα στην δυτική όψη, κατασκευάσαμε σταθερό σκίαστρο στο υπνοδωμάτιο ενώ στο παιδικό δωμάτιο υπάρχει σκίαση εξαιτίας του ημιυπαίθριου. Στην ανατολική όψη τα μεγάλα μας ανοίγματα σκιάζονται πλήρως με δύο ημιυπαίθριους. Τέλος στην νότια όψη, το θερμοκήπιό μας καλύπτεται με κινητά σκίαστρα έτσι ώστε το χειμώνα να μην υπάρχει καθόλου σκίαση, ενώ το καλοκαίρι να καλύπτεται πλήρως αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανσή του.

#### 4.6.2.4. Φύτευση, Βλάστηση και φυτεμένο δώμα



Εικόνα 4.33: Σκίαση από βλάστηση

##### 4.6.2.4.1. Εισαγωγή

Σε κάθε τοποθεσία, ο άνθρωπος μπορεί να παρέμβει προκειμένου να τροποποιήσει το περιβάλλον γύρω από τα κτήρια, δημιουργώντας συνθήκες που συνιστούν το μικροκλίμα.

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.

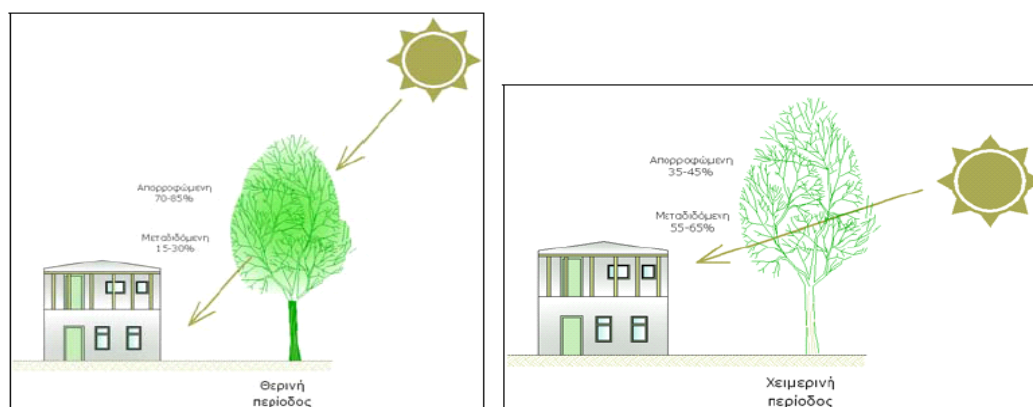
Συνεπώς, ο αέρας κοντά στο έδαφος σε δεντροφυτεμένες περιοχές είναι πιο δροσερός από άλλες δομημένες περιοχές. Πειραματικές μετρήσεις έχουν δείξει ότι η διαφορά θερμοκρασίας δεντροφυτεμένων περιοχών και δομημένων αντίστοιχα, μπορεί να φτάσει μέχρι και 5<sup>0</sup> C.

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 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. [1,3]

#### 4.6.2.4.2. Φύτευση

Η φύτευση και η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου είναι μείζον σημασίας τόσο για τον αερισμό του κτιρίου, όσο και για την σκιάσή του. Η τοποθέτηση των κατάλληλων τύπου δέντρων στη σωστή θέση, οδηγεί τους βορινούς ανέμους μακριά από το κέλυφος μας, τους θερινούς ανέμους, μετά από διαδρομή πάνω από υγρά στοιχεία, στα κατάλληλα ανοίγματα ώστε να υπάρχει ο δροσισμός μέσω εξάτμισης και τέλος προστατεύει το κτίριο μας από την θερινή ηλιακή ακτινοβολία.

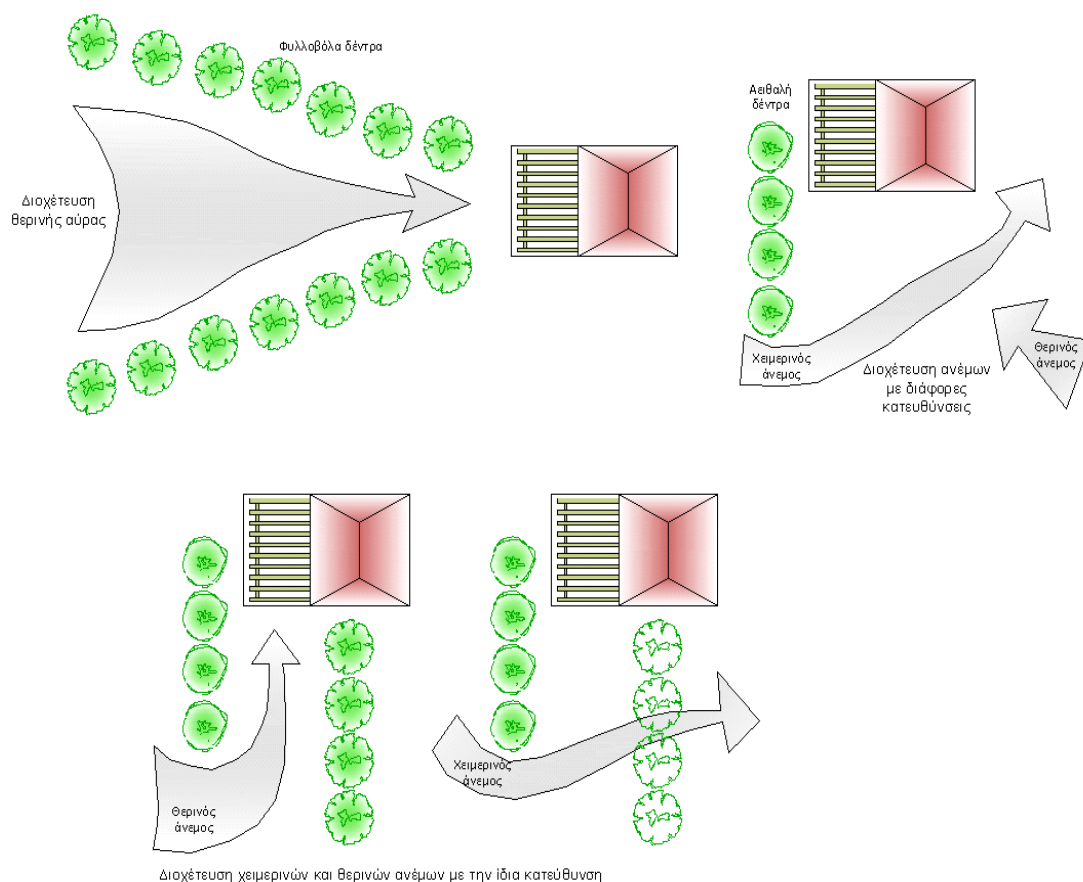
Τα φυλλοβόλα δέντρα, το χειμώνα, όταν τα κλαδιά είναι γυμνά, επιτρέπουν την ακτινοβολία του ήλιου να διέλθει από τα υαλοστάσια, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζουν, όπως είναι και το επιθυμητό (Εικόνα 4.34). Είναι καλό να επιλέγονται δέντρα με πυκνό φύλλωμα και λίγα κλαδιά, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή σκίαση το καλοκαίρι και η ελάχιστη το χειμώνα. Αυτού του τύπου φύτευση είναι η καταλληλότερη για νότιο και ανατολικό προσανατολισμό. Στην ανατολή θα πρέπει να είναι τοποθετημένα, έτσι ώστε να οδηγεί τους θερινούς ανέμους προς την κατοικία. [1,4]



Εικόνα 4.34: Βλάστηση με φυλλοβόλο δέντρο σε θερινή και χειμερινή περίοδο

Αντιθέτως, στον βορρά είναι απαραίτητη η φύτευση με αειθαλή δέντρα μεγάλου ύψους, τοποθετημένα έτσι ώστε να προστατεύει το κτίριο μας από χειμωνιάτικους βορινούς ανέμους.

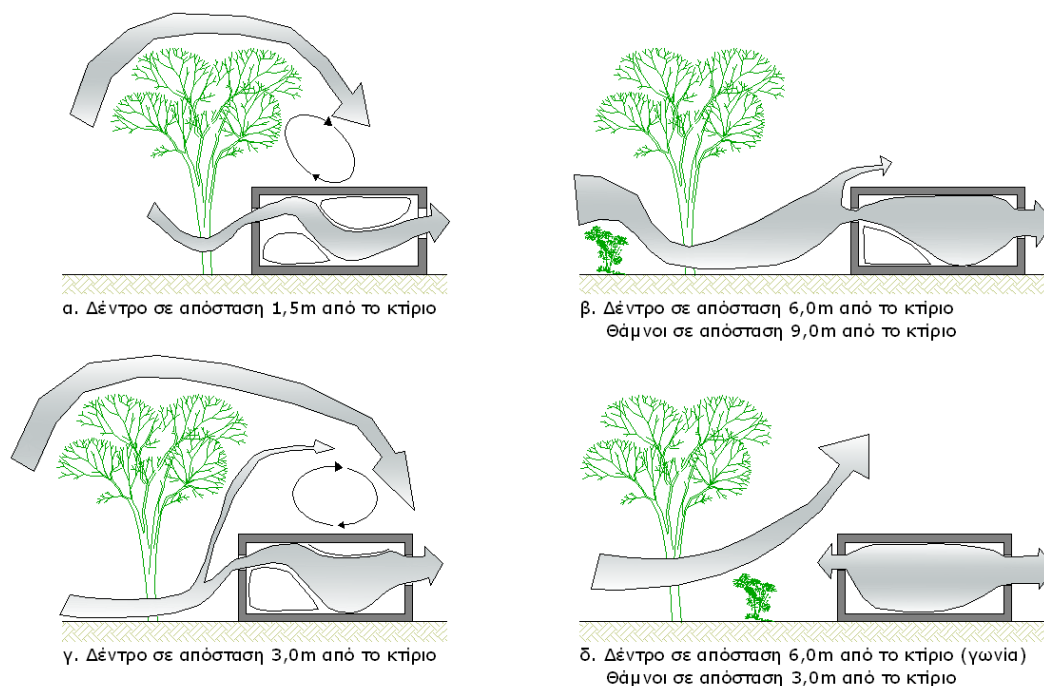
Στον νότο, θα πρέπει να υπάρχει απαραίτητα πρόβλεψη για σκίαση κυρίως των μεγάλων ανοιγμάτων αλλά και των τοίχων θερμικής μάζας αν υπάρχουν. Το καλύτερο θα ήταν ο συνδυασμός φύτευσης με τοποθέτηση εξωτερικών σταθερών σκιάστρων.



**Εικόνα 4.35:** Κατεύθυνση ανέμων με τη βλάστηση

Πριν την φύτευση, θα πρέπει να έχει γίνει μελέτη για τις αποστάσεις των δέντρων από το κτίριο έτι ώστε να υπάρχει η επιθυμητή σκιά(Εικόνα 4.35). Αυτές οι αποστάσεις προσδιορίζονται από την ηλιακή γωνία της κάθε περιοχής. 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 6-12oC πιο δροσερό από ένα ασκίαστο. Αρκετά καλαισθητη είναι επίσης η λύση της πέργκολας, προσκείμενης σε μια πλευρά του κτηρίου. Ο σκιασμός από δέντρα μόνο, συμβάλλει κατά 10-35% στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη .[61,1]





**Εικόνα 4.36:** Επίδραση αερισμού του κτιρίου από τη βλάστηση σε συγκεκριμένες αποστάσεις

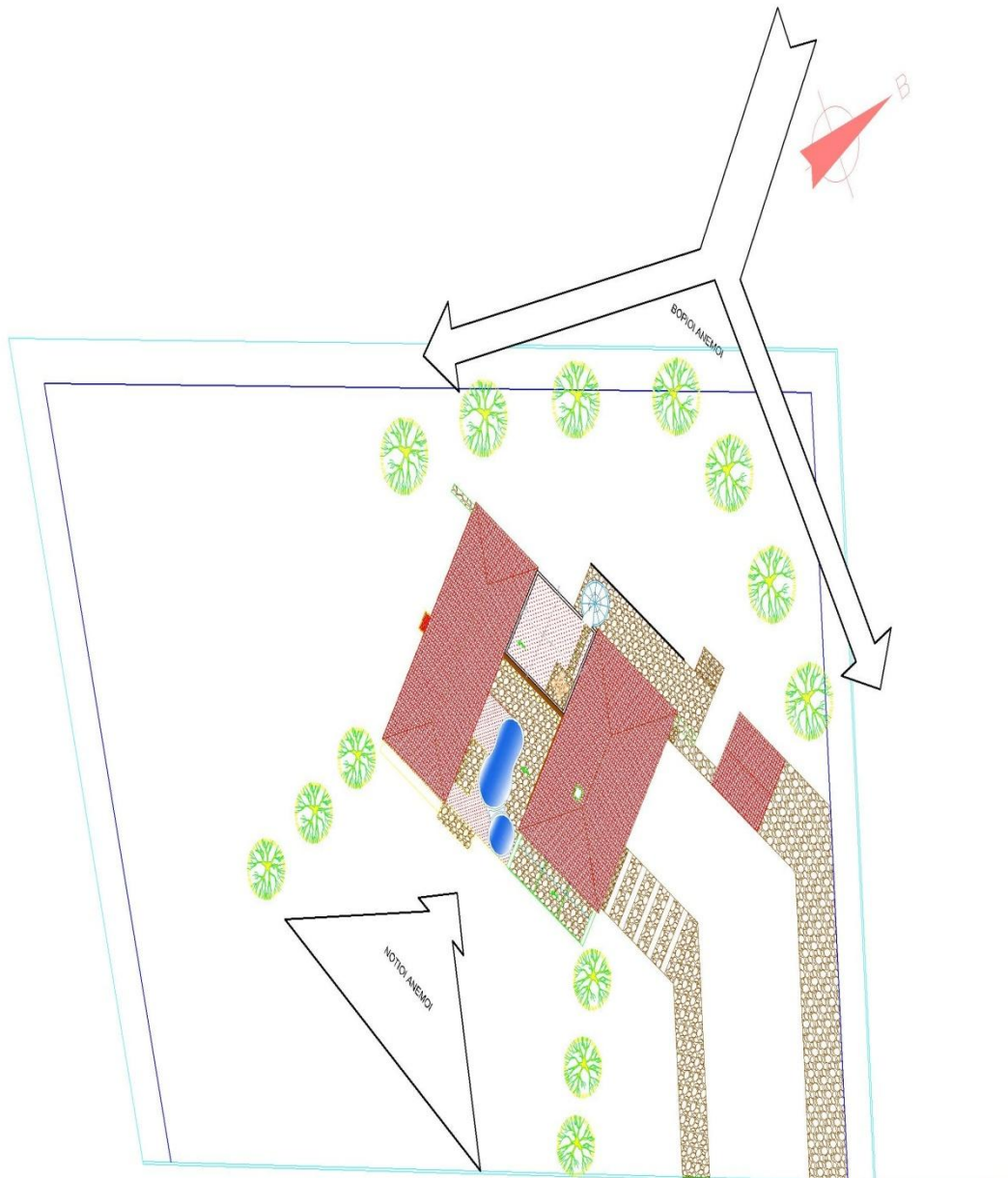
## **Εφαρμογή**

Στο παρακάτω διάγραμμα φύτευσης (το οποίο έχει γίνει έπειτα από μελέτη έτσι ώστε να σκιάζονται μόνο τα επιθυμητά μέρη), φαίνεται ότι το είδος, ο αριθμός και η τοποθεσία φύτευσης των δέντρων εξαρτάται από τον προσανατολισμό. Στόχος μας είναι, πέραν από τη σκίαση, να έχουμε και την αποφυγή ή κατεύθυνση των ανέμων.

Ειδικότερα, στον βορινό προσανατολισμό, η φύτευση έχει σχήμα τόξου με αιθαλή δέντρα μεγάλου ύψους. Η χρήση της φύτευσης σε αυτόν τον προσανατολισμό γίνεται για να κατευθύνουμε τους ψυχρούς βόρειους ανέμους μακριά από την κατοικία. Γι' αυτόν τον λόγο, χρησιμοποιούμε δέντρα ύψους 15 μέτρων.

Στο νότιο τμήμα της κατοικίας, σχεδιάστηκε φύτευση φυλλοβόλων δέντρων (ώστε να έχουμε την σκιά το καλοκαίρι και ηλιακή ακτινοβολία χωρίς εμπόδια τον χειμώνα) σε οριζόντια διάταξη. Με αυτόν τον τρόπο, πετυχαίνουμε πτώση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντα χώρου μέσω της εξάτμισης(από την πισίνα), άρα και δροσισμό.

Στον ανατολικό προσανατολισμό, η φύτευση είναι περιορισμένη. Υπάρχει μόνο στο νοτιοανατολικό τμήμα έτσι ώστε να οδηγεί την θερινή αύρα στην είσοδο της κατοικίας. Επιπλέον μεγάλο μέρος του προαύλιου χώρου καλύπτεται με γκαζόν, με στόχο να μειώσουμε ακόμη περισσότερο την θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου.



**Εικόνα 4.37:**Επιθυμητή κατεύθυνση ανέμων με εκμετάλλευση της φύτευσης

#### 4.6.2.4.3. Φυτεμένα δώματα



Εικόνα 4.38 : Πράσινες στέγες

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 αντανακλάει 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).[49]

Η φύτευση βλάστησης στο δώμα, 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(Εικόνα 4.38).

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 kg/m<sup>2</sup> –κορεσμένο-) και το ριζικό σύστημα των φυτών επιφανειακό(Εικόνα 4.39).

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 (Εικόνα 4.42). Εκτατικός τύπος φυτεμένου δώματος μπορεί να εφαρμοσθεί σε κλίσεις μέχρι και 33%. [49]



Εικόνα 4.39: 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 100-270 kg/m<sup>2</sup> και σχέση με τον προηγούμενο τύπο, συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού(Εικόνα 4.40).



**Εικόνα 4.40 :** Ημιεντατικός Τύπος

• Εντατικός Τύπος:

Πρόκειται για φύτευση με θάμνους, ποικιλία φυτών, ακόμη και δέντρα, πράγμα που σημαίνει ότι το φορτίο είναι μεγαλύτερο των 300 kg/m<sup>2</sup>. Ο τύπος αυτός φυτεμένης στέγης απαιτεί τακτική συντήρηση και παρουσιάζει την μορφή ολοκληρωμένου κήπου(Εικόνα 4.41).[49]

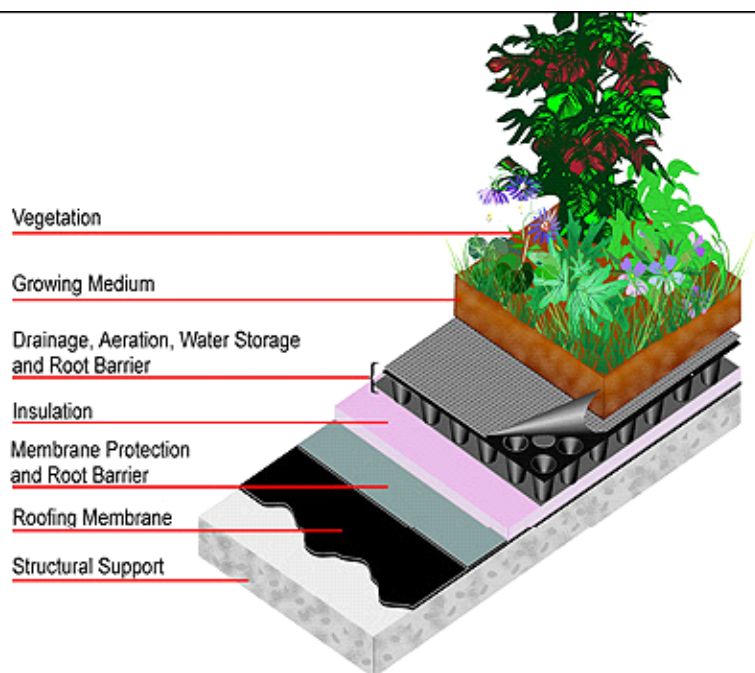


**Εικόνα 4.41:** Εντατικός Τύπος

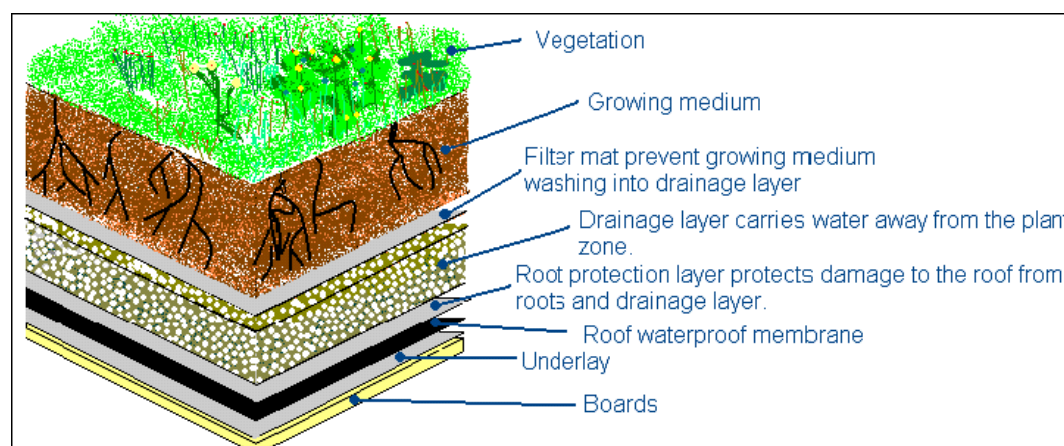


**Εικόνα 4.42:** Το φυτό «σέδο» (sedum), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκτατικό τύπο φυτεμένου δώματος, αντέχει χωρίς πότισμα 60-80 μέρες

Η διαστρωμάτωση της πράσινης στέγης περιλαμβάνει μια μεμβράνη ελέγχου ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, υπόστρωμα συγκράτησης 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.[19,21]

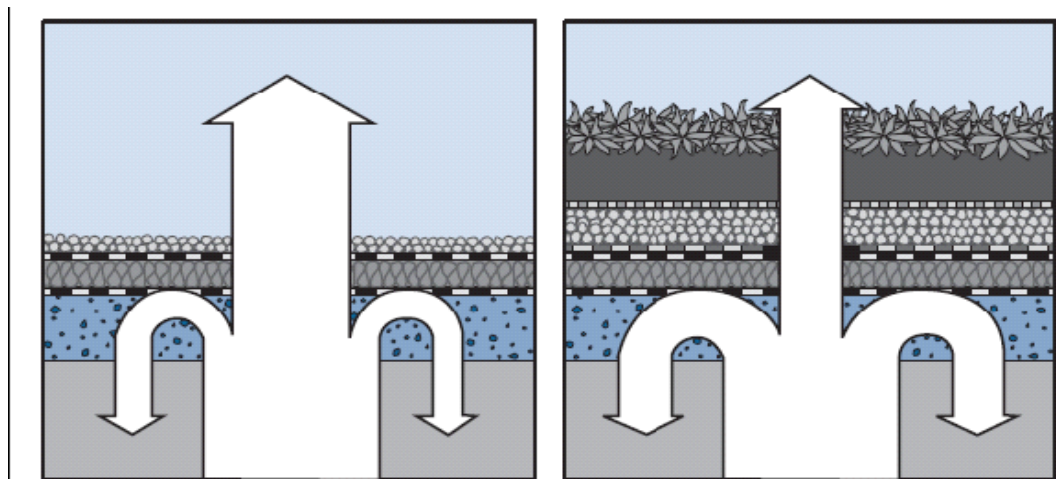


Εικόνα 4.43: Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος



Εικόνα 4.44: 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

Όσον αφορά το θερμικό φορτίο που χρειάζεται το κτήριο κατά το χειμώνα, μετά από έρευνες έχει αποδειχθεί ότι η επίδραση της φυτεμένης στέγη δεν είναι σημαντική. Αυτό θεωρείται πλεονέκτημα, διότι συνήθως ένα σύστημα που στοχεύει στη μείωση των ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οδηγεί σε αύξηση των αναγκών σε θερμικά φορτία κατά το χειμώνα(Εικόνα 4.45).[52]



**Εικόνα 4.45:** Ροή θερμότητας δια μέσου, στέγης χαλικοστρωμένης και «πράσινης» οροφής. Στη δεύτερη περίπτωση η θερμική μάζα του φυτεμένου δώματος αποτρέπει ένα μεγάλο ποσό θερμότητας να διαφύγει

### Αποτελέσματα Έρευνας Πανεπιστημίου Αθηνών

Μήνας	Μη μονωμένο κτήριο με πράσινη στέγη (kWh/m <sup>2</sup> )	Μη μονωμένο κτήριο χωρίς πράσινη στέγη(kWh/m <sup>2</sup> )	Διακύμανση ψυκτικού φορτίου για μη μονωμένο κτήριο%
Μάιος	1.13	2.23	-49
Ιούνιος	5.28	7.23	-28
Ιούλιος	8.97	11.23	-20
Αύγουστος	12.34	14.52	-15
Σεπτέμβριος	4.54	5.67	-20

**Πίνακας 4.3:** Η διακύμανση του ψυκτικού φορτίου σε (KWh/m<sup>2</sup>) και %, για όλο το κτήριο, για μη μονωμένο κτήριο

Μήνας	Μονωμένο κτήριο με πράσινη στέγη (kWh/m <sup>2</sup> )	Μονωμένο κτήριο χωρίς πράσινη στέγη(kWh/m <sup>2</sup> )	Διακύμανση ψυκτικού φορτίου για μονωμένο κτήριο%
Μάιος	1,29	1,93	-33
Ιούνιος	4,87	5,72	-15
Ιούλιος	8,14	8,95	-9
Αύγουστος	11,19	11,88	-6
Σεπτέμβριος	5,61	6,01	-7

**Πίνακας 4.4:** Η διακύμανση του ψυκτικού φορτίου(kWh/m<sup>2</sup>) και %,για όλο το κτήριο, για μονωμένο κτήριο

Μήνας	Διακύμανση ψυκτικού φορτίου για μη μονωμένο κτήριο και για τελευταίο όροφο %	Διακύμανση ψυκτικού φορτίου για μονωμένο κτήριο και για τελευταίο όροφο %
Μάιος	-87	-76
Ιούνιος	-48	-37
Ιούλιος	-35	-19

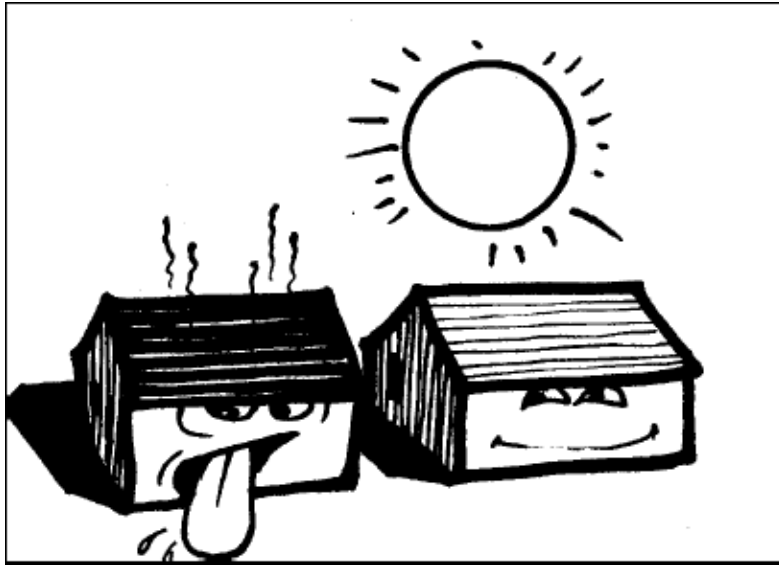
**Πίνακας 4.5:** Διακύμανση ψυκτικού φορτίου για τον τελευταίο όροφο του κτηρίου

### **Εφαρμογή**

Η φύτευση του δώματος που έχουμε επιλέξει, είναι εκτατικού φορέα. Ο λόγος για αυτή την επιλογή μας, είναι ότι δεν είχαμε μεγάλη έκταση. Έτσι λοιπόν τοποθετήσαμε μικρά φυτά, ύψους το πολύ έως είκοσι εκατοστών, για την ταυτόχρονη εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων του φυτεμένου δώματος και την χρήση από τους ενοίκους.



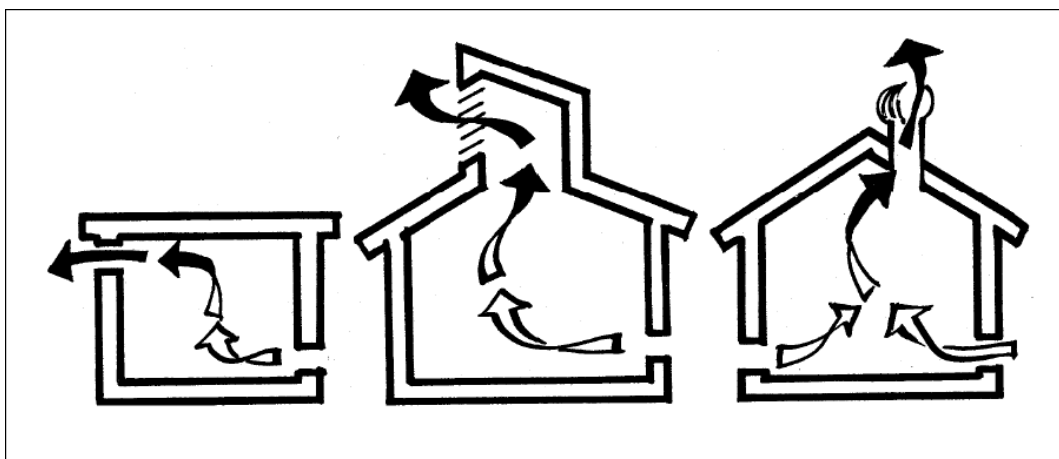
#### 4.6.2.5. Σκίαση από γειτονικά κτήρια



Εικόνα 4.46: 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 .

#### 4.7. Φυσικός αερισμός

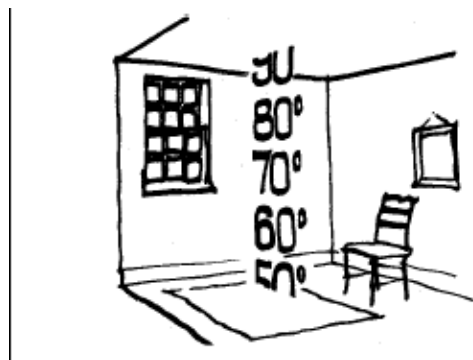


Εικόνα 4.47: Φυσικός αερισμός

#### 4.7.1. Εισαγωγή

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 (Εικόνα 4.47).

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.[59,61]



**Εικόνα 4.48:** 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.

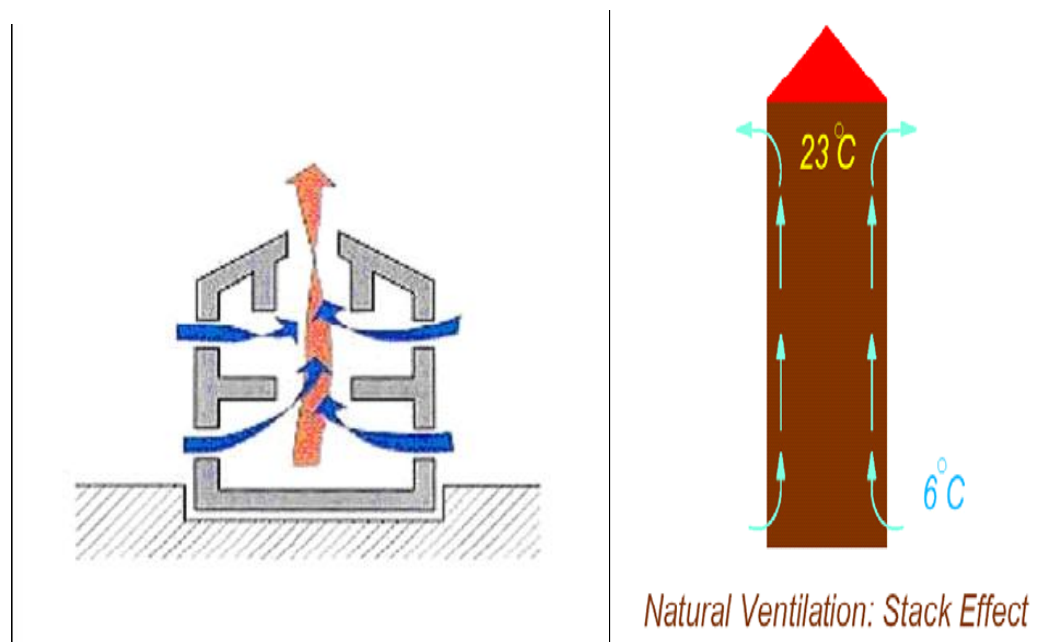
Εν γένει ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

- 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 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 η πίεση του. Η μειωμένη αυτή πίεση δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσει το θερμό αέρα από το κτήριο (Εικόνα 4.49).

### **Φαινόμενο Καμινάδας**

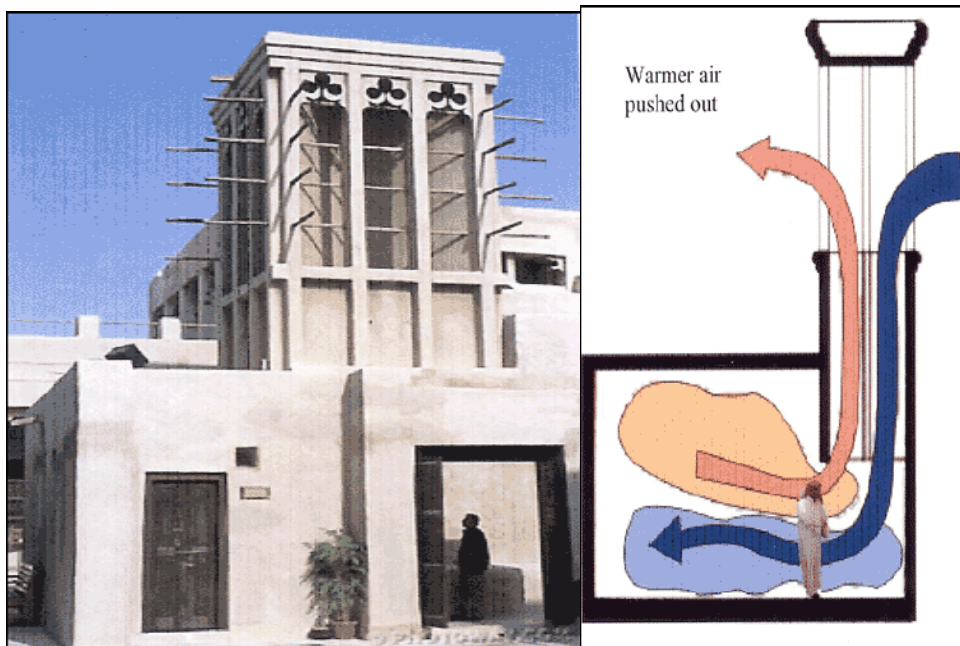


**Εικόνα 4.49:** Φαινόμενο Καμινάδας

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.[59]

#### 4.7.2. Πύργος αερισμού

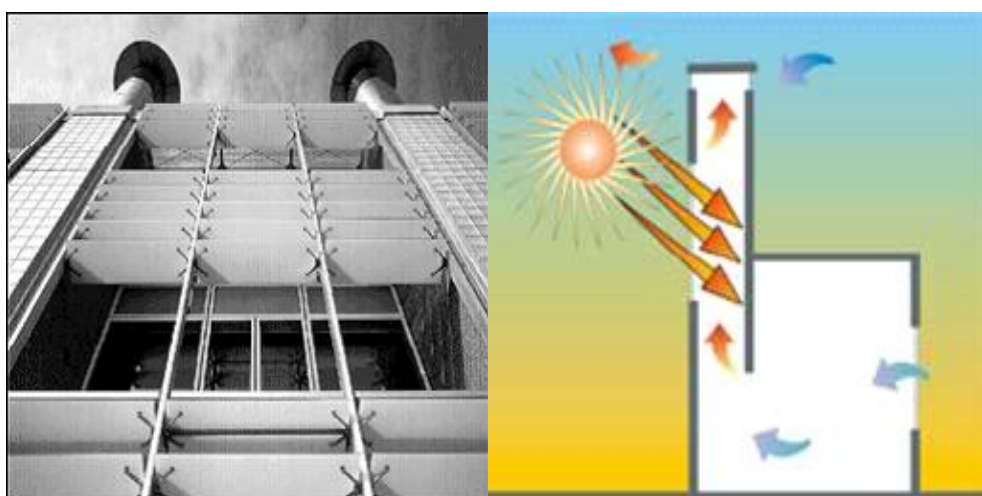


Εικόνα 4.50: Πύργος Αερισμού

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 (Εικόνα 4.50). 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.

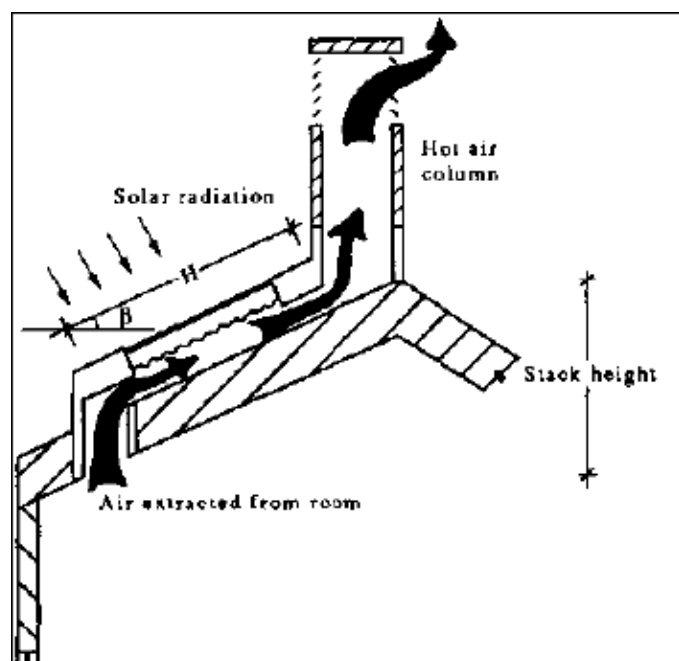
### 4.7.3. Ηλιακή καμινάδα

Φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο). Εκμεταλλεύεται τον ήλιο για να θερμάνει την εσωτερική της επιφάνεια.. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi (βλέπε παραπάνω) και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους.[59]



Εικόνα 4.51: 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(Εικόνα 4.51).



Εικόνα 4.52: Ηλιακή Καμινάδα

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.[61]

#### 4.7.4. Διαμετρής 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° 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.[1]

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 ανεμοθράυστες, 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.[3]

#### **4.7.5. 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 κελύφος 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 συμπύκνωσης 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.[59]

Μελέτη του ΚΑΠΕ, διερεύνησε τη θερμική συμπεριφορά ενός αεριζόμενου στοιχείου οροφής σε κλιματικές συνθήκες θερμών και ψυχρών μηνών. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, σε σχέση με συμβατική οροφή φαίνονται στον Πίνακα 4.6 .

*Μείωση θερμικών απώλειες αεριζόμενης / συμβατικής οροφής*

Περίοδος	Λιάκενο (cm)	Ημέρα	Νύκτα
Καλοκαίρι	8	45%	-18%
	6	56%	-13%
Χειμώνας	6	70%	-11%
	8	28%	-10%

**Πίνακας 4.6:** Σύγκριση συμπεριφοράς αεριζόμενης με συμβατική οροφή (θετικό πρόσημο: καλύτερη συμπεριφορά, αρνητικό πρόσημο : χειρότερη συμπεριφορά)



## **Εφαρμογή**

Θεωρήσαμε απαραίτητη την μελέτη του διαμπερής αερισμού, έτσι ώστε να επιτύχουμε την ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη. Αποτέλεσμα της εφαρμογής αυτής είναι η ευεξία των ενοίκων. Αναλυτικότερα, στο σαλόνι έχει τοποθετηθεί φεγγίτης στο πάνω μέρος των δύο μικρών ανοιγμάτων, στην ανατολική όψη. Άλλος ένας μικρός φεγγίτης έχει τοποθετηθεί στον βορρά στο παιδικό δωμάτιο, έτσι ώστε να εκμεταλλευόμαστε την βορινή θερινή αύρα. Τέλος, όλα τα ανοιγόμενα σημεία που υπάρχουν στο υαλοστάσιο του αιθρίου λειτουργούν ως συστήματα αερισμού.

## **4.8. Φυσική Ψύξη-Δροσισμός**

### **4.8.1. Εισαγωγή**

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[61]:

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

#### 4.8.2. 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. Όταν η απορρόφηση θερμότητας, γίνεται από θερμό αέρα, εμφανίζεται πτώση της θερμοκρασίας του αέρα, με παράλληλη αύξηση των επιπέδων υγρασίας του.



Εικόνα 4.53: 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 γίνεται 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 (Εικόνα 4.53).[61]

#### 4.8.3. 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 υγρομονώνονται για να αποφεύγονται προβλήματα από την υγρασία στις επιφάνειες 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.[61]

#### 4.8.4. 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<sup>0</sup>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 λίμνη οροφής, η οποία έχει ήδη αναφερθεί.[1,5]

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.[9]

### **Εφαρμογή**

Η εξάτμιση του νερού της πισίνας, σε συνδυασμό με τους κατευθυνόμενους ανέμους από την φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στον νότο, και το διαμπερή αερισμό, εξασφαλίζουμε τον δροσισμό. Στον χώρο του θερμοκηπίου έχουμε τοποθετήσει βαρέλια νερού με τα οποία επιτυγχάνουμε μεγαλύτερη πτώση της εσωτερική θερμοκρασίας λόγω της εξάτμισης. Επιπλέον ο δροσισμός στο υπόγειο δημιουργείται μέσω τις μεταφοράς της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους δημιουργώντας έτσι συνθήκες θερμικής άνεσης.

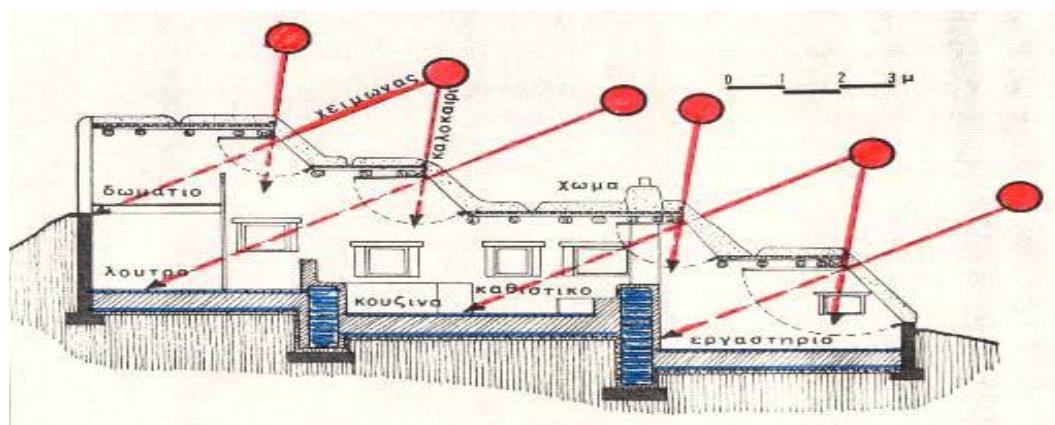


**Εικόνα 4.54:** Δροσισμός με εκμετάλλευση του υγρού στοιχείου

## Κεφάλαιο 5. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

### 5.1 Εισαγωγή

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



Εικόνα 5.1 : Κτήριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, σε κλιμακωτή διάταξη

- **Παθητικά ηλιακά συστήματα** είναι εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτηρίου και χρησιμοποιούν, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα).[11]
- Τα **ενεργητικά ηλιακά συστήματα** απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων – απλών μέχρι υψηλής τεχνολογίας (αντλίες θερμότητας, εναλλάκτες θερμότητας, κλπ)- και προϋποθέτουν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε. Ηλιακοί συλλέκτες που θερμαίνουν νερό ή αέρα, το οποίο στη συνέχεια διοχετεύεται στο σύστημα διανομής της θερμότητας στο χώρο με τη μεσολάβηση εναλλάκτη θερμότητας αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα.[11,80]

- Τα **υβριδικά** είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική ροή θερμότητας. Βασίζονται στην παθητική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, παρεμβάλλοντας συγχρόνως μηχανικά συστήματα χαμηλής κατανάλωσης και απλής κατασκευής. Για παράδειγμα, η προσθήκη ενός ανεμιστήρα σε ένα παθητικό σύστημα, για να υποβοηθήσει τη μεταφορά θερμότητας στους πίσω χώρους του κτηρίου ή ενός θερμοστάτη για να υπάρχει έλεγχος της θερμότητας που αποδίδεται, μετατρέπουν ένα παθητικό ηλιακό σύστημα σε υβριδικό.[5,4]

## 5.2 Θέρμανση και Δροσισμός

### 5.2.1 Εισαγωγή

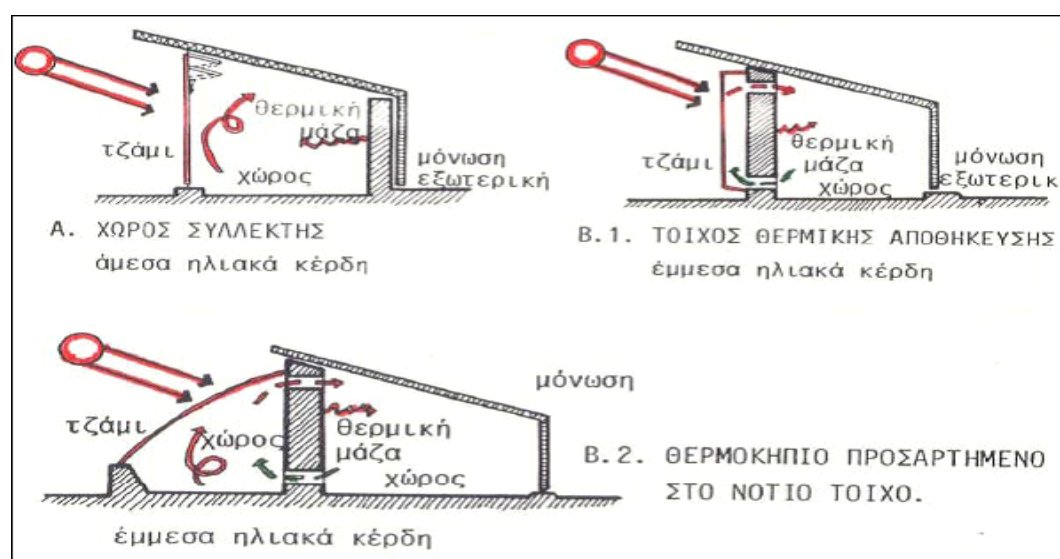
Πρόκειται για συστήματα που παρέχουν στο κτήριο θέρμανση και δροσισμό από την εκμετάλλευση των φυσικών πηγών ενέργειας, καθώς και των στοιχείων απορρόφησης ενέργειας. Καθημερινά, η γη δέχεται από τον ήλιο μια εντυπωσιακή ποσότητα θερμότητας που αποβάλλεται προς τον ουρανό κυρίως μέσω της νυχτερινής επανακτινοβολίας. 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).[11]

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
- Τα κατάλληλα δομικά στοιχεία (μονώσεις, χρώματα, κονιάματα, υαλοπίνακες, στοιχεία τοιχοποιίας)
- 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 (Εικόνα 5.2) 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.[4]



Εικόνα 5.2: Παθητικά Ηλιακά Συστήματα



## **Διαχωρισμός Συστημάτων Ηλιακών κερδών**

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους από θερμική άποψη, χωρίζονται στις εξής κατηγορίες ανάλογα:

### **5.2.2 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους**

#### **Εισαγωγή**

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτηρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτηρίου. Στην περίπτωση αυτή, το κτήριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας.

Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμότητα που αποθηκεύεται, αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθόλη τη διάρκεια του 24ωρου. Είναι σημαντικό, ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτηρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών, αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα.

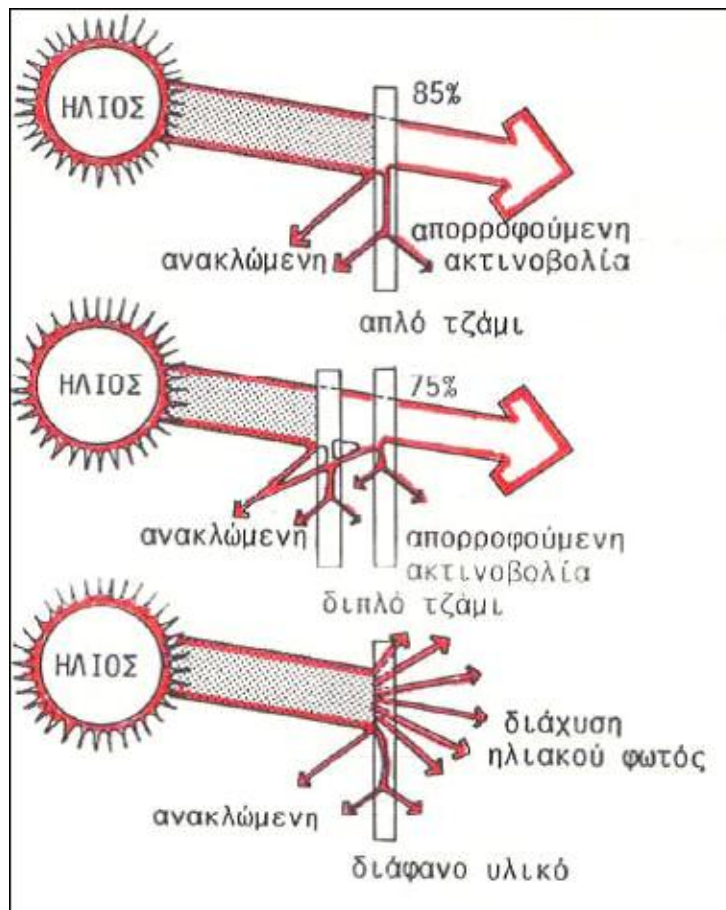
Έτσι ομαλοποιούνται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο -καθώς η θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη που έχει αποθηκευτεί απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτηρίου- αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τις περιόδους με μεγάλη ηλιοφάνεια και η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (απογευματινές και νυχτερινές ώρες).

Στη θερινή περίοδο, με το άνοιγμα των παραθύρων το βράδυ και τη δημιουργία *νυχτερινού αερισμού*, πραγματοποιείται η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων, ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας.[80]

Η διαφορά ενός κτηρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους» από ένα κτήριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του(εικόνα 5.2)και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα.

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

Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.[24]



Εικόνα 5.3: Ποσοστό του ηλιακού φωτός που διαπερνά το γυαλί

## Απόδοση του συστήματος άμεσου ηλιακού κέρδους

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

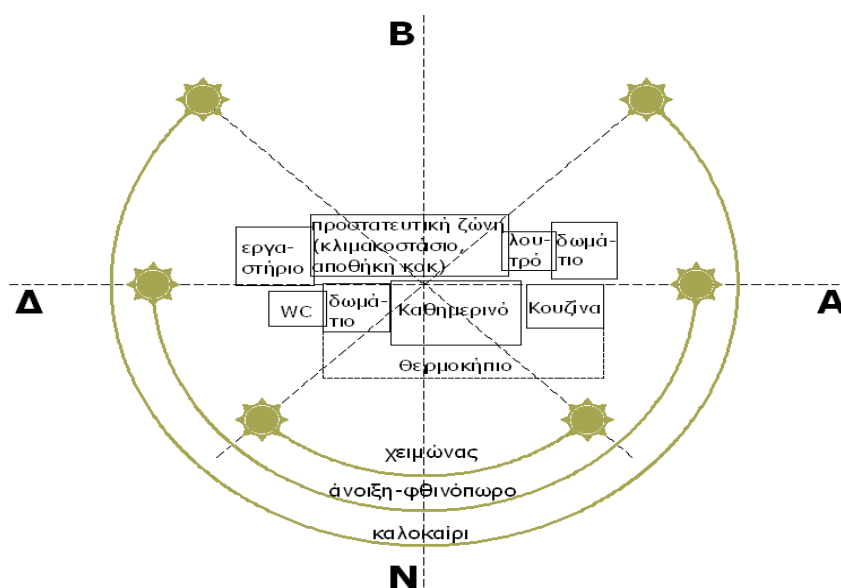
- στην περίοδο ηλιασμού του ανοίγματος:

Η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να εισέρχεται στο κτήριο το χειμώνα και να αποτρέπεται το καλοκαίρι. Ο προσανατολισμός και η κατάλληλη ηλιοπροστασία συμβάλλουν σε αυτό.

Η νότια πρόσοψη ή με απόκλιση 30ο ανατολικά ή δυτικά από το Νότο δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους, με τον πιο ευνοϊκό τρόπο (Εικόνα 5.4): τη μέγιστη μέση τιμή στη χειμερινή περίοδο και την ελάχιστη μέση τιμή στη θερινή.

Επίσης δέχεται τη μεγαλύτερη διάρκεια ηλιασμού στη χειμερινή περίοδο. Μονώροφα κτήρια με μικρό βάθος, τοποθετημένα με την κύρια όψη τους στο Νότο, ή πολυώροφα κτήρια με νότια πρόσοψη ή κλιμακωτές διατάξεις κτηρίων, για να εκμεταλλεύονται το νότιο προσανατολισμό, είναι αρχιτεκτονικές συνθέσεις που ευνοούν την εφαρμογή του συστήματος άμεσου κέρδους.

Τέλος το άνοιγμα πρέπει να τοποθετείται σε τέτοια θέση στην όψη του κτηρίου ώστε να δέχεται ηλιακή ακτινοβολία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διάρκεια. Παράθυρα οροφής, πριονωτές στέγες, φεγγίτες κλπ. Εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία και συμβάλλουν στη διανομή της ακόμη και σε χώρους με δυσμενή προσανατολισμό (π.χ. βορινό).[9,5,99]



Εικόνα 5.4: Προσανατολισμός κοινόχρηστων χώρων για βέλτιστη συσσώρευση ηλιακής ενέργειας

Τα ανοίγματα που είναι προσανατολισμένα στο Νότο (ή  $\pm 30^\circ$ ) δέχονται περίπου το 90% της ημερήσιας ακτινοβολίας, αλλά απαιτούν ηλιοπροστασία για την αποφυγή της υπερθέρμανσης τη θερινή περίοδο. Ανοίγματα σε ανατολικό, δυτικό προσανατολισμό συνεισφέρουν επίσης, αλλά σε μικρότερο βαθμό, στη θέρμανση του χώρου. Και σ' αυτούς τους προσανατολισμούς απαιτείται ηλιοπροστασία για τον έλεγχο των θερμικών κερδών τη θερινή περίοδο.

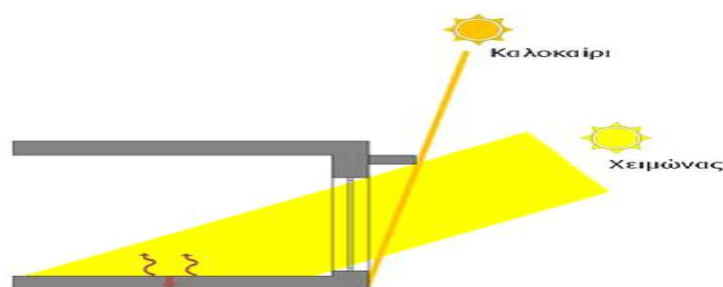
Με τη χρήση εξωτερικών ανακλαστήρων (υλικά με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας, η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο άνοιγμα μπορεί να αυξηθεί έως και 40%. Ανακλαστικές επιφάνειες ή επιστρώσεις μπορεί επίσης να τοποθετηθούν στο εσωτερικό του κτηρίου για να κατευθύνουν την ηλιακή ακτινοβολία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

Σε σχέση με την κλίση, το κατακόρυφο νότιο υαλοστάσιο είναι προτιμότερο από το κεκλιμένο, γιατί το καλοκαίρι σκιάζεται ευκολότερα, ενώ το χειμώνα δέχεται εξίσου με το κεκλιμένο σημαντική ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Γενικά η κατανομή των ανοιγμάτων επιλέγεται έτσι ώστε να διανέμεται η θερμότητα σε όλο τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου. Επίσης τα ανοίγματα διατάσσονται με τέτοιο τρόπο στην όψη ώστε η θερμική μάζα για την αποθήκευση να δέχεται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Δε θα πρέπει να παραβλέπεται και η συμβολή του ανοίγματος στην ποσότητα και ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού.[11]

- στην ηλιοπροστασία:

Η ηλιοπροστασία είναι απαραίτητη, επειδή το μεγάλο μέγεθος των ανοιγμάτων για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να έχει ως συνέπεια την υπερθέρμανση του χώρου, ακόμη και κατά την περίοδο θέρμανσης.

Ο κατάλληλος συνδυασμός και η διαστασιολόγηση εξωτερικών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων μπορεί να διασφαλίσει αποτελεσματικό ηλιακό έλεγχο και μείωση των ψυκτικών φορτίων τη θερινή περίοδο.



Εικόνα 5.5: Αποφυγή ηλιακής ενέργειας τη θερινή περίοδο με χρήση ηλιοπροστασίας.

- *στην επιλογή του υαλοστασίου:*

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

Για την αύξηση της απόδοσης του συστήματος το χειμώνα εφαρμόζεται στα ανοίγματα νυχτερινή κινητή θερμομόνωση, που περιορίζει τις θερμικές απώλειες το βράδυ. Ενδείκνυται ειδικά θερμομονωμένα φύλλα ασφαλείας και θερμομονωτικά πετάσματα.[24]

Ακόμη και η χρήση συμβατικών ρολών μειώνει τις θερμικές απώλειες από το άνοιγμα περίπου κατά 30%, και τα βενετικά στόρια και οι κουρτίνες κατά 5%.

Όσο μεγαλύτερο είναι το άνοιγμα τόσο πιο επιτακτική είναι η εφαρμογή νυχτερινής μόνωσης. Στην αντίθετη περίπτωση, το άνοιγμα μπορεί να αποδώσει αρνητικά στο σύνολο του 24ωρου, καθώς επιτρέπει, λόγω μεγέθους, αυξημένες θερμικές απώλειες τη νύχτα. Η χρησιμοποίηση συστημάτων αυτόματου ελέγχου βελτιώνει τη λειτουργία της κινητής μόνωσης των ανοιγμάτων, ιδιαίτερα σε κτήρια του τριτογενούς τομέα.

- *στην απαίτηση για φυσικό φωτισμό του κτηρίου με σύγχρονη αποφυγή θάμβωσης, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου.*

Η χωροθέτηση και διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων σε σχέση με το βάθος του φωτιζόμενου χώρου, η προστασία των ανοιγμάτων και η λαμπρότητα των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου πρέπει να συνυπολογίζονται. Επίσης για την επιλογή του υαλοπίνακα, εκτός από το συντελεστή θερμοπερατότητας θα πρέπει να παίρνεται υπόψη διαπερατότητά του στη φωτεινή ακτινοβολία και να συνεκτιμώνται το επίπεδο του φυσικού φωτισμού που παρέχεται και οι συνθήκες οπτικής άνεσης.[11]

## Θερμική Άνεση

Το σύστημα του άμεσου ηλιακού κέρδους συνδέεται με τον προσδιορισμό των επιφανειών θερμικής αποθήκευσης, γιατί η ποσότητα της θερμότητας που αποθηκεύεται στη διάρκεια της ημέρας, αποδίδεται σταδιακά τη νύχτα, καθορίζοντας έτσι αφενός την απόδοση του συστήματος και αφετέρου τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας, άρα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Με άλλα λόγια, αυτό που επιδιώκεται είναι, αφενός η επάρκεια θερμικής μάζας έτσι ώστε η αποθήκευση θερμότητας να καλύπτει τις ανάγκες του κτιρίου περισσότερες ώρες, επομένως η εφεδρική θέρμανση να λειτουργεί όσο το δυνατόν λιγότερες ώρες, αφετέρου η θερμοκρασία στο χώρο να μην παρουσιάζει μεγάλες αυξομειώσεις –πολύ υψηλή το μεσημέρι ή πολύ χαμηλή το βράδυ.

Τα κριτήρια που ρυθμίζουν την αποθηκευτική ικανότητα των δομικών στοιχείων της κατασκευής είναι τα εξής:

- η θέση της μάζας αποθήκευσης
- το μέγεθός του
- η κατανομή της στον εσωτερικό χώρο.

Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, προέκυψε ότι η επιφάνεια της θερμικής αποθήκευσης πρέπει να είναι πολλαπλάσια σε σχέση με την γυάλινη επιφάνεια συλλογής της ηλιακής θερμότητας –μέχρι και 9 φορές μεγαλύτερη. Και, βεβαίως, τα υλικά αυτής της μάζας πρέπει να έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα. Θεωρείται ότι ένας τοίχος πάχους 10 εκ. αποθηκεύει επαρκή θερμότητα, ενώ το μεγαλύτερο από 20 εκ. πάχος του τοίχου δεν προσφέρει καλύτερη απόδοση στο σύστημα. Επίσης, εφόσον πρόκειται για δάπεδο, το πάχος της πλάκας αποτελεί επαρκή μάζα για θερμική αποθήκευση, αρκεί η επίστρωση να γίνεται από υλικά βαριά, κεραμικά πλακάκια, μάρμαρο ή πλάκες.[2]

## **Εφαρμογή**

Όπως έχουμε προαναφέρει, τοποθετήσαμε μεγάλα ανοίγματα στον νότιο προσανατολισμό, για την εξασφάλιση άμεσου ηλιακού κέρδους. Τα υαλοστάσια αυτών είναι από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, τα οποία αποτρέπουν στην θάμβωση. Με την βοήθεια κατάλληλων σκίαστρων, αποτρέπουμε την υπερθέρμανση των χώρων κατά τους θερινούς μήνες.

### **5.2.3 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους**

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους βασίζονται στην εξής αλληλουχία θερμικής λειτουργίας:

**Ήλιος-> συλλογή (γυάλινη επιφάνεια) -> αποθήκευση (θερμική μάζα) -> θέρμανση (εσωτερικός χώρος)**

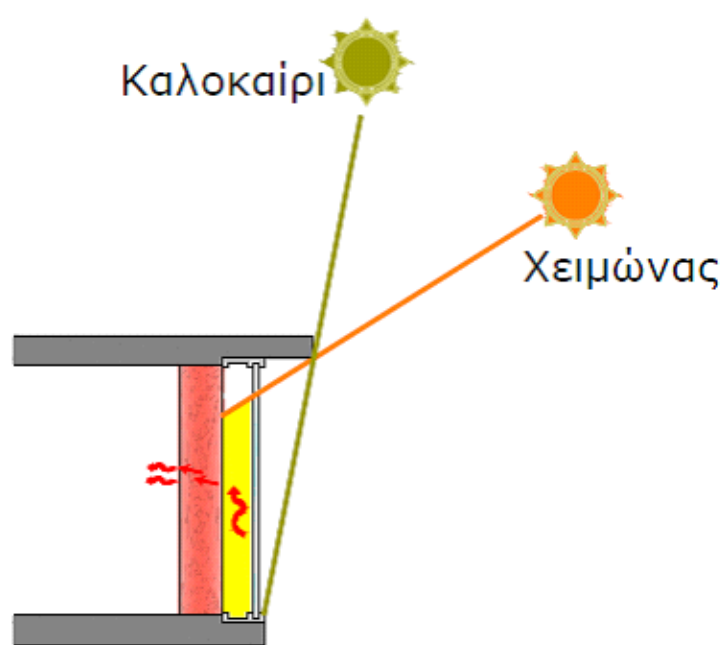
Ηλιακοί τοίχοι οι οποίοι αποτελούνται από τοιχοποιία συνδυαζόμενη με υαλοστάσιο που τοποθετείται εξωτερικά. Μπορεί να πρόκειται για αμόνωτο τοίχο-τοίχος ηλιακής συλλογής και θερμικής αποθήκευσης- ή θερμομονωμένο τοίχο με θυρίδες- θερμοσιφωνικό πανέλο.

#### **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. [16]

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.



**Εικόνα 5.6:** Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης

Στην κατηγορία αυτή είναι:

- Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση
- Τοίχοι μάζας Trombe
- Τοίχος Barra Constantini
- Τοίχοι νερού
- Θερμοσιφωνικό πάνελο
- Οροφή νερού



*Στα συστήματα αυτά ανήκουν και οι χώροι θερμικής αποθήκευσης:*

7. Θερμοκήπια, προσαρτημένα στη νότια όψη του κτηρίου
8. Ηλιακά αίθρια

### **5.2.3.1 Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης**

#### **5.2.3.1.1 Εισαγωγή**

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 στην εσωτερική του πλευρά. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία του τοίχου και την μέγιστη εσωτερική αντίστοιχα, η οποία θα είναι ελαττωμένη κατά το ποσό θερμότητας που απορροφήθηκε από τη μάζα του τοίχου, ονομάζεται χρονική υστέρηση, όπως έχει ήδη αναφερθεί.[16]

Αυξανόμενου του πάχους και της θερμοχωρητικότητας του τοίχου, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη χρονική υστέρηση και γι' αυτό έχω μειωμένο άμεσο θερμικό κέρδος. Επιθυμητή είναι η υστέρηση 6-8 ωρών, ώστε να αξιοποιούμε την θερμική συλλογή του τοίχου κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η θερμική μόνωση συμμετέχει επίσης σημαντικά στην απόδοση αυτού του ηλιακού συστήματος.[7]

#### **5.2.3.1.2 Τοίχος Trombe**

Πρόκειται για τοίχο θερμικής αποθήκευσης, που μελετήθηκε ιδιαίτερα στη Γαλλία από τους F.Trombe και J.Michel, κατασκευασμένος από μπετόν, 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.[39]

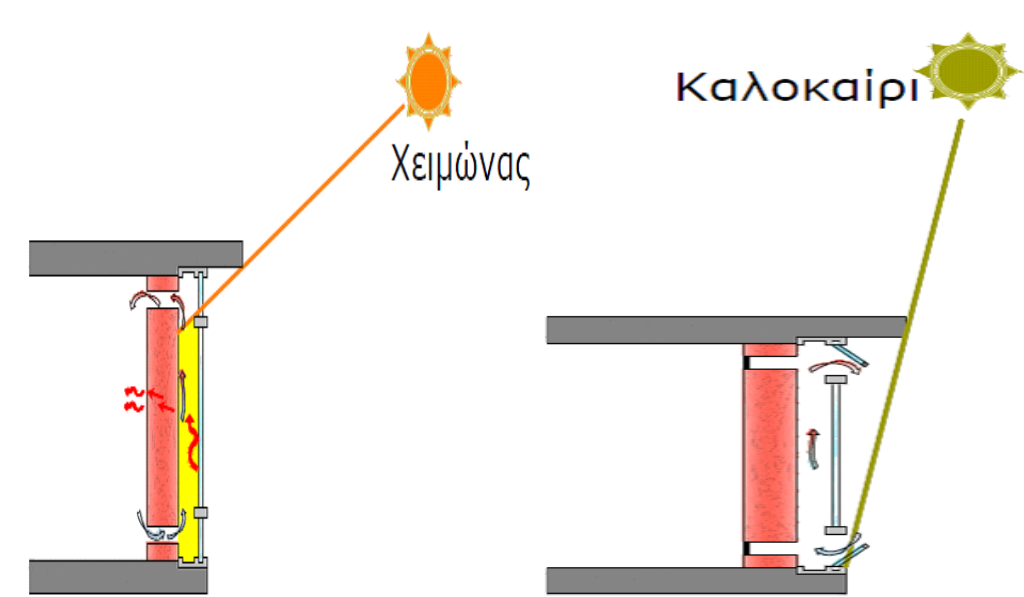
Ο τοίχος είναι συνήθως πάχους 30-40cm, βαμμένος σε σκούρο χρώμα από την εξωτερική του πλευρά για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Συνδυάζεται με μια γυάλινη επιφάνεια (υαλοστάσιο) σε απόσταση 3 cm περίπου.

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.[39]

Η λειτουργία του ηλιακού αυτού τοίχου βασίζεται στην φυσική κυκλοφορία του αέρα ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο και μέσα από τις θυρίδες, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας (Ο θερμός αέρας ανεβαίνει στα υψηλότερα επίπεδα λόγω της μικρότερης πυκνότητας του και ο ψυχρός αέρας καταλαμβάνει τα χαμηλότερα στρώματα).

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.[39,11]



**Εικόνα 5.7:** Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (τοίχος Trombe-Michelle)

## **Παραλλαγές Τοίχου Trombe**

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες παραλλαγές του τοίχου Trombe [60], 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.

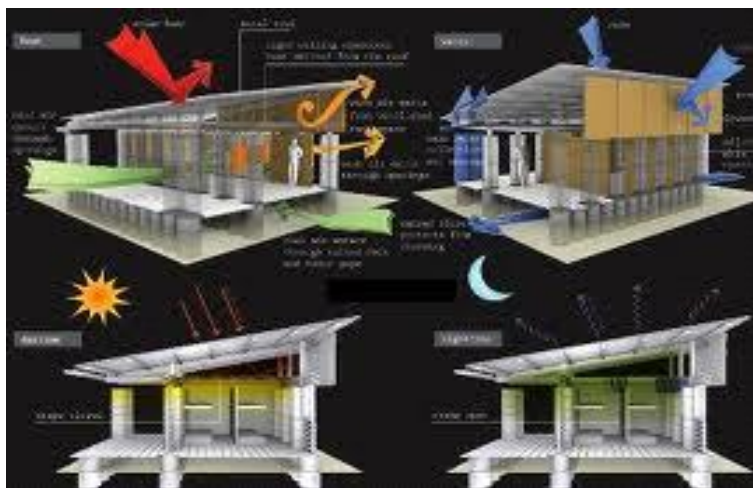
Απορροφά όλη σχεδόν την ακτινοβολία από το ορατό μέρος του ηλιακού φάσματος και εκπέμπει πολύ μικρό μέρος στην κλίμακα της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η υψηλή απορροφητικότητα των επιφανειών των τοίχων μετατρέπει το φως σε θερμότητα, ενώ η χαμηλή ανακλαστικότητα προφυλάσσει από την ακτινοβολία της θερμότητας προς το τζάμι.[7,39,16]

### **5.2.3.1.3 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.λπ. 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(Εικόνα 5.8).

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.[40,11]



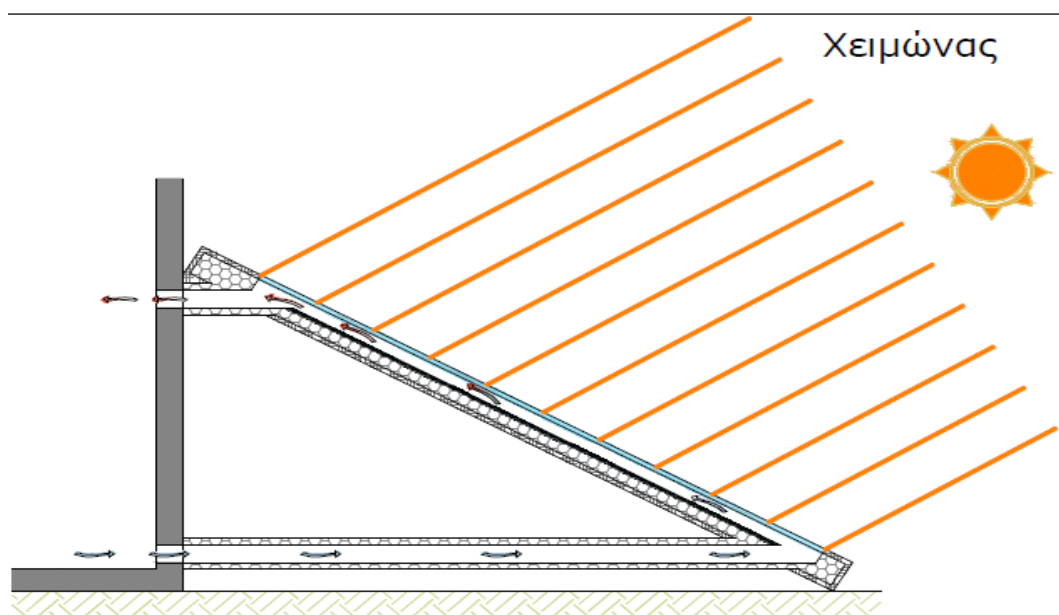
Εικόνα 5.8: Τοίχος νερού

#### 5.2.3.1.4 Θερμοσιφωνικό πάνελο / 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 πανέλου 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(Εικόνα 5.9). Σε αυτό το σύστημα, έχουμε ένα νότιο τοίχο από συμβατικά υλικά (μπετόν, τούβλα κ.λπ.), 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.[41,42]

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 νυχτερινός αέρας μπορεί να εισέλθει μέσω των κάτω θυρίδων, παρέχοντας δροσισμό.[7]



**Εικόνα 5.9:** Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πάνελου

### 5.2.3.2 Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη

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. [21,52]

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.

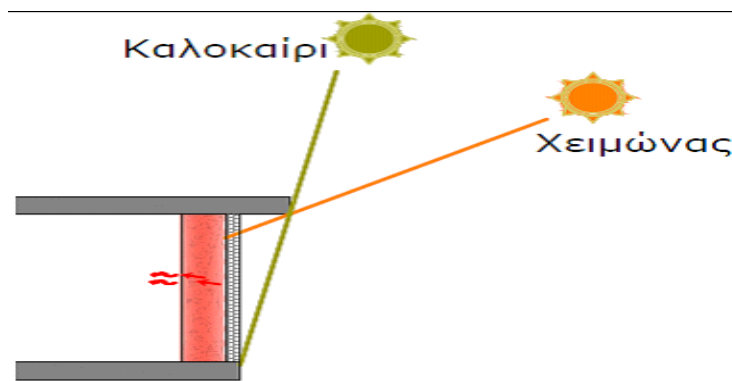
Μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο κόστος της κατασκευής, οι στατικές επιβαρύνσεις του κτηρίου, καθώς επίσης και η μειονεκτική διαστρωμάτωση του νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το ζεστό νερό βρίσκεται στην επιφάνεια της λίμνης και όχι στο πυθμένα που γειτνιάζει με τον εσωτερικό 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.[9]

### **5.2.3.3 Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση**

Πρόκειται για τοίχο νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$ , με υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (συνήθως τούβλο), εξωτερικά του οποίου τοποθετείται διαφανής μόνωση χωρίς επίχρισμα.. Η εξωτερική παρειά του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα. Ουσιαστικά πρόκειται για τοίχο μάζας, ο οποίος όμως θερμομονώνεται. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται μεν ο συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών του διαφανούς θερμομονωτικού υλικού (μικρότερος σε σχέση με εκείνον του καθαρού γυαλιού), αλλά καθώς ο τοίχος είναι πλέον θερμομονωμένος, αυξάνουν τα καθαρά κέρδη, σε σχέση με τον τοίχο μάζας.[16]





**Εικόνα 5.10:** Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση

Η διαφανής μόνωση είναι θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής. Λόγω της δομής της, επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να διαπεράσει τη μάζα της, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται ηλιακά κέρδη, μικρότερα σε σχέση με τα ηλιακά κέρδη καθαρού τζαμιού, με πολύ μικρότερες όμως θερμικές απώλειες. Έχει μεγάλη απόδοση, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρότερους μήνες και δεν απαιτεί αυτοματισμούς ή τη συμμετοχή του χρήστη για την ορθή θερμική λειτουργία του συστήματος (Εικόνα 5.10).

Τη θερινή περίοδο πρέπει οπωσδήποτε να σκιάζεται εξωτερικά είτε με προεξοχές είτε με κατακόρυφα, εξωτερικά σκίαστρα, προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου. Ως προς τη χειμερινή του λειτουργία, δε χρειάζεται νυχτερινή θερμική προστασία.

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

- Τον προσανατολισμό και τη σκίαση του τοίχου από τον περιβάλλοντα χώρο, προεξοχές του κτηρίου ή/και εξωτερικά σκίαστρα
- Το διαφανές υλικό και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του (συντελεστής θερμικής διαπερατότητας, συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών)
- Το εμβαδόν της συλλεκτικής επιφάνειας του τοίχου, την απορροφητικότητα και την θερμοπερατότητα.[5]

## Εφαρμογή

Όπως φαίνεται και στις πιο κάτω εικόνες, στην κατοικία μας στον νότιο προσανατολισμό έχουμε τοποθετήσει τρεις τοίχους θερμικής αποθήκευσης. Συγκεκριμένα, εντός του θερμοκηπίου, υπάρχουν δύο τοίχοι θερμικής μάζας από συμπαγές υλικό (σκυρόδεμα) καλυμμένοι με ειδικά υαλοστάσια. Σε συνδυασμό με το θερμοκήπιο (όπου εξηγείται αναλυτικότερα πιο κάτω) προσφέρουν θερμότητα κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ καλύπτονται με κινητά σκίαστρα για την αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι. Επιπλέον, εξωτερικά του master bedroom, υπάρχει τοίχος Trombe, κατασκευασμένος ομοίως με σκυρόδεμα και ειδικό υαλοστάσιο, προσφέροντας θερμότητα το χειμώνα στο δωμάτιο. Τέλος, με την προέκταση της πλάκας σκυροδέματος πάνω από αυτόν, που λειτουργεί σαν σκίαστρο κατά το θέρος αλλά και με την σωστή εφαρμογή του (δηλ. με κλειστή την πάνω θυρίδα και ανοιχτό το υαλοστάσιο) επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης τους μήνες αυτούς.



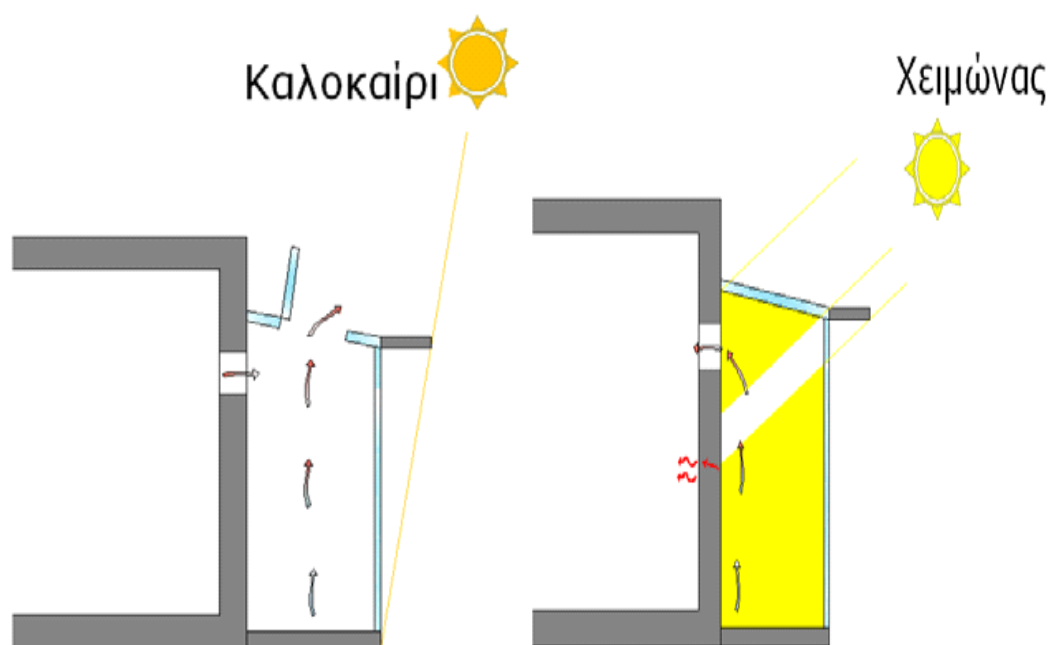
Εικόνα 5.11: Φωτορεαλισμός κατοικίας

## 5.2.4 Ηλιακοί Χώροι

### 5.2.4.1 Θερμοκήπιο

Τα θερμοκήπια στην αρχιτεκτονική έκαναν την εμφάνισή τους τον 19ο αιώνα, κυρίως στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη. Δημιουργούσαν χώρους ημιυπαίθριους, σαν συνέχεια της κατοικίας, με τη μορφή κήπων ή ηλιακών χώρων. Ο μετριασμός των χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών εξασφάλιζε ευχάριστες συνθήκες κατοικησιμότητας και την αίσθηση ότι βρίσκεσαι στο ύπαιθρο, με την πλούσια βλάστηση, που διέθεταν. Ακόμη χρησιμοποίησαν το γυαλί για να καλύψουν και μεγαλύτερους δημόσιους χώρους, όπως πλατείες, κεντρικούς δρόμους, κ.λπ.

Σήμερα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική επανέρχεται στα θερμοκήπια, αλλά για να δημιουργήσει χώρους, που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και την προσφέρουν υπό μορφή θερμότητας στο προσαρτημένο κτίριο. Το θερμοκήπιο βρίσκεται, συνήθως, στη νότια πλευρά του κτιρίου και αποτελεί, κατά κάποιο τρόπο, συνδυασμό ενός παθητικού συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος και τοίχο θερμικής αποθήκευσης, που μεταφέρει έμμεσα τη θερμότητα στον κατοικημένο χώρο. Εφαρμόζεται κυρίως σε κατοικίες.[17]



Εικόνα 5.12: Λειτουργία θερμοκηπίου σε θερινή και σε χειμερινή περίοδο

## Η θερμική συμπεριφορά του θερμοκηπίου

Το θερμοκήπιο την ημέρα, όταν υπάρχει ηλιοφάνεια, λειτουργεί ως διάφανη επιλεκτική επιφάνεια, αφήνοντας να περνά συνολικά η ηλιακή ακτινοβολία, ενώ μειώνει τις απώλειες της θερμότητας (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος), που απορροφάται από τις επιφάνειες και τη θερμική μάζα του θερμοκηπίου. Γι' αυτό, την ημέρα το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου (θερμικά κέρδη μείον θερμικές απώλειες) παραμένει θετικό.

Τη νύχτα όμως το θερμοκήπιο λειτουργώντας ως μαύρο σώμα, αποβάλλει με ακτινοβολία προς την ατμόσφαιρα την θερμότητα που συγκέντρωσε την ημέρα. Το θερμικό κέρδος χάνεται υπό μορφή θερμικών απωλειών και το θερμικό ισοζύγιο πολύ γρήγορα μετατρέπεται σε αρνητικό.

Το συνολικό, ημερήσιο θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου εκφράζεται από μια αισθητή ανύψωση της μέγιστης θερμοκρασίας και από τη διατήρηση της ελάχιστης, σε σχέση με τη διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας, στη διάρκεια του χειμώνα.[17]

Σαν αποτέλεσμα προκύπτει μια διεύρυνση της καμπύλης, που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του θερμοκηπίου. Αν μάλιστα παρθεί υπόψη ότι, το χειμώνα ο χρόνος ηλιοφάνειας είναι το 1/3 της διάρκειας του 24ώρου, τότε συμπεραίνεται ότι το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου, χωρίς καμία προστασία, δε μπορεί παρά να είναι αρνητικό.

Ακόμη, ο αέρας που βρίσκεται μέσα στο θερμοκήπιο περιέχει μεγάλη ποσότητα υδρατμών, λόγω της βλάστησης (αν υπάρχει). Στη διάρκεια της νύχτας, η εσωτερική επιφάνεια του τζαμιού ψύχεται, η θερμοκρασία του αέρα πέφτει προσεγγίζοντας το σημείο κορεσμού, οπότε οι υδρατμοί υγροποιούνται, μουσκεύοντας τις γυάλινες επιφάνειες του θερμοκηπίου. Έτσι αποβάλλεται και η λανθάνουσα θερμότητα των υδρατμών, που χάνεται με αγωγιμότητα και ακτινοβολία προς τα έξω.[11]

Το καλοκαίρι η θερμική συμπεριφορά του θερμοκηπίου αντιστρέφεται. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια της ημέρας είναι αυξημένη. Το εσωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου περνά από συνθήκες υπερθέρμανσης σε μια νυχτερινή, ανεπαρκή ψύξη. Το θερμικό ισοζύγιο παραμένει όλο το 24ώρο θετικό και παρουσιάζεται η ανάγκη αερισμού για μεγαλύτερη ψύξη.

Η εφαρμογή του συστήματος του θερμοκηπίου στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, χωρίς καμία άλλη ρύθμιση και προστασία, οδηγεί σε μια επιβάρυνση των συνθηκών θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο, δημιουργώντας μεγάλες θερμικές απώλειες και ψύξη το χειμώνα, και συνθήκες υπερθέρμανσης, το καλοκαίρι, ιδιαίτερα για κλίματα, όπως η χώρα μας, με μεγάλη ένταση ηλιακής και γήινης ακτινοβολίας.

Ωστόσο, αν εφαρμοστούν οι κατάλληλες ρυθμίσεις, θερμική προστασία το χειμώνα και ηλιοπροστασία το καλοκαίρι, τα μειονεκτήματα αυτά αμβλύνονται, ενώ διατηρούνται τα πλεονεκτήματα του θερμοκηπίου, που μπορεί να αποδειχθεί ένα αρχιτεκτονικό στοιχείο, πολύ χρήσιμο στο ρόλο του, ως ενεργητικού χώρου ανάσχεσης και επιλεκτικού συλλέκτη ηλιακής ενέργειας (Εικόνα 5.12).



**Εικόνα 5.13:** Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κατοικία

### **Η αποτελεσματική απόδοση του συστήματος**

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του προσαρτημένου στο κτίριο θερμοκηπίου είναι:

### 1) Ο προσανατολισμός του θερμοκηπίου

Το θερμοκήπιο, που προσαρτάται στη νότια πλευρά του κτιρίου, σε σχήμα επίμηκες, κατά τον άξονα ανατολή-δύση, αποτελεί την καλύτερη και πιο αποδοτική μορφή για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα. Προϋπόθεση για την αποτελεσματική του λειτουργία, είναι η άμεση σύνδεσή του με τον τοιχοθερμικής αποθήκευσης, στη νότια πλευρά, που διαχωρίζει το εσωτερικό του κτιρίου με τον ηλιακό χώρο.

Αν μάλιστα είναι δυνατόν, το θερμοκήπιο να ενσωματώνεται στο κτίριο, έτσι ώστε να περικλείεται ανατολικά και δυτικά από τοίχους, τότε η αποτελεσματικότητά του είναι μεγαλύτερη, γιατί μειώνεται οι θερμικές απώλειες, ενώ μεταφέρεται θερμότητα μέσα από τους πλαϊνούς τοίχους στους παρακείμενους χώρους.

Τα θερμοκήπια που προσαρτώνται στους άλλους προσανατολισμούς, κυρίως ανατολικά και δυτικά, έχουν κάποια θετική συνεισφορά εφόσον συνδέονται με δομικά στοιχεία μεγάλης θερμικής μάζας, όχι όμως σημαντική. Λειτουργούν κυρίως ως χώροι ανάσχεσης ή εμπόδια θερμικών απωλειών, ιδιαίτερα για τον βορεινό προσανατολισμό. Το καλοκαίρι όμως δημιουργούν σοβαρά προβλήματα υπερθέρμανσης.[17]

### 2) Το μέγεθος του θερμοκηπίου

Το μέγεθος του θερμοκηπίου προσδιορίζεται σε συνάρτηση με το μέγεθος του εσωτερικού χώρου και των αναγκών σε θέρμανση, πράγμα που εξαρτάται από το κλίμα του τόπου, τη δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης της ηλιακής θερμική ενέργειας και τη θερμική προστασία του ίδιου του θερμοκηπίου.

Από μελέτες που έγιναν με τη μέθοδο της προσομοίωσης, προέκυψαν εμπειρικοί κανόνες για τον προσδιορισμό του μεγέθους του θερμοκηπίου σε σχέση με την επιφάνεια του κατοικήσιμου χώρου, για διαφορετικά κλίματα και γεωγραφικά πλάτη, με την προϋπόθεση ότι η μέση εσωτερική θερμοκρασία του χώρου θα κυμαίνεται ανάμεσα σε 18.3-21 °C.[17]

### 3) Η κλίση του υαλοστασίου και τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου.

Η κλίση του υαλοστασίου επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του θερμοκηπίου, γιατί προσδιορίζει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, που προσπίπτει και δεσμεύεται. Η καλύτερη κλίση είναι από 40-70, σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

Για βορειότερα κλίματα, η κλίση μειώνεται σε 30-40, έτσι ώστε να συλλέγεται μεγαλύτερο μέρος της διάχυτης ακτινοβολίας.

Τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου πρέπει να είναι διαφανή, από γυαλί ή πλαστικό, προκειμένου να δεσμεύεται το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας. Τα στοιχεία στήριξης μπορούν να είναι κατασκευασμένα από ξύλο ή μέταλλο.

### 4) Η σύνδεση του θερμοκηπίου με το κτίριο

Είναι προφανές, από όσα αναπτύχθηκαν, ότι το προσαρτημένο στο κτίριο θερμοκήπιο λειτουργεί αποδοτικότερα, όταν συνδέεται με ένα σύστημα θερμικής αποθήκευσης. Την καλύτερη λύση αποτελεί ο διαχωριστικός τοίχος ανάμεσα στο κτίριο και το θερμοκήπιο, όταν είναι κατασκευασμένος από υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας ικανότητας με την εξωτερική του επιφάνεια βαμμένη σε σκούρο χρώμα.

Η λειτουργία του συστήματος είναι παρόμοια με τους τοίχους συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης, με τη διαφορά ότι, η γυάλινη επιφάνεια σε απόσταση 4 εκατοστών από τον τοίχο, αλλά δημιουργείται ένα σημαντικό μεγάλο χώρο, που μπορεί να κατοικηθεί.

Εάν μάλιστα, για μεγαλύτερη και πιο γρήγορη θερμική απόδοση, ο συνδετικός τοίχος συνδυαστεί με τη κίνηση του ζεστού αέρα, προβλέποντας θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του, τότε ξαναεμφανίζεται ο τοίχος trombe με το γνωστό τρόπο λειτουργίας του.[17]

Η αποτελεσματικότητα του συστήματος μπορεί να αυξηθεί, αυξάνοντας τη μάζα θερμικής αποθήκευσης. Αυτό πετυχαίνεται αν χρησιμοποιηθούν βαριά στην κατασκευή του δαπέδου του θερμοκηπίου, ή τοποθετώντας δοχεία νερού μπροστά στον τοίχο.

Η νυχτερινή μόνωση συμβάλλει σημαντικά στην καλύτερη απόδοση του συστήματος. Μπορεί να γίνει με τρόπους απλούς, για παράδειγμα, με την τοποθέτηση κινητού, μονωτικού στοιχείου στην εξωτερική πλευρά του διαχωριστικού τοίχου, ακόμη και ρολού, μια και το θερμοκήπιο τη νύχτα παρουσιάζει πολύ χαμηλές θερμοκρασίες η θερμική προστασία του θερμοκηπίου είναι και δύσκολη και πολυέξοδη. Η πιο απλή λύση είναι να προβλεφθεί διπλός υαλοπίνακας στο υαλοστάσιό του.

Για την περίοδο του καλοκαιριού, προκειμένου να αποφευχθούν συνθήκες υπερθέρμανσης, πρέπει να προβλέπεται το άνοιγμα της οροφής του θερμοκηπίου ή η μερική απομόνωση από το υπόλοιπο κτίριο, έτσι ώστε ο ζεστός αέρας να απομακρύνεται προς τα έξω. Απαραίτητος είναι επίσης και ο καλός αερισμός, εξασφαλίζοντας την είσοδο του αέρα από το κάτω άνοιγμα του υαλοστασίου στο χώρο του θερμοκηπίου.

Όπως έχει προαναφερθεί, το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου μπορεί να είναι αρνητικό αν δεν υπάρχει η συνολική ή η μερική ηλιοπροστασία του χώρου του θερμοκηπίου. Σημαντικό ρόλο επίσης παίζει και η θερμική αδράνεια των τοίχων και του δαπέδου του θερμοκηπίου.

#### 5) Το σύστημα του θερμοκηπίου και η προσαρμογή του στις κλιματικές συνθήκες

Το προσαρτημένο στο κτίριο θερμοκήπιο αποτελεί ένα σύστημα σύνθετο και είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί με τρόπο ελεγχόμενο. Μοιάζει να προσαρμόζεται καλύτερα σε περιοχές, όπου κυριαρχεί η διάχυτη ακτινοβολία, ενώ η γήινη είναι λιγότερο έντονη. Ίσως να είναι αυτός ο λόγος που εμφανίστηκε και αναπτύχθηκε σε περιοχές με ψυχρό κλίμα.[17]



Σε κλιματικές συνθήκες, όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη, το σύστημα του θερμοκηπίου απαιτείται να είναι εξοπλισμένο με ηλιοπροστατευτικά στοιχεία για το καλοκαίρι και με θερμική προστασία για το χειμώνα, προκειμένου να επιβραδύνεται η ψύξη του χώρου, στη διάρκεια της νύχτας.

Για το μεσογειακό κλίμα, παρόλες τις παραπάνω προτεινόμενες προστασίες και παρά την μεγάλη θερμική αδράνεια των χώρων, που συνδέονται με το θερμοκήπιο, αναμένεται να εμφανιστούν εσωτερικές θερμικές διακυμάνσεις, αρκετά σημαντικές, που οφείλονται στο μεγάλο εύρος της εξωτερικής θερμοκρασίας και στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Ωστόσο το θερμοκήπιο έχει σαν πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο στη μεμονωμένη κατοικία, αλλά και σε συγκροτήματα κατοικιών.[11]

Μελέτες που έγιναν στη Γαλλία, οδήγησαν στο σχεδιασμό συγκροτήματος κατοικιών, με εσωτερικό αίθριο, καλυμμένο με γυάλινη οροφή. Η θερμική λειτουργία είναι όμοια με του θερμοκηπίου. Η ελάχιστη θερμοκρασία, που παρατηρήθηκε το χειμώνα, είναι 15<sup>0</sup> C. Το καλοκαίρι, η γυάλινη οροφή ανοίγει, εξασφαλίζοντας τον αναγκαίο αερισμό και ευχάριστες συνθήκες άνεσης. Οι κατοικίες είναι οικονομικές σε κατανάλωση ενέργειας και οι συνθήκες κατοίκησης άνετες και υγιεινές.

Ανάλογη μελέτη έγινε και για την πόλη της Αθήνας, για τους κοινόχρηστους χώρους που δημιουργούνται στο εσωτερικό των οικοδομικών τετραγώνων από τις πολυκατοικίες. Τα συμπεράσματα της μελέτης καθιστούν φανερή την άμεση ανάγκη εξυγίανσης αυτών των χώρων και την μετατροπή τους σε πυρήνες πρασίνου, θερμικά ευχάριστους και κοινωνικά χρήσιμους. Συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας, μειώνοντας τις θερμικές απώλειες των παρακείμενων κατοικιών και αυξάνουν τα ηλιακά, θερμικά κέρδη. Αναβαθμίζουν την ποιότητα του περιβάλλοντος, αντί να αποτελούν εστία σκουπιδιών και μόλυνσης όπως εμφανίζονται σήμερα.[5]

### **Εφαρμογή**

Το θερμοκήπιο είναι ένας από τους σημαντικότερους χώρους, αφού συνεισφέρει στην θέρμανση του μεγαλύτερου τμήματος της κατοικίας μας. Μετά από σωστή μελέτη για την επιλογή των τετραγωνικών του αλλά και με τον κατάλληλο προσανατολισμό του θερμοκηπίου, έχουμε καταφέρει να μεταφέρεται η νότια ηλιακή θερμότητα στους χώρους της σαλονο-τραπεζαρίας αλλά και της κουζίνας κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο κοινός τοίχος του θερμοκηπίου και του σαλονιού αποτελείται από δύο τοίχους θερμικής μάζας με εξωτερικό υαλοστάσιο. Επιπλέον για καλύτερη απόδοση του συστήματος, τα πλαϊνά τμήματα και το πάτωμα του θερμοκηπίου είναι κατασκευασμένα από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας (σκυρόδεμα και πέτρα αντίστοιχα). Πολύ σημαντικό είναι η τοποθέτηση των κινητών σκίαστρων, όπως έχει προαναφερθεί, αλλά και των ανοιγόμενων τμημάτων του, για την αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών για τους ζεστούς μήνες. Τέλος, με τα βαρέλια νερού που υπάρχουν εσωτερικά του θερμοκηπίου, προκαλούμε εξάτμιση του νερού για περεταίρω δροσισμό των ενοίκων.

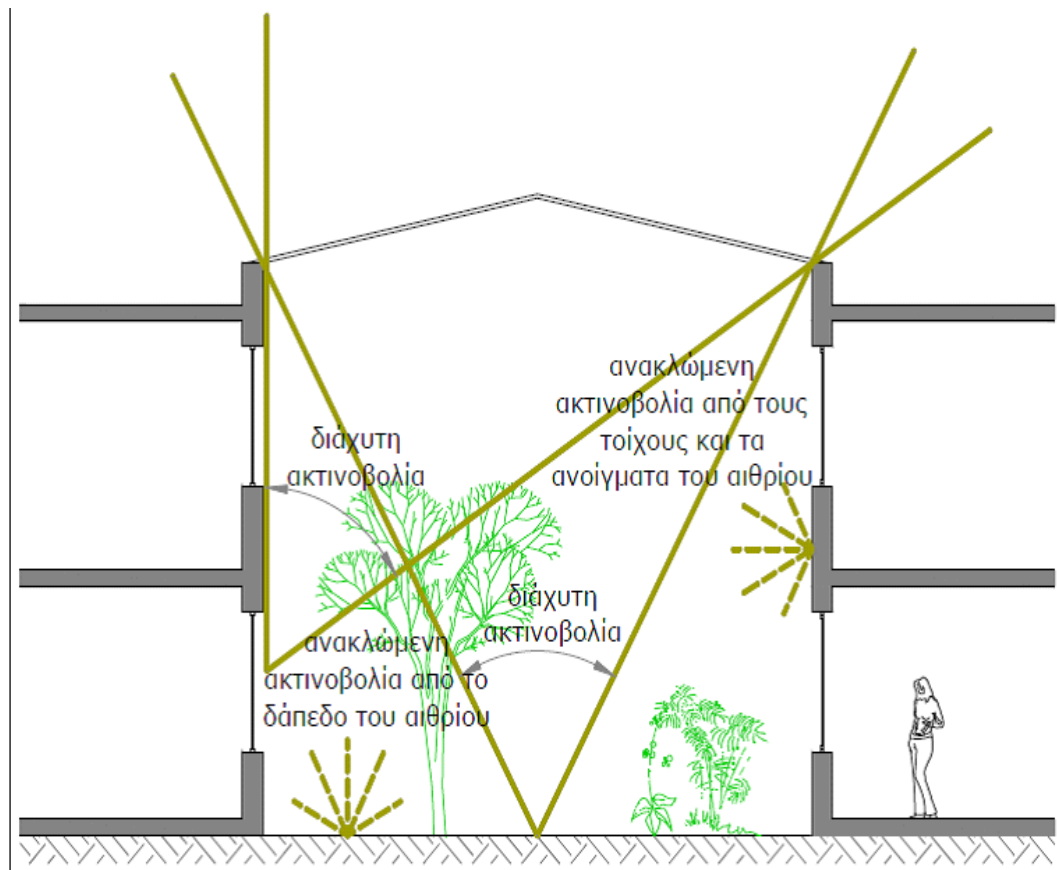


**Εικόνα 5.14:**Κατασκευή νότιου θερμοκηπίου

### 5.2.4.2 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 (Εικόνα 5.15).

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 αίθριου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός. [80,95]



Εικόνα 5.15: Παροχή φυσικού φωτός σε ένα αίθριο

### 5.3 Κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη

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

- στη θέση και τη διανομή των στοιχείων αποθήκευσης:

Τα δομικά στοιχεία που λειτουργούν ως θερμική αποθήκη δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία που έχει διαπεράσει το υαλοστάσιο ή θερμαίνονται από τον αέρα του χώρου που ήδη έχει θερμανθεί. Γενικά, απαιτείται τετραπλάσια θερμική μάζα για να αποθηκεύσει την ίδια ποσότητα θερμότητας, αν αυτή θερμαίνεται έμμεσα από τον αέρα του δωματίου απ' ό,τι αν θερμαίνεται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία.

Το δάπεδο υπερτερεί ως θερμική αποθήκη επειδή συνήθως δέχεται άμεσα την ακτινοβολία, σε αντίθεση με την οροφή. Γενικά, όμως, η κάλυψη του δαπέδου με έπιπλα και χαλιά από τους χρήστες, μπορεί να εμποδίζει την αποθήκευση θερμότητας σε αυτό. Οι τοιχοποιίες από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που δέχονται άμεσα ηλιακή ακτινοβολία (εσωτερικές ή εξωτερικές) είναι πολύ ικανές αποθήκες θερμότητας.[11]

- στο υλικό της θερμικής αποθήκης:

Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοχωρητικότητα του υλικού τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποταμιεύεται. Συγχρόνως, όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου που λειτουργεί ως αποθήκη τόσο μικρότερες είναι οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας. Από τα συνήθη οικοδομικά υλικά το σκυρόδεμα έχει την καλύτερη απόδοση, ενώ τη βέλτιστη έχει το νερό.

- στο μέγεθος της επιφάνειας και το πάχος της θερμικής αποθήκης.

Συνήθως τα πρώτα 10εκ. της θερμικής αποθήκης συμμετέχουν ενεργά και με μεγάλη απόδοση στη διαδικασία της αποθήκευσης, ενώ μετά τα 20εκ. η μάζα δεν έχει σχεδόν κανένα αποτέλεσμα στην ημερήσια αποθήκευση της θερμότητας και στην ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας.[5]

Αντίθετα, μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια θερμικής αποθήκης συμβάλλει σε μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο. Γενικά συνιστάται η ποσότητα της θερμικής μάζας να διανέμεται σε μεγάλη επιφάνεια παρά σε μεγάλο πάχος κατασκευής. Δηλαδή:

Το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους» αποτελείται αφενός από νότια ανοίγματα ή μέχρι 30ο απόκλιση από το Νότο προς την Ανατολή ή τη Δύση, κατασκευασμένα έτσι ώστε να περιορίζουν τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον και εφοδιασμένα με νυχτερινή κινητή μόνωση για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και με ηλιοπροστατευτικό σύστημα για τη μείωση της υπερθέρμανσης και αφετέρου από επαρκή θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτηρίου για την αποθήκευση της θερμότητας, συνήθως στα ίδια τα δομικά στοιχεία του κτηρίου.

#### **5.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα**

Στη συνέχεια αναφέρονται συνοπτικά ορισμένα από τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των παθητικών συστημάτων που συσχετίζονται με την απόδοση, το κόστος, την απλότητα της κατασκευής και την επίδρασή τους στη λειτουργία του κτηρίου.

##### **Σύστημα άμεσου κέρδους**

###### **Πλεονεκτήματα**

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

### Μειονεκτήματα

- Ο κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα.
- Η είσοδος υπερϊόδους ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μπορεί να αλλοιώσει υφάσματα και αντικείμενα.
- Οι σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας που εμφανίζονται εάν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.
- Η μείωση της ιδιωτικότητας.
- Η μεγάλη επιφάνεια θερμικής μάζας που απαιτείται, όταν προβλέπεται ηλιακή συμμετοχή μεγαλύτερη από 50% (ιδιαίτερα σε ψυχρά κλίματα).
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης που απαιτείται για τη μείωση των θερμικών απωλειών.

### Τόιγος θερμικής αποθήκευσης

#### Πλεονεκτήματα

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

#### Μειονεκτήματα

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

### **Προσαρτημένο θερμοκήπιο**

#### Πλεονεκτήματα

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

#### Μειονεκτήματα

- Η θερμική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό και γι' αυτό είναι δύσκολο να προβλεφθεί.
- Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως για το καλοκαίρι, εάν δε ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ηλιοπροστασίας και αερισμού.

### **Θερμοσιφωνικό πανέλο**

#### Πλεονεκτήματα

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

#### Μειονεκτήματα

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

### **Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση**

#### Πλεονεκτήματα

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

### Μειονεκτήματα

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

### Τουγοποιία Trombe

#### Πλεονεκτήματα:

- 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:

- μπορεί να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στον εσωτερικό χρόνο κυρίως όταν η επιφάνεια είναι πολύ μεγάλη.
- είναι πιθανόν να δημιουργούνται θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο λόγω της κίνησης του αέρα από τις θυρίδες αερισμού.[5][7][9]



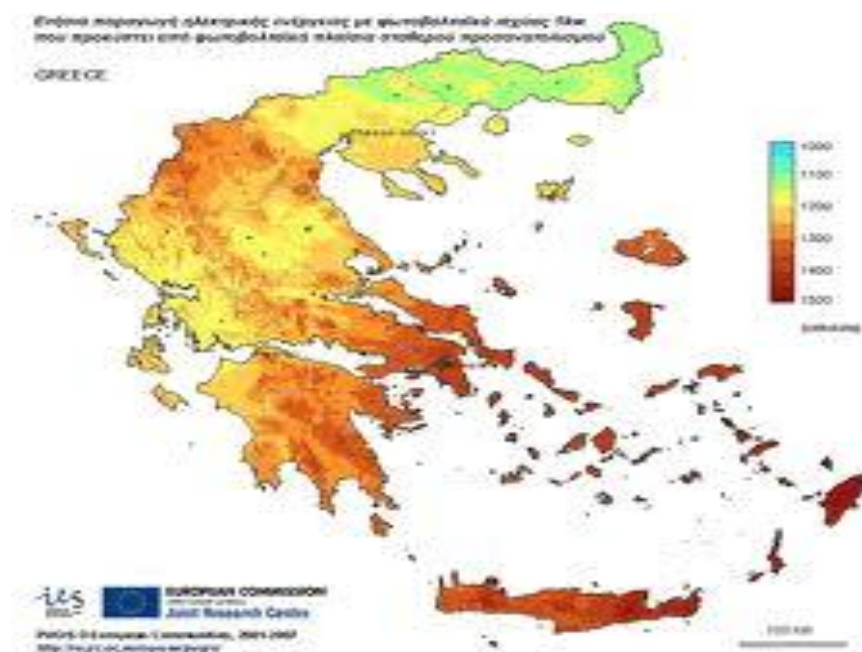
## Κεφάλαιο 6. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

### 6.1 Ηλιακή ενέργεια

#### 6.1.1. Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας, καθώς και η ανάπτυξη του πληθυσμού έχουν σαν άμεσο αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με αρκετά υψηλά ποσοστά ρύπων, που σε πολλές περιοχές της υφελίου έχουν ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια. Μακροπρόθεσμα, η απορρόφηση αυτών των ρυπογόνων ουσιών από τη φύση δεν καθίσταται δυνατή αφού προκύπτουν από ευρεία κατανάλωση οργανικών και μη οργανικών υλικών[79,102].

Και στην εποχή μας προστίθεται και ένας ακόμη λόγος για την χρήση της ηλιακής ενέργειας: ο λόγος αυτός είναι η μεγάλη αύξηση σε αυτές τις νέες τιμές πετρελαίου. Ο ήλιος είναι αναμφισβήτητα μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, και η εκμετάλλευσή του μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στην κάλυψη σημαντικού μέρους των ενεργειακών αναγκών της χώρας (Εικόνα 6.1), τόσο σε βιομηχανικό όσο και οικιακό επίπεδο.



Εικόνα 6.1: Ηλιακός χάρτης Ελλάδος

### **6.1.2. Ιστορική αναδρομή**

Το Φ/Β φαινόμενο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1839, από τον Γάλλο επιστήμονα Becquerel, σε μεταλλικά ηλεκτρόδια Pt, Ag μέσα σε ηλεκτρολύτη. Κάνοντας πειράματα πάνω στις χημικές αντιδράσεις διαφόρων στοιχείων παρατήρησε ότι τα διάφορα μίγματα απέδιδαν μεγαλύτερη ηλεκτρική έξοδο όταν τα εξέθετε στο ηλιακό φως. Το επόμενο βήμα μπροστά έγινε το 1870 όταν ο Γερμανός φυσικός Hertz μελέτησε το φαινόμενο στα στερεά υλικά και συγκεκριμένα στο Σελήνιο και βρήκε αποδόσεις του υλικού της τάξης του 1 -2 %. Εξίσου αξιόλογη πρόοδος έγινε την περίοδο 1937-1954 όταν και κατασκευάστηκαν διάφορα Φ/Β στοιχεία.[102,37]

### **6.1.3. Ορισμός Ηλιακής Ενέργειας**

Ως ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως, η φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια, καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα (τα οποία έχουν αναλυθεί παραπάνω) και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.[7,29,79,102]

#### 6.1.4. Φωτοβολταϊκά



**Εικόνα 6.2:** Φωτοβολταϊκό πάρκο

##### 6.1.4.1. Ορισμός

Με τον γενικό όρο Φ/Β χαρακτηρίζονται οι διατάξεις μετατροπής της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα Φ/Β συστήματα έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.[29,37,44]

##### 6.1.4.2. Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Οι ηλιακές κυψέλες, κοινώς τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, είναι «συσκευές» που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Κατά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το ηλιακό φως που «πέφτει» σε έναν ημιαγωγό δυο στρωμάτων δημιουργεί ηλεκτρικό δυναμικό μεταξύ τους. Η τάση αυτή μπορεί να ενεργοποιήσει μια ανάλογης τάσης και ισχύς, συσκευή.[79]

#### **6.1.4.3. Τύποι Φ/Β**

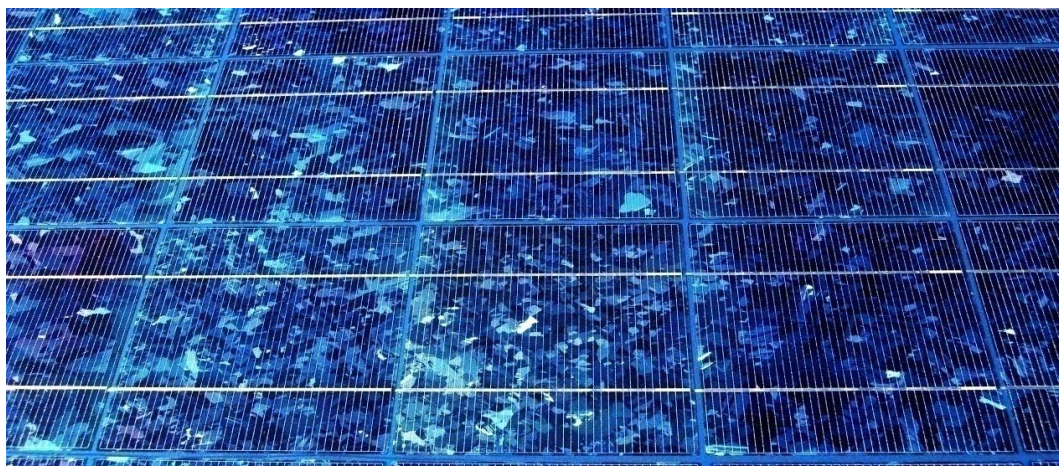
Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα Φ/Β πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται με κατάλληλη συνδεσμολογία μεταξύ τους και δημιουργούνται οι Φ/Β συστοιχίες (arrays ή panels). Τα Φ/Β στοιχεία, ανάλογα με την κατασκευή τους, χωρίζονται στις βασικές κατηγορίες:

##### Μονοκρυσταλικά (m-Si)

Οι μονοκρυσταλλικές κυψέλες κατασκευάζονται τεμαχίζοντας έναν ενιαίο κρύσταλλο, (πάχος κυψέλης 1/3 έως 1/2 του χιλιοστού), από ένα μεγάλο πλίνθωμα ενιαίου κρυστάλλου που έχει επεξεργαστεί σε θερμοκρασίες περίπου 1400°C, κάτι που είναι μια πολύ ακριβή διαδικασία. Το πυρίτιο πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας και να έχει τέλεια δομή κρυστάλλου. Αυτού του είδους τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν και την μεγαλύτερη απόδοση, δηλαδή μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Η απόδοση τους κυμαίνεται γύρω στο 18%-23%, δηλαδή αν η ηλιακή ακτινοβολία είναι 700 Wh/μ<sup>2</sup> την ημέρα τότε αυτά θα παράγουν για την συγκεκριμένη μέρα 120 Wh/μ<sup>2</sup> με 160 Wh/μ<sup>2</sup>.

##### Πολυκρυσταλικά (p-Si)

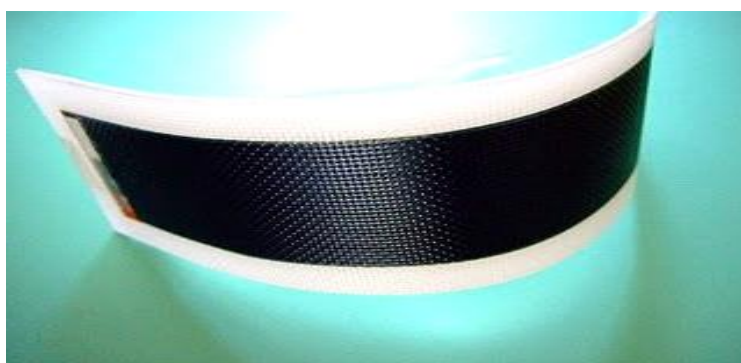
Οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες γίνονται με μια διαδικασία χύτευσης στην οποία το λειωμένο βιομηχανικό πυρίτιο χύνεται σε μια φόρμα όπου και μορφοποιείται. Κατόπιν τεμαχίζεται στις γκοφρέτες. Δεδομένου ότι οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες γίνονται από χύτευση είναι σημαντικά φτηνότερη η παραγωγή τους, αλλά όχι τόσο αποδοτικές όσο και οι μονοκρυσταλλικές. Αυτή η χαμηλότερη αποδοτικότητα, που κυμαίνεται μεταξύ 13% και 15%, οφείλεται στις ατέλειες στη δομή του κρυστάλλου ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χύτευσης(Εικόνα 6.3).



**Εικόνα 6.3:** Πολυκρυσταλικό Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

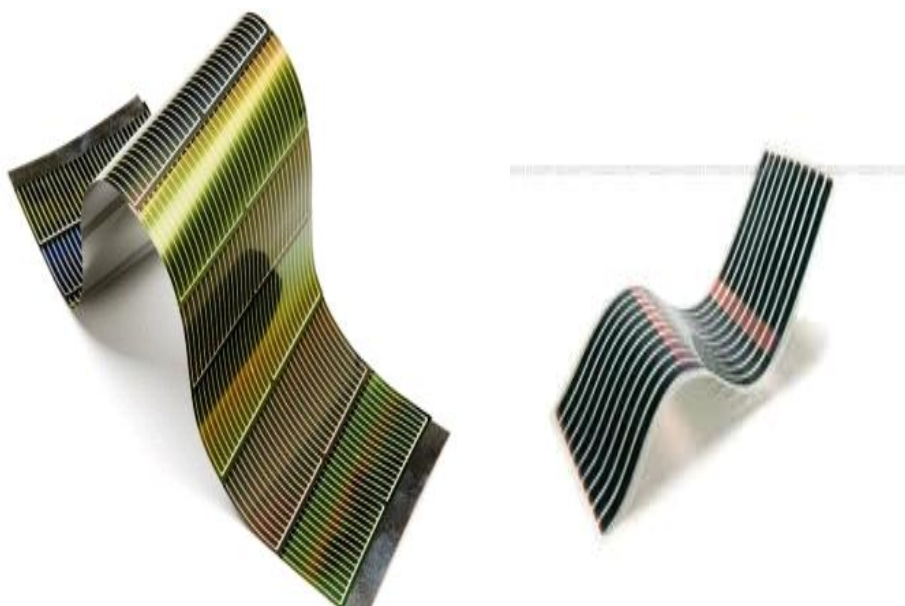
### Άμορφου πυριτίου (a-Si)

Το άμορφο πυρίτιο, μια από τις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης (thin film technology), γίνεται με την εναπόθεση του πυριτίου επάνω σε ένα υπόστρωμα γυαλιού από ένα αντιδραστικό αέριο όπως το σιλάνιο ( $\text{SiH}_4$ ). Δεν έχει κρυσταλλική δομή, και το πάχος του (2-3  $\mu\text{m}$ ) είναι ιδιαίτερα μικρότερο από το κρυσταλλικής μορφής πυρίτιο (200-500  $\mu\text{m}$ ). Από κατασκευαστική άποψη είναι το απλούστερο και επομένως το πιο φθηνό, αλλά η απόδοσή του είναι συγκριτικά μικρότερη. Παρόλα αυτά, είναι ικανοποιητική ακόμη και σε συνθήκες έλλειψης ηλιοφάνειας. Τα ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου έχουν μια κοκκινωπή-καφέ απόχρωση, σχεδόν μαύρη, και επιφάνεια αποτελούμενη από στενές, μεγάλου μήκους λωρίδες. Η αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου κυμαίνεται μεταξύ 4% και 11%, ανάλογα με την τεχνολογία και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν(Εικόνα 6.4).



**Εικόνα 6.4:** Φωτοβολταϊκό στοιχείο άμορφου πυριτίου

Τέλος, μια τελειώς νέα τεχνολογία αποτελεί το πρωτοποριακό προϊόν spheral solar. Αντίθετα με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά κύτταρα, το νέο υλικό δεν επικάθεται σε άκαμπτη βάση πυριτίου, αλλά είναι φτιαγμένο από χιλιάδες πάμφθινα σφαιρίδια πυριτίου (κατασκευάζονται από υπολείμματα πυριτίου που προκύπτουν από τη βιομηχανία των chips των ηλεκτρονικών υπολογιστών), εγκλωβισμένα ανάμεσα σε δύο φύλλα αλουμινίου. Κάθε σφαιρίδιο λειτουργεί ως ανεξάρτητο μικροσκοπικό φωτοβολταϊκό κύτταρο, απορροφώντας την ηλιακή ακτινοβολία και μετατρέποντάς την σε ηλεκτρισμό.[79,102,37]



**Εικόνα 6.5:** Φωτοβολταϊκό spheral solar

Τα φύλλα αλουμινίου προσδίδουν στο υλικό τη φυσική αντοχή που χρειάζεται, του επιτρέπουν να είναι εύκαμπτο αλλά και ελαφρύ, ενώ ταυτόχρονα παίζουν το ρόλο ηλεκτρικής επαφής(Εικόνα 6.5). Η γεμάτη φυσαλίδες επιφάνεια που δημιουργούν τα σφαιρίδια επιτρέπει πολύ μεγαλύτερη απορρόφηση ηλιακού φωτός, χαρίζοντας στο υλικό αποδοτικότητα της τάξης του 11%. Οι εφευρέτες του υποστηρίζουν ότι μπορεί να καλύψει οποιοδήποτε σχήματος επιφάνειες, αυξάνοντας κατά πολύ τους χώρους όπου μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια και δίνοντας στους αρχιτέκτονες τη δυνατότητα να σχεδιάσουν κτίρια με καμπύλες που θα μπορούν να είναι εξοπλισμένα με φωτοβολταϊκά χωρίς μάλιστα να απαιτούνται ενισχυμένες κατασκευές για την στήριξή τους.[44,29]

#### 6.1.4.4. Κατηγοριοποίηση Φ/Β

Ανάλογα με τον βαθμό πολυπλοκότητας στην κατασκευή και τη λειτουργία, μπορούμε να κατατάξουμε τις Φ/Β γεννήτριες σε 3 κυρίως κατηγορίες:

1. Τις απλές διατάξεις, όπου τα ηλιακά στοιχεία είναι τοποθετημένα σε σταθερά πλαίσια και δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με τη φυσική της πυκνότητα και διακύμανση στη διάρκεια της ημέρας.
2. Τις διατάξεις με κινητά πλαίσια που περιστρέφονται αυτόματα και παρακολουθούν συνεχώς την πορεία του ήλιου στον ουρανό, ώστε τα ηλιακά στοιχεία να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ένα ηλιακό στοιχείο μέχρι 30 % περίπου, αφού δέχεται πυκνότερη ακτινοβολία, ανά μονάδα εμβαδού της επιφάνειάς του.
3. Τις διατάξεις που με τη χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία και την στέλνουν πολύ συμπυκνωμένη πάνω στα ηλιακά στοιχεία(εικόνα6.6). Για την αποφυγή θέρμανσης, στις συγκεντρωτικές Φ/Β διατάξεις απαιτείται συνήθως η τεχνική ψύξη των ηλιακών στοιχείων με κυκλοφορία ψυχρού αέρα ή ψυκτικών υγρών.



**Εικόνα 6.6:** Χρήση φακών κάτοπτρων για συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας στα ηλιακά στοιχεία

4. Τις διατάξεις που βρίσκονται σε μορφή κεραμιδιών(εικόνα 6.7). Είναι τελευταία τεχνολογία που μας δίνει τη επιλογή να εκμεταλλευτούμε στέγες που δεν υπήρχε η δυνατότητα να τοποθετηθούν Φ/Β πλαίσια λόγω χωρητικότητας. Η απόδοση αυτού του συστήματος είναι περιορισμένη σε σχέση με τα κοινά Φ/Β πλαίσια.



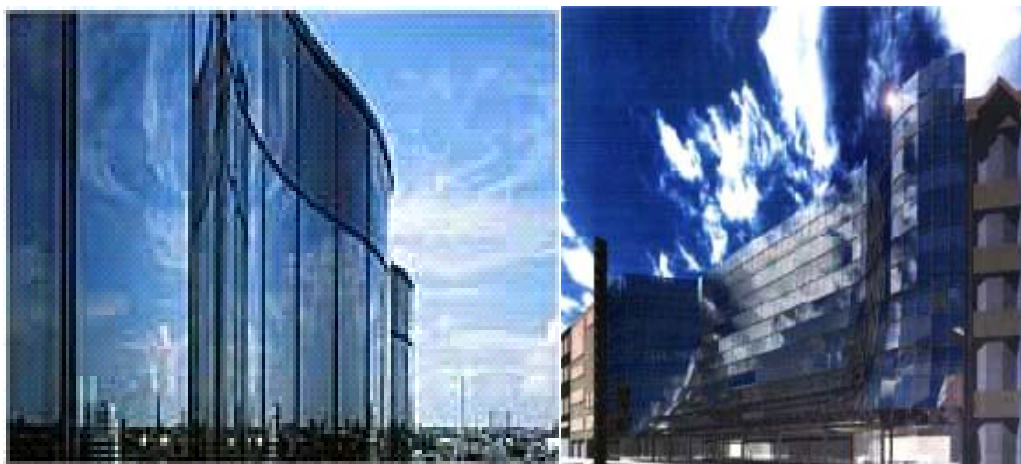
**Εικόνα 6.7:** Φωτοβολταϊκά κεραμίδια

Τα Φ/Β μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά υλικά παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορικής διαπερατότητας του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού.

Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής (ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των ηλιακών προσόψεων σε εμπορικά κτίρια).

5. Τις διατάξεις Φ/Β πλαισίων σε μορφή υαλοστασίου(Εικόνα 6.8). Έτσι μπορούμε να εκμεταλλευόμαστε τις προσόψεις νότιου προσανατολισμού, όχι μόνο για την συλλογή θερμικής ενέργειας μέσω των μεγάλων υαλοστασίων αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτού του τύπου διάταξης, έχει βρει μεγάλη εφαρμογή σε πολυώροφα κτίρια, κυρίως χρήσης γραφείου.[79,102,44]





**Εικόνα 6.8:** Χρήση φωτοβολταϊκών σε όψεις



**Εικόνα 6.9:** Χρήση φωτοβολταϊκών σε πέργκολα

#### **6.1.4.5. Επίδραση κλίσης και προσανατολισμού στην απόδοση των Φ/Β**

Η ηλιακή ακτινοβολία που θα δεχθεί μία επιφάνεια, εξαρτάται, εκτός των άλλων, από την κλίση και τον προσανατολισμό της. Για μια επιφάνεια σε ένα συγκεκριμένο τόπο η αύξηση της κλίσης της έχει σαν αποτέλεσμα να δέχεται περισσότερη ακτινοβολία τον χειμώνα από το καλοκαίρι. Έτσι για ηλιακές εφαρμογές που απαιτείται να γίνει χρήση της ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες το χειμώνα, η κλίση τους πρέπει να είναι μεγάλη ενώ όταν οι συλλέκτες χρησιμοποιούνται το καλοκαίρι η κλίση τους θα πρέπει να είναι μικρή.[102,79,29]

Ένας εμπειρικός κανόνας που ισχύει για την κλίση των συλλεκτών είναι ότι θα πρέπει η κλίση αυτή για το χειμώνα να είναι από 10ο μέχρι 15ο μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, ενώ για το καλοκαίρι από 10ο μέχρι 15ο μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και για όλο το χρόνο ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.

Ένα άλλο μέγεθος από το οποίο εξαρτάται η ηλιακή ακτινοβολία που θα δεχθεί μία επιφάνεια, είναι ο προσανατολισμός της. Θεωρώντας ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι συμμετρική ως προς το ηλιακό μεσημέρι, τότε ο καλύτερος προσανατολισμός για ένα επίπεδο ηλιακό συλλέκτη είναι ο νότιος ( $\gamma = 0$ ). Αποκλίσεις κατά 10ο μέχρι 20ο ανατολικά ή δυτικά του νότου έχουν μικρή επίδραση στην ετήσια συλλεγόμενη ηλιακή ενέργεια.

Ο προσανατολισμός σ' ένα επίπεδο ηλιακό συλλέκτη θα έχει επίδραση και στο χρόνο που θα δεχθεί την ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι ένας συλλέκτης τοποθετημένος νοτιοανατολικά, θα δεχθεί το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας τις πρωινές ώρες.[79,102,84]

#### 6.1.4.6. Δομή ενός Φ/Β συστήματος

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα αριθμό μερών ή υποσυστημάτων(Εικόνα 6.11):

- τα φωτοβολταϊκά στοιχεία
- τον ρυθμιστή τάσης – φορτιστή συσσωρευτών
- τον μετατροπέα τάσης (inverter) σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσόμενου ρεύματος (AC)
- μια μονάδα ελέγχου και ενδείξεων (συνήθως έχει κάποια οθόνη που δείχνει την κατάσταση του συστήματος)
- γεννήτρια
- τους συσσωρευτές



Εικόνα 6.10: Δομή φωτοβολταϊκού συστήματος

Να σημειωθεί ότι ο φορτιστής, ο μετατροπέας ισχύος, η μονάδα ελέγχου και ενδείξεων μπορούν να ενσωματωθούν σε μια μόνο συσκευή για εξοικονόμηση χώρου και απλούστευση του συστήματος.

#### 6.1.4.6.1 Ανάλυση Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Οι ηλιακές κυψέλες, κοινώς τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, είναι «συσκευές» που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Κατά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το ηλιακό φως που «πέφτει» σε έναν ημιαγωγό δυο στρωμάτων δημιουργεί ηλεκτρικό δυναμικό μεταξύ τους. Η τάση αυτή μπορεί να ενεργοποιήσει μια, ανάλογης τάσης και ισχύς, συσκευή ή να διανεμηθεί στο ηλεκτρικό σύστημα.[13]

#### 6.1.4.6.2. Συσσωρευτής

Ο συσσωρευτής κοινώς μπαταρία, είναι μια συσκευή η οποία αποθηκεύει χημική ενέργεια και την αποδεδμεύει με τη μορφή ηλεκτρισμού(Εικόνα 6.11). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτροχημικές διατάξεις όπως η γαλβανική στήλη. Ο συσσωρευτής στην ηλεκτρολογία είναι χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια (αφού τη μετατρέψει σε χημική) και όταν χρειαστεί, να την αποδώσει σε εξωτερικό κύκλωμα.



**Εικόνα 6.11:** Συσσωρευτής Φωτοβολταϊκού συστήματος

Χωρίζονται σε πρωτογενείς (μιας χρήσης) και δευτερογενείς (επαναφορτιζόμενες). Οι τελευταίες, που χρησιμοποιούμε και στις διατάξεις των Φ/Β, χωρίζονται σε τρία είδη:

- **Σύστημα Νικελίου/Καδμίου:**

Οι πρώτες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες που φτιάχτηκαν ποτέ. Δυστυχώς το κάδμιο είναι βλαβερό. Έτσι γίνονται προσπάθειες να απομακρυνθεί αυτό το είδος από την αγορά.

- **Σύστημα Νικελίου/Μετάλλου υδριδίου:**

Φιλικότερες στο περιβάλλον από τις Νικελίου /Καδμίου και με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Τείνουν να τις αντικαταστήσουν.

- **Σύστημα Μολύβδου:**

Η ανακάλυψή τους έφερε την επανάσταση στην αυτοκινητοβιομηχανία. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι μπαταρίες αυτοκινήτων. Δυστυχώς ο μολύβδος είναι επίσης βλαβερός για το περιβάλλον.

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε διατάξεις Φ/Β, πρέπει να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες είναι :

- Οι χρησιμοποιούμενοι συσσωρευτές θα πρέπει να είναι δευτερογενείς δηλαδή να είναι επαναφορτιζόμενοι. Αλλιώς η χρησιμότητα της εγκατάστασης ελαχιστοποιείται και βέβαια δεν υπάρχει λόγος χρήσης συσσωρευτή σε αυτή την περίπτωση.

- Οι χρησιμοποιούμενοι συσσωρευτές θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερη χωρητικότητα σε αμπερώρια. Ένα τέτοιο πρόβλημα είναι δυνατό να λυθεί με συστοιχίες συσσωρευτών σε κατάλληλη συνδεσμολογία. Η επιθυμητή χωρητικότητα υπολογίζεται από το σύνολο των παραμέτρων της εγκατάστασης, του φορτίου, της ηλιοφάνειας κλπ.
- Οι συσσωρευτές θα πρέπει να καλύπτουν και μια σειρά τεχνικές και από κατασκευαστικές προδιαγραφές (πέρα από τις ονομαστικές τους τιμές) όπως να είναι μάλλον κλειστού τύπου, να είναι ανθεκτικοί στην διάβρωση, να απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και να παρουσιάζουν μεγάλα διαστήματα χωρίς κλπ. Τα παραπάνω έχουν ιδιαίτερη σημασία σε περιπτώσεις απομακρυσμένων εγκαταστάσεων, σε περιβάλλον έντονης διάβρωσης, όπως π.χ. σε θαλάσσιο περιβάλλον.

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που πρέπει να πάρουμε υπόψη μας όταν εγκαθιστούμε τέτοια συστήματα σε θαλάσσιο περιβάλλον είναι το θέμα της υγρασίας, καθώς η υγρασία που μπορεί να προκαλέσει φθορές σε σημεία επαφών μεταξύ ακροδεκτών.[79,102,37]

#### **6.1.4.7.INVERTERS**

Οι μετατροπείς από DC σε AC είναι γνωστοί με το όνομα αντιστροφείς (inverters). Ο σκοπός αυτών των διατάξεων είναι να μετατρέπουν την DC ισχύ εισόδου σε AC ισχύ εξόδου επιθυμητής τιμής τάσης, ρεύματος και συχνότητας(Εικόνα 6.13). Η τάση εξόδου μπορεί να είναι σταθερή ή μεταβλητή, με σταθερή ή μεταβλητή συχνότητα. Μεταβλητή τάση στην έξοδο μπορούμε να έχουμε μεταβάλλοντας την τάση εισόδου και διατηρώντας το κέρδος του inverter (λόγος της AC τάσης εξόδου προς την DC τάση εισόδου) σταθερό.

Απ' την άλλη μεριά, αν η DC τάση εισόδου είναι σταθερή και δεν ρυθμίζεται, τότε μπορούμε να έχουμε μεταβλητή τάση εξόδου μεταβάλλοντας το κέρδος του inverter, το οποίο συνήθως το επιτυγχάνεται με έλεγχο PWM.



**Εικόνα 6.12:** Inverter φωτοβολταϊκού συστήματος

Οι inverters χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιομηχανικές εφαρμογές σε συστήματα οδήγησης (ac drives) μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος, τροφοδοτικά ισχύος και βέβαια όπως στην περίπτωση την οποία μελετάμε μπορεί να είναι Φ/Β σύστημα κλπ. Οι inverters μπορούν κυρίως να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες :

- **INVERTERS ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΗΓΗ ΤΑΣΗΣ (VSI):**

Στην περίπτωση αυτή, η dc τάση εισόδου είναι σταθερή, ανεξάρτητη από το ρεύμα φορτίου.

- **INVERTERS ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΗΓΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (CSI):**

Η αυτεπαγωγή σε σειρά με την τροφοδοσία είναι τόσο μεγάλη που διατηρεί το ρεύμα εισόδου σταθερό. Το ρεύμα στην έξοδο καθορίζεται από τον inverter, ενώ η τάση εξαρτάται από το είδος του φορτίου.

- **INVERTERS DC ΖΕΥΞΗΣ (DC LINK):**

Είναι διατάξεις μετατροπής δύο βαθμίδων. Η εναλλασσόμενη τάση του δικτύου μετατρέπεται σε συνεχή μέσω ανορθωτή. Η ανορθωμένη τάση μετατρέπεται πάλι σε εναλλασσόμενη μέσω inverter με δυνατότητα ρύθμισης της συχνότητας.[37]

- **Ρυθμιστή τάσης**

Ο ρυθμιστής ελέγχου τάσης ρυθμίζει την τάση της διάταξης συνδέοντας και αποσυνδέοντας μια σειρά καλωδίων στην ηλιακή γεννήτρια. Η δίοδος ελέγχει τη διεύθυνση της ενέργειας ανάμεσα στη γεννήτρια και το υπόλοιπο σύστημα για να αποφεύγεται η εκφόρτιση της μπαταρίας διαμέσου της γεννήτριας με επακόλουθο το χάσιμο της ενέργειας και ακόμα την καταστροφή της διάταξης.

Το σύστημα λειτουργίας εξαρτάται βασικά από την ηλεκτρική αλληλεπίδραση της γεννήτριας της μπαταρίας και του φορτίου Έτσι εάν η λειτουργία της διάταξης θέλουμε να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη πρέπει να λειτουργεί όσο το δυνατόν κοντύτερα στο σημείο μέγιστης ισχύος.

#### **6.1.5. Συλλογή του ηλιακού φωτός**

Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο σχεδιαστής μιας διάταξης είναι το που θα στερεωθούν οι βασικές μονάδες, αν θα στερεωθούν σε σταθερές θέσεις ή οι προσανατολισμοί τους θα ακολουθούν (ιχνηλατούν) την κίνηση του ηλίου.

Στις περισσότερες διατάξεις οι βασικές μονάδες στερεώνονται σ' ένα σταθερό κεκλιμένο επίπεδο με την πρόσοψη προς τον ισημερινό. Αυτό έχει την αρετή της απλότητας, δηλαδή κανένα κινούμενο τμήμα και χαμηλό κόστος. Η άριστη γωνία κλίσης εξαρτάται κυρίως από το γεωγραφικό πλάτος, την αναλογία της διάχυτης ακτινοβολίας στην τοποθεσία και το είδος του φορτίου.

Στερεώνοντας τη διάταξη πάνω σε σύστημα με δύο άξονες παρακολούθησης του Ηλίου, μπορεί να συλλεχθεί μέχρι 25% περισσότερη ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός έτους, σε σύγκριση με την εγκατάσταση σταθερής κλίσης. Κάτι τέτοιο όμως αυξάνει την πολυπλοκότητα και έχει ως αποτέλεσμα μια χαμηλότερης αξιοπιστίας και υψηλότερου κόστους συντήρηση. Η μονού άξονα παρακολούθηση (ιχνηλάτηση) είναι λιγότερο σύνθετη αλλά παρουσιάζει μικρότερο κέρδος. Ο προσανατολισμός μπορεί να ρυθμίζεται χειροκίνητα, εκεί που η προσφορά εργασίας είναι διαθέσιμη, αυξάνοντας έτσι τις όποιες απολαβές.

Έχει υπολογιστεί ότι σε κλίματα με ηλιοφάνεια μια διάταξη επίπεδης κινούμενης πλάκας που έχει κατάλληλη ρύθμιση ώστε να στρέφεται προς τον ήλιο δυο φορές την ημέρα και να παίρνει την κατάλληλη κρίση τέσσερις φορές το χρόνο, μπορεί να συλλαμβάνει το 95% της ενέργειας, που συλλέγετε με ένα σύστημα δυο αξόνων παρακολούθησης πλήρως αυτοματοποιημένο.[79]

#### **6.1.6. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα**

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας έχει κατά βάση μόνο μεγάλα πλεονεκτήματα . το μόνο και σημαντικό μειονέκτημα είναι για την ώρα το κόστος κτήσης. Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα της χρήσης Φ/Β είναι τα εξής :

##### **Πλεονεκτήματα**

- Ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη ενεργειακή πηγή.
- Ικανοποιητική απόδοση μετατροπής.
- Σχετικά εύκολη μέθοδος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων από πρώτες ύλες που αφθονούν.
- Πρακτικά απεριόριστη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων. (Τουλάχιστον 20- 30 χρόνια)
- Τα ηλιακά στοιχεία δεν έχουν κινούμενα μέρη, επομένως είναι σχεδόν απαλλαγμένα από την ανάγκη επίβλεψης και συντήρησης (αρκεί συνήθως η επιθεώρηση τους μια φορά κάθε εξάμηνο. Αλλά και σε περίπτωση βλάβης, η αποκατάσταση της λειτουργίας γίνεται εύκολα λόγω της σπονδυλωτής μορφής της Φ/Β διάταξης.)
- Η Φ/Β μετατροπή δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον (πλην της φωτορύπανσης) ούτε θόρυβο ή άλλη ενόχληση και δεν δημιουργεί άχρηστα παραπροϊόντα.
- Δίνει τη δυνατότητα ανεξαρτησίας από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής.
- Οι Φ/Β σταθμοί μπορούν να λειτουργούν με όσο μικρή ισχύ ζητηθεί.
- Η αναλογία της παραγόμενης ισχύος προς το βάρος της διάταξης είναι αρκετά μεγάλη, που είναι σημαντική ιδιότητα για τις διαστημικές εφαρμογές.



- Το μέγιστο της παραγωγής ενέργειας συμπίπτει με μέγιστο της κατανάλωσης (τόσο σε ημερήσια βάση όσο και σε ετήσια).

### **Μειονεκτήματα**

- Υψηλό κόστος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων.
- Για τις περισσότερες εφαρμογές απαιτείται η δαπανηρή αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της αστάθειας και της μεγάλης διακύμανσης της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Απαιτείται η χρησιμοποίηση μεγάλων σχετικά επιφανειών, λόγω της μικρής πυκνότητας της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας

### **6.1.7 Εφαρμογές**

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν μια πληθώρα εφαρμογών και έχουν την δυνατότητα να καλύψουν αρκετές ανάγκες της καθημερινής μας ζωής. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

- \* εξοικονόμηση ενέργειας σε μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα
- \* συστήματα καθοδικής προστασίας
- \* ηλεκτρικούς φράκτες
- \* αυτόνομα συστήματα φωτισμού
- \* συστήματα τηλεπικοινωνιών και μακρινού ελέγχου
- \* άντληση και κατεργασία ύδατος
- \* καταναλωτικά προϊόντα όπως ρολόγια, παιχνίδια και υπολογιστές
- \* συστήματα ενέργειας έκτακτης ανάγκης
- \* ψυγεία αποθήκευσης εμβολίων και αίματος για τις απομακρυσμένες περιοχές
- \* παροχές ηλεκτρικού ρεύματος στους δορυφόρους και τα διαστημικά οχήματα
- \* φορητές παροχές ηλεκτρικού ρεύματος για τη στρατοπέδευση και την αλιεία.[103]



**Εικόνα 6.13:** Φωτοβολταϊκό πάρκο

## 6.2 Αιολική ενέργεια

### 6.2.1. Εισαγωγή

Η αιολική ενέργεια είναι μια από τις πιο αναπτυσσόμενες μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ισχύς των ανέμων σ' όλη τη γη υπολογίζεται σε 3.6 δις MW, τεράστια ποσότητα σε σχέση με τις ανθρώπινες ανάγκες. Συγκεκριμένα στη χώρα μας, εάν αξιοποιούσαμε στο μέγιστο της αιολική ενέργεια, θα μπορούσαμε να τροφοδοτήσουμε με ενέργεια ολόκληρη την Ευρώπη (Εικόνα 6.14). Δυστυχώς ακόμα η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι σε πολύ μικρό βαθμό κυρίως λόγω της νομοθεσίας. Ελπίζουμε στην άμεση επίλυση όλων των προβλημάτων, ώστε να μπορέσουμε τουλάχιστον να είμαστε ενεργειακά αυτόνομοι. [79,44]



Wind resources at 50 metres above ground level

	Open plain		At is sea coast		Open sea		Hills and ridges	
	ms <sup>-1</sup>	Wm <sup>-2</sup>	ms <sup>-1</sup>	Wm <sup>-2</sup>	ms <sup>-1</sup>	Wm <sup>-2</sup>	ms <sup>-1</sup>	Wm <sup>-2</sup>
	> 7.5	> 600	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	6.5-7.5	300-600	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

(c) 1989 Risø National Laboratory, Denmark

Εικόνα 6.14 :Αιολικό δυναμικό στα 50 μέτρα βάση Ευρωπαϊκού Άτλαντα

## 6.2.2. Ορισμός



**Εικόνα 6.15 :** Αιολικό πάρκο σε θαλάσσιο χώρο

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου και οφείλεται κυρίως στη θέρμανσή της από τον ήλιο. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο Θεός του ανέμου. Από την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στη γη, ποσοστό 1.5%-2% μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια αερίων μαζών στην ατμόσφαιρα.[106,79]

Αν και η αιολική ενέργεια μπορεί να δεσμεύει μικρή ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα χρόνου και ανά τετραγωνικού μέτρου που προσβάλλεται από τον άνεμο, έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Δίνει απ ευθείας μηχανική ενέργεια, η οποία με πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης και άλλα μέσα μετατρέπεται σε οποιαδήποτε μορφή ενέργειας.

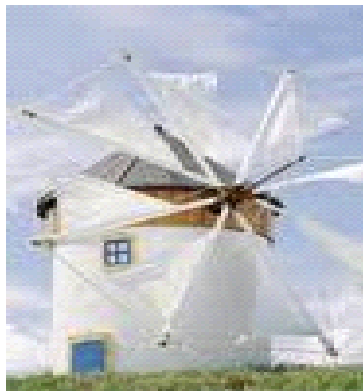
Η εφαρμογή ωστόσο έχει επικεντρωθεί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των ανεμογεννητριών. Οι εξελίξεις στη τεχνολογία των ανεμογεννητριών, τις έχουν κάνει να επιστρέψει στην ανταγωνιστικότητα με τα άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σημαντικό μειονέκτημα που αναφέρεται, είναι ο θόρυβος. Στη πραγματικότητα μια μικρή Α/Γ οικιακής χρήσης, παράγει θόρυβο μικρότερο από εκείνον ενός πλυντηρίου. Είναι απαραίτητη η μελέτη σε σχέση με το θόρυβο έτσι ώστε να εξασφαλισθεί ότι δεν θα υπάρχει ενόχληση γειτονικών κατοικιών, πράγμα που στην πλειοψηφία των μη αστικών περιοχών ίσως δεν αποτελεί εμπόδιο.[44]

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Η ενέργεια είναι άφθονη, αποκεντρωμένη και δωρεάν, και δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

### 6.2.3. Ιστορική αναδρομή

Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων. Στα αρχαία χρόνια η αιολική ενέργεια χρησιμοποιούνταν κυρίως για την άντληση, το πότισμα, και την άλεση των δημητριακών. Ερείπια έχουν ανακαλυφθεί, που χρησιμοποιούνταν ως ανεμόμυλοι, βρίσκονται σε Περσία, Μεσοποταμία και φθάνουν ως το Αιγαίο (Εικόνα 6.16). Γύρω στο 1200 μ.Χ οι ανεμόμυλοι διαδίδονται και στην Ευρώπη και στο 1600 μ.Χ στην Αμερική. Οι πρώτες σύγχρονες αιολικές μηχανές παρουσιάστηκαν στο 1929 στη Γαλλία και στη συνέχεια το 1931 στη Ρωσία. Από τότε ξεκίνησε μια συνεχής αναζήτηση τεχνολογιών για την βελτίωση των ανεμογεννητριών με κορύφωση τη δεκαετία του 70 ως συνέπεια της πετρελαϊκής κρίσης. [79,104]



Εικόνα 6.16: Παραδοσιακός ανεμόμυλος

Συγκεκριμένα για τον Ελλαδικό χώρο, ιστορικές μαρτυρίες δείχνουν την ύπαρξη ανεμόμυλων πολλές εκατοντάδες χρόνια π.Χ. Αυτό αποδεικνύει ότι στη χώρα μας υπήρξε από πολύ παλιά μια άνθιση της τεχνικής στον τομέα των ανεμόμυλων, κατά την οποία επικράτησε το γνωστό μοντέλο με τον οριζόντιο άξονα περιστροφής. Επίσης, με τη πάροδο των ετών, εξελίχθηκε και η τεχνική της δυνατότητας της στροφής των πτερυγίων προς την κατεύθυνση του ανέμου. Η τεχνική των ανεμόμυλων γνώρισε μεγάλη άνθηση κυρίως στο νησιωτικό σύμπλεγμα (Κρήτη, Ρόδο, Μύκονο, Κάρπαθο) που έως ακόμα και σήμερα θαυμάζονται για την αρχιτεκτονική τους.

Τα τελευταία είκοσι χρόνια η ονομαστική ισχύς των α/γ έχει αυξηθεί κατά δύο τάξεις μεγέθους, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας έχει μειωθεί δραστικά και η αιολική βιομηχανία έχει αναδειχθεί σε δραστηριότητα αιχμής στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής.[17]



Εικόνα 6.17: Παραδοσιακός ανεμόμυλος

#### 6.2.4. Τύποι Αιολικών μηχανών

Οι αιολικές μηχανές αποτελούν ανθρώπινες επινοήσεις, που έχουν σαν σκοπό την αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Μέχρι σήμερα έχει προταθεί και έχει δοκιμασθεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός ανεμογεννητριών, χωρίς όμως να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός εκμετάλλευσης της ενέργειας του ανέμου. Οι μηχανές αυτές κατατάσσονται σε οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα.

Σε αργόστροφες και ταχύστροφες, σε πολυπτέρυγες και ολιγοπτέρυγες, μικρές μεσαίες και μεγάλες. Βασικοί παράμετροι των ανεμοκινητήρων, εκτός της αποδιδόμενης ισχύος, είναι η παράμετρος περιστροφής, η στιβαρότητα της πτερωτής, η διάμετρος και η ταχύτητα περιστροφής της μηχανής, το ύψος τοποθέτησης κ.α.



**Εικόνα 6.18:** Αιολικό πάρκο με στρογγυλές ανεμογεννήτριες σε θαλάσσιο χώρο

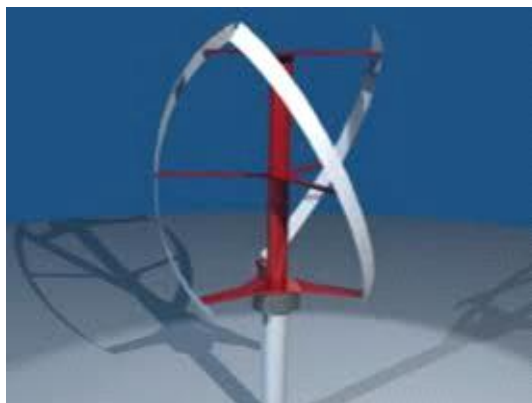
Οι μηχανές τύπου έλικα είναι πλέον ο καθιερωμένος τύπος μηχανών οριζοντίου άξονα, και αποτελούνται κατά κύριο λόγο από την πτερωτή, τον άξονα κίνησης, το κιβώτιο μετάδοσης, το σύστημα πέδησης, το σύστημα προσανεμισμού, την ηλεκτρική γεννήτρια και τον πύργο στήριξης.

Οι επικρατέστεροι τύποι ανεμογεννητριών ταξινομούνται κυρίως σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου. Ως εκ τούτου οι πλέον διαδεδομένοι τύποι ανεμοκινητήρων είναι οι ανεμογεννήτριες «οριζοντίου»(Εικόνα 6.19) και «κατακόρυφου» άξονα.



**Εικόνα 6.19:** Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν συνήθως τον άξονά τους παράλληλο προς την κατεύθυνση του ανέμου, ενώ σε μερικές περιπτώσεις έχουμε ανεμογεννήτριες των οποίων ο άξονας είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της γης και κάθετος προς την κατεύθυνση του ανέμου.



**Εικόνα 6.20** : Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα εμφανίζουν το σημαντικό πλεονέκτημα της αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου, δεδομένου ότι ο άξονας αυτών είναι κάθετος σε αυτή καθώς και στην επιφάνεια της γης. Οι υφιστάμενες αιολικές μηχανές κατατάσσονται επίσης σε ταχύστροφες και σε αργόστροφες, ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής τους.

Η ταχύτητα περιστροφής μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται εκτός από τις αεροδυναμικές παραμέτρους και από το μέγεθος των πτερυγίων της μηχανής, δεδομένου ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη λόγοι στατικής αντοχής, φαινόμενα δυναμικών καταπονήσεων και ταλαντώσεων, φυγόκεντρες δυνάμεις κ.λπ. Ο χαρακτηρισμός μίας ανεμογεννήτριας σε μικρή, μεσαία ή μεγάλη ακολουθεί τα παρακάτω όρια:

- “Μικροί”, όταν για την ονομαστική ισχύ τους έχουμε ότι:  
 $50W \leq N_o \leq 30kW$
- “Μεσαία”, όταν για την ονομαστική τους ισχύ έχουμε ότι:  
 $30 kW \leq N_o \leq 500kW$
- “Μεγάλοι”, όταν για την ονομαστική τους ισχύ έχουμε ότι:  
 $500kW \leq N_o \leq 4MW$



Επιπλέον, οι υφιστάμενες μηχανές κατατάσσονται και βάση του αριθμού των πτερυγίων που διαθέτει η πτερωτή τους. Ως εκ τούτου, οι ανεμογεννήτριες διαχωρίζονται σε πολυπτερυγες, όπως οι παραδοσιακοί ανεμόμυλοι χαμηλών ταχυτήτων περιστροφής, και οι ολιγοπτερυγοί που αποτελούν πλειοψηφία των σύγχρονων ανεμογεννητριών οριζοντίου και κάθετου άξονα, με αριθμό πτερυγίων που κυμαίνεται από ένα έως τρία πτερύγια σε κάθε πτερωτή.[79,106]

### 6.2.5. Βασικά Χαρακτηριστικά Μεγέθη Αιολικών Μηχανών

Κατά τον σχεδιασμό και την επιλογή μιας εγκατάστασης αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, οι παράγοντες οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη και χαρακτηρίζουν μια ανεμογεννήτρια που πρόκειται να επιλεγεί είναι:

- Η διάμετρος πτερωτής

Καθορίζει το εμβαδόν το οποίο σαρώνει η πτερωτή και συνεπώς την ενεργό επιφάνεια δια μέσου της οποίας επιχειρούμε να αξιοποιήσουμε την αιολική ενέργεια.. Έχοντας κάποιες εκτιμήσεις για τη μέση ροή ενέργειας μιας περιοχής καθώς και για το ποσοστό το οποίο μπορούμε να αξιοποιήσουμε, είναι δυνατός ο καταρχήν καθορισμός της διαμέτρου της πτερωτής εφόσον είναι γνωστή η απαιτούμενη ισχύς.

- Το ύψος τοποθέτησης

Γνωρίζουμε ότι αυξανόμενου του ύψους, αυξάνεται αφενός και το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό, αφετέρου το βάρος και το κόστος της κατασκευής. Επιπλέον υπάρχουν και περιορισμοί ελάχιστου ύψους, που βασίζονται στο γεγονός ότι τα πτερύγια δεν πρέπει να βρίσκονται κοντά στο έδαφος για να αποφεύγονται φαινόμενα αλληλεπίδρασης με το έδαφος. Επιπλέον το ύψος ενός ανεμοκινητήρα, καθορίζεται με βάση τη διάμετρο της πτερωτής. ( $1 \leq H/D \leq 1.5$ )

- Το πλήθος των πτερυγίων της πτερωτής

Είναι ο αριθμός ο οποίος μας δείχνει πόσα πτερύγια φέρει η πτερωτή. Σημερινός επικρατέστερος τύπος πτερωτής είναι δίπτερυγες και κατά κανόνα οι τριπτερυγες.

- Το είδος των πτερυγίων της πτερωτής

Περιλαμβάνει αφενός των τύπο των πτερυγίων, δηλαδή εάν αυτά ανήκουν σε κάποια τυποποιημένη κατηγορία ή όχι, το πάχος τους, τη συστροφή τους, αφετέρου τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους.

- Την ονομαστική ταχύτητα περιστροφής της πτερωτής

Καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου σε περιπτώσεις διασυνδεδεμένων μηχανών και η αντοχή των πτερυγίων σε φυγόκεντρικές τάσεις.

- Το βήμα της πτερωτής

Ορίζεται από τη γωνία που ορίζεται από τη χορδή της αεροτομής και από το επίπεδο περιστροφής της πτερωτής. Το βήμα της πτερωτής αποτελεί γεωμετρικό στοιχείο αυτής και αναφέρεται κατά σύμβαση στη θέση 2/3 του ύψους του πτερυγίου.

- Ο συντελεστής ισχύος της αιολικής μηχανής

Αποτελεί στην ουσία τον αεροδυναμικό βαθμό απόδοσης της πτερωτής. Αξίζει να διευκρινίσουμε ότι ο συντελεστής αυτός περιγράφει το ποσοστό της ισχύος του ανέμου που εκμεταλλεύεται η πτερωτή της μηχανής. Ο συντελεστής δεν είναι δυνατόν να υπερβεί το όριο του Betz :

$$C_p \leq 16/27 = 0.593.$$

- Η ονομαστική ισχύς της αιολικής μηχανής

Καθορίζει το μέγεθος μιας ανεμογεννήτριας και αποτελεί το μέτρο της στιγμιαίας ωφέλιμης παραγόμενης ενέργειας από την αξιοποίηση της αιολικής ισχύος σε μια επιφάνεια εμβαδού "A", όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι "V" και η πυκνότητα του αέρα είναι "ρ". Στην περίπτωση αυτή ισχύει η παρακάτω σχέση

$$N = 0,5 C_p \eta \rho A [79,104]$$

### 6.2.5.1. Τυπικές μορφές ανεμογεννητριών

#### Τυπική μορφή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα



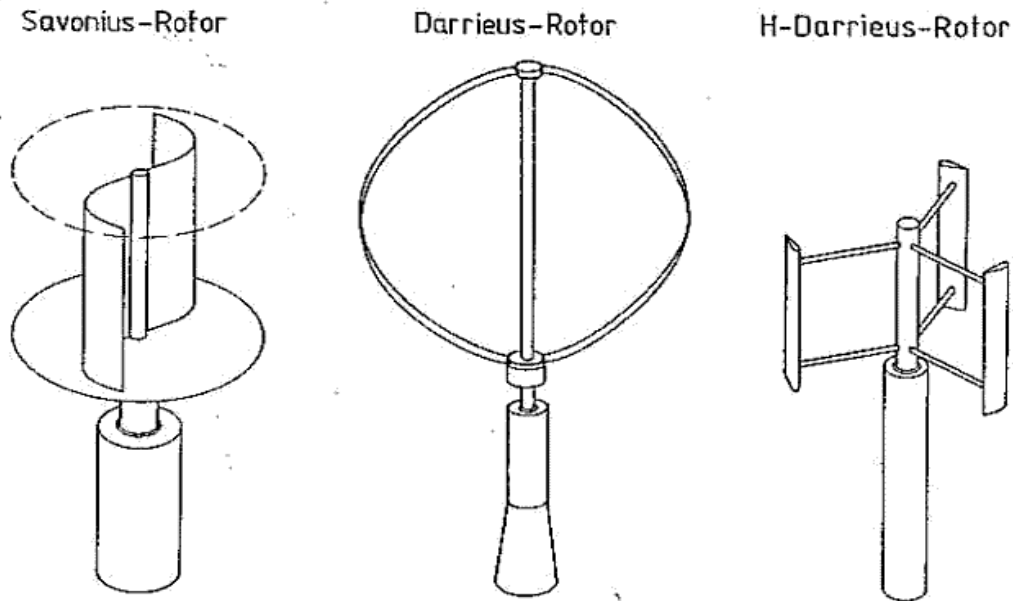
Εικόνα 6.21 : Ανεμογεννήτριες σε αυτοκινητόδρομο

Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός τέτοιων μηχανών, που καλείται δρομέας, μπορεί να έχει από ένα πτερύγιο μέχρι τριάντα ή και περισσότερα. Σε σχέση με τη θέση του δρομέα ως προς τον πύργο στήριξης και τη διεύθυνση του ανέμου, οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου μπορούν να έχουν το δρομέα μπροστά από τον πύργο. Ο πύργος στήριξης της ανεμογεννήτριας μπορεί να είναι σωληνωτού τύπου ή τύπου δικτυώματος. Οι δύο αυτοί τύποι είναι αυτοστηριζόμενοι, ενώ ο τρίτος τύπος λεπτής κολώνας απαιτεί πρόσδεση με συρματόσχοινα.

#### Τυπική μορφή ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα



Εικόνα 6.22: Μικρή ανεμογεννήτρια



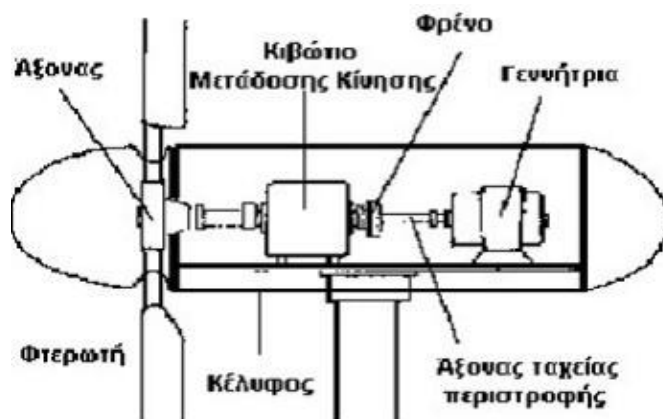
**Bild 3.1. Rotorformen mit vertikaler Drehachse**  
**Εικόνα 6.23 :** Είδη ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου είναι κατασκευαστικά απλούστερες της ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα γιατί:

- Δεν απαιτούν πτερύγιο ή σύστημα αυτοματισμού για τον προσανατολισμό του δρομέα στη διεύθυνση πνοής του ανέμου.
- Το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε ηλεκτρική βρίσκεται στο έδαφος, στη βάση της ανεμογεννήτριας.

Συνεπώς τα έξοδα αυτοματισμού, συντήρησης ή επισκευών είναι σαφώς μικρότερα σε σύγκριση με την ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.

### 6.2.5.2. Υποσυστήματα ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα



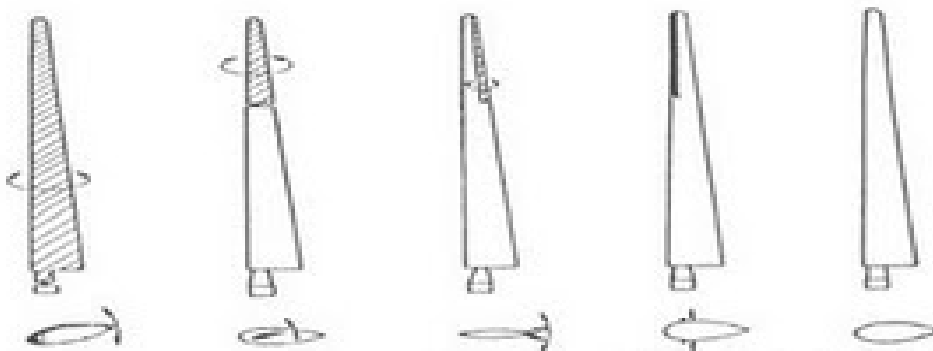
**Εικόνα 6.24:** Υποσυστήματα Ανεμογεννητριών

- Δρομέας ανεμογεννήτριας



Εικόνα 6.25: Δρομέας Ανεμογεννήτριας

- Πτερύγια
- Κύριος άξονας
- Πλήμνη
- Κιβώτιο Πολλαπλασιασμού Στροφών
- Συστήματα Προσανατολισμού Α/Γ
- Σύνδεσμος Κιβωτίου Πολλαπλασιασμού Στροφών – Ηλεκτρικής Γεννήτριας
- Μηχανική Πέδη
- Αεροδυναμική Πέδη



Εικόνα 6.26: Πτερύγια με αεροδυναμική πέδη

- Πύργος Α/Γ



Εικόνα

6.27: Τύποι πύργων ανεμογεννήτριας

- Ηλεκτρολογικό Σύστημα Α/Γ
- Ηλεκτρική γεννήτρια
- Σύστημα Έλεγχου Α/Γ
- Αντικεραυνική προστασία Α/Γ[79,44,104]

### 6.2.6. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Η αιολική ενέργεια προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, πράγμα που εξηγεί γιατί είναι η περισσότερο ταχέως αναπτυσσόμενη πηγή ενέργειας στον κόσμο. Οι ερευνητικές προσπάθειες έχουν στόχο να ανταποκριθούν στις ανάγκες για ευρύτερη χρήση της αιολικής ενέργειας.

#### Πλεονεκτήματα

Απορρέοντας από τον άνεμο, η αιολική ενέργεια είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας. Η αιολική ενέργεια δεν μολύνει την ατμόσφαιρα όπως τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού τα οποία στηρίζονται στην καύση ορυκτών καυσίμων, όπως άνθρακα ή φυσικό αέριο. Οι ανεμογεννήτριες δεν εκλύουν χημικές ουσίες στο περιβάλλον οι οποίες προκαλούν όξινη βροχή ή αέρια του θερμοκηπίου.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να στηθούν σε αγροκτήματα ή ράντσα, έτσι ωφελώντας την οικονομία των αγροτικών περιοχών, όπου βρίσκονται οι περισσότερες από τις καλύτερες τοποθεσίες από την άποψη του ανέμου.

### **Μειονεκτήματα**

Η αιολική ενέργεια πρέπει να συναγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε επίπεδο κόστους. Ανάλογα με το πόσο ενεργητική, ως προς τον άνεμο, είναι μια τοποθεσία, το αιολικό πάρκο μπορεί ή δεν μπορεί να είναι ανταγωνιστικό ως προς το κόστος. Παρότι το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία 10 χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών, έτσι ώστε να είναι αποδοτική.

Η ισχυρότερη πρόκληση στη χρησιμοποίηση του ανέμου ως πηγή ενέργειας είναι ότι ο άνεμος είναι περιοδικά διακοπτόμενος και δεν φυσά πάντα όταν ο ηλεκτρισμός απαιτείται. Η αιολική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί (εκτός αν χρησιμοποιηθούν μπαταρίες). Επιπλέον, δεν μπορούν όλοι οι άνεμοι να τιθασειτούν ώστε να καλυφθούν, τη στιγμή που προκύπτουν, οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό.

Τα κατάλληλα σημεία για αιολικά πάρκα συχνά βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από πόλεις όπου χρειάζεται ο ηλεκτρισμός. Η ανάπτυξη της εκμετάλλευσης του ανέμου ως φυσικού πόρου μπορεί ίσως να συναγωνιστεί άλλες χρήσεις της γης και αυτές οι εναλλακτικές χρήσεις ίσως χαίρουν μεγαλύτερης εκτιμήσεως απ' ό τι η παραγωγή ηλεκτρισμού. Αν και τα αιολικά πάρκα έχουν σχετικά μικρή επίπτωση στο περιβάλλον σε σύγκριση με άλλες συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, υπάρχει ένας προβληματισμός για τον θόρυβο που παράγεται από τις λεπίδες του ηλεκτρικού κινητήρα (ρότορα), για την αισθητική (οπτική) επίπτωση και για τα πουλιά που μερικές φορές έχουν σκοτωθεί καθώς πετούσαν προς τους ηλεκτρικούς κινητήρες(εικόνα 6.28).

Τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα έχουν επιλυθεί ή έχουν σε σημαντικό βαθμό μειωθεί μέσω της τεχνολογικής ανάπτυξης ή μέσω της επιλογής κατάλληλων περιοχών για τη δημιουργία αιολικών πάρκων.[44]



**Εικόνα 6.28:** Επίδραση της ανεμογεννήτριας στα πουλιά



## 6.3 Βιομάζα

### 6.3.1. Εισαγωγή

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση, με απαιτούμενες πρώτες ύλες το νερό και ο άνθρακας, που είναι άφθονα στη φύση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας.[81,95]



Εικόνα 6.29: Υλικά βιομάζας

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας.

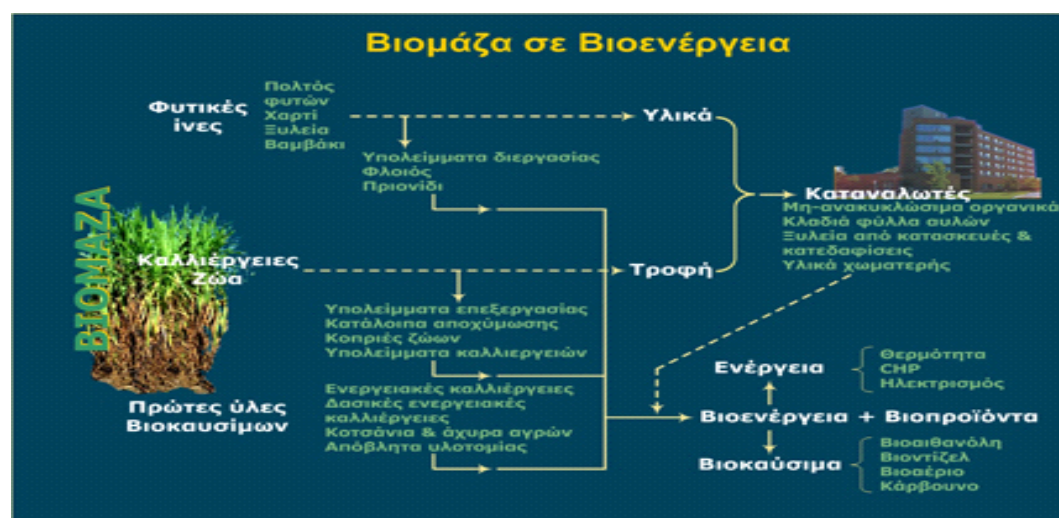
### 6.3.2. Ορισμός

Ως βιομάζα, νοείται η ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που προέρχεται από οργανική ύλη. Αυτή η οργανική ύλη περιλαμβάνει το ξύλο, τα υπολείμματα από αγροτικές και δασικές δραστηριότητες, τα υπολείμματα από τις αγροτικές βιομηχανίες, τα προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών, καθώς και κάθε άλλο υλικό που διαθέτει οργανικό φορτίο, όπως είναι τα υπολείμματα κτηνοτροφικών ομάδων και ιλύς από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.[13]

Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ανάλογα με την εκάστοτε διαθέσιμη πρώτη ύλη επιλέγεται και η κατάλληλη διεργασία για τη βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση.

Οι διεργασίες που είναι διαθέσιμες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας διακρίνονται σε 2 κατηγορίες: τις θερμοχημικές και τις βιομηχανικές. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την καύση, την αεριοποίηση και την πυρόλυση. Η δεύτερη περιλαμβάνει την αναερόβια χώνευση και την αλκοολική ζύμωση.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατόν να συμβάλλει σημαντικά την ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων. Η χρήση της ως πηγή ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν εξάλλου συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας μας.[92,95]



Εικόνα 6.30: Μετατροπή της βιομάζας σε βιοενέργεια

### 6.3.3. Εφαρμογές στην Ελλάδα

Η βιομάζα στη χώρα μας έχει μια πληθώρα εφαρμογών που αφορούν :

- Την κάλυψη αναγκών – ψύξης ή και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες.
- Την τηλεθέρμανση κατοικημένων κατοικιών
- Την θέρμανση θερμοκηπίων
- Την παραγωγή υγρών καυσίμων με διάφορες διαδικασίες

Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδακινιών και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.α.

Όμως το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας στη χώρα μας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο. Από πρόσφατη απογραφή έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβοσίτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κληματίδων, πηρυνόξυλου) και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί).

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς, και μπορεί να τροφοδοτήσει απευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί δηλαδή η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα.

Παράλληλα με την αξιοποίηση των διάφορων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατόν να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας όπου υπάρχουν μονοκαλλιέργειες εμφανίζεται το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων.[107]



Εικόνα 6.31: Κύκλος ενέργειας

### Παραδείγματα εφαρμογών στην Ελλάδα

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής της βιομάζας στην Ελλάδα είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ' αυτό κάθε χρόνο χρησιμοποιούνται 4.000-5.000 τόνοι υπολειμμάτων βαμβακιού για την παραγωγή θερμότητας από βιομάζα.

Ένα άλλο πρότυπο παράδειγμα εκμετάλλευσης βιομάζας είναι στην κοινότητα Νυμφασίας του νομού Αρκαδίας. Εκεί εφαρμόζεται η τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών. Η εξασφάλιση ζεστού νερού για τη θέρμανση χώρων και για την απευθείας χρήση σε μια πόλη ή χωριό μπορεί να γίνει και από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας που λειτουργεί με βιομάζα. Έτσι καλύπτονται οι ανάγκες θέρμανσης 80 κατοίκων και 600 τετραγωνικών μέτρων κοινοτικών χωριών.

Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούνται τρίμματα ξύλου τα οποία προέρχονται από τεμαχισμό σε ειδικό μηχάνημα υπολειμμάτων υλοτομίας από γειτονικό δάσος ελάτων. Το έργο αυτό αποτελεί πρότυπο για την ανάπτυξη παρόμοιων εφαρμογών σε κοινότητες και δήμους της χώρας δεδομένου ότι εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων και αξιοποιεί του τοπικούς ενεργειακούς πόρους.

Ένα παράδειγμα υγρού καυσίμου που μπορεί να παραχθεί στη χώρα μας είναι το βιοαέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για τη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτό το αέριο είναι ποιοτικότερο από τα συμβατικά καύσιμα και έχει μικρότερες εκπομπές επικίνδυνων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Το βιοαέριο παρήγεται στην Ελλάδα στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Σήμερα λειτουργούν 4 μονάδες βιοαερίου που μετατρέπουν το αέριο που προκύπτει από τη ζύμωση των σκουπιδιών στις χωματερές σε ηλεκτρική ενέργεια.[79]

Είδος βιομάζας	Κατανάλωση (Τόνοι)	Θερμότητα(TJ)	Εξοικονόμηση CO2(Τόνοι)
Καυσόξυλα	2.036.000	29.393	2.177.042
Πυρηνόξυλο	400.000	6.698	496.099
Υπολείμματα Βιομηχανιών Ξύλου	113.154	1.563	155.766
Υπολείμματα εκκοκκισμού	29.050	413	30.590
Πυρήνες	610	11	815
Άχυρο	100	2	148
Σύνολο	2.580.094	38.098	2.821.792

**Πίνακας 6.1.:** Θερμότητα από βιομάζα στην Ελλάδα

#### **6.3.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα**

##### **Πλεονεκτήματα**

- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλιάνθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

##### **Μειονεκτήματα**

- Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
- Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.[13]

### 6.3.5. Τελευταίες εξελίξεις

Τα pellets από πριονίδι χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετά χρόνια ως καθαρή καύσιμη ύλη στην Ευρώπη, ενώ τελευταία έχει αρχίσει να διαδίδεται η χρήση τους και στην Ελλάδα. Στην αγορά προωθούνται ειδικές σόμπες που λειτουργούν με την καύση τέτοιων pellets, οι οποίες διατίθενται τόσο σε κλασικό, όσο και σε μοντέρνο σχεδιασμό, και αναπαράγουν την θαλπωρή ενός τζακιού με ξύλα χωρίς τις δυσκολίες στην εγκατάσταση και συντήρηση που παρουσιάζουν τα τζάκια.

Προς το παρόν- δυστυχώς- η καύσιμη ύλη είναι κατεξοχήν εισαγόμενη, αφού οι μονάδες παραγωγής pellets στην Ελλάδα είναι ελάχιστες και η τεχνολογία δεν έχει διαδοθεί ακόμη αρκετά ώστε να είναι ανταγωνιστική η εγχώρια παραγωγή. Μια τέτοια σόμπα καίει κατά μέσο όρο από 0,6 έως 2,5 κιλά καυσίμου την ώρα, ενώ το κόστος των pellets αυτή τη στιγμή είναι περίπου 0,30 Ευρώ ανά κιλό.



**Εικόνα6.32:**Μια μορφή βιομάζας: pellets (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών.

## 6.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

### 6.4.1. Εισαγωγή

Η γη προσφέρει μία σταθερή και απίστευτα μεγάλη πηγή θερμότητας, δεξαμενή θερμότητας και αποθήκη θερμότητας για θερμικές ενεργειακές χρήσεις, όπως είναι τα συστήματα γεωεναλλακτών σε συνδυασμό με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Είναι ευρύτατα γνωστό ότι η φυσική ροή της θερμότητας γίνεται από τις υψηλότερες στις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η αντλία θερμότητας είναι μία μηχανή η οποία προκαλεί τη ροή θερμότητας προς την αντίθετη κατεύθυνση από τη φυσική της ροή, από τις χαμηλότερες δηλαδή προς τις ανώτερες θερμοκρασίες.

Ένα σύστημα γεωεναλλάκτη είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Επειδή τα συστήματα γεωεναλλάκτη δεν καίνε ορυκτά καύσιμα για να παράγουν θερμότητα, παρέχουν τρεις έως πέντε μονάδες ενέργειας για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί το σύστημα. Ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 300% -500%.

Γενικά θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι πέρα από την αποδοτικότητά τους, τα γεωθερμικά συστήματα λειτουργούν σε συνεργασία με τη φύση και όχι ενάντια σε αυτήν. Δεν εκπέμπουν αέρια θερμοκηπίου, τα οποία έχουν συνδεθεί με την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, την όξινη βροχή και άλλους περιβαλλοντικούς κινδύνους.

Το γεγονός ότι μια γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορεί να προσφέρει θέρμανση και ψύξη την κάνει ιδιαίτερα ελκυστική. Με ένα απλό γύρισμα του διακόπτη στον εσωτερικό θερμοστάτη μπορείτε να περάσετε από την μία λειτουργία στην άλλη. Κατά τη διάρκεια της ψύξης η γεωθερμική αντλία θερμότητας απάγει την θερμότητα από τους εσωτερικούς χώρους και τη μεταφέρει στη δροσερή γη μέσω του γεωεναλλάκτη, ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης η διαδικασία αντιστρέφεται.

Τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, έχουν καταστήσει τα συστήματα που λειτουργούν με βάση την αβαθή γεωθερμία ιδιαίτερα αναπτυσσόμενες εφαρμογές σε παγκόσμια κλίμακα.[81,92]]



## 6.4.2. Εξοπλισμός γεωθερμίας

Το σύστημα αποτελείται από τρία κύρια μέρη(εικόνα 6.33):

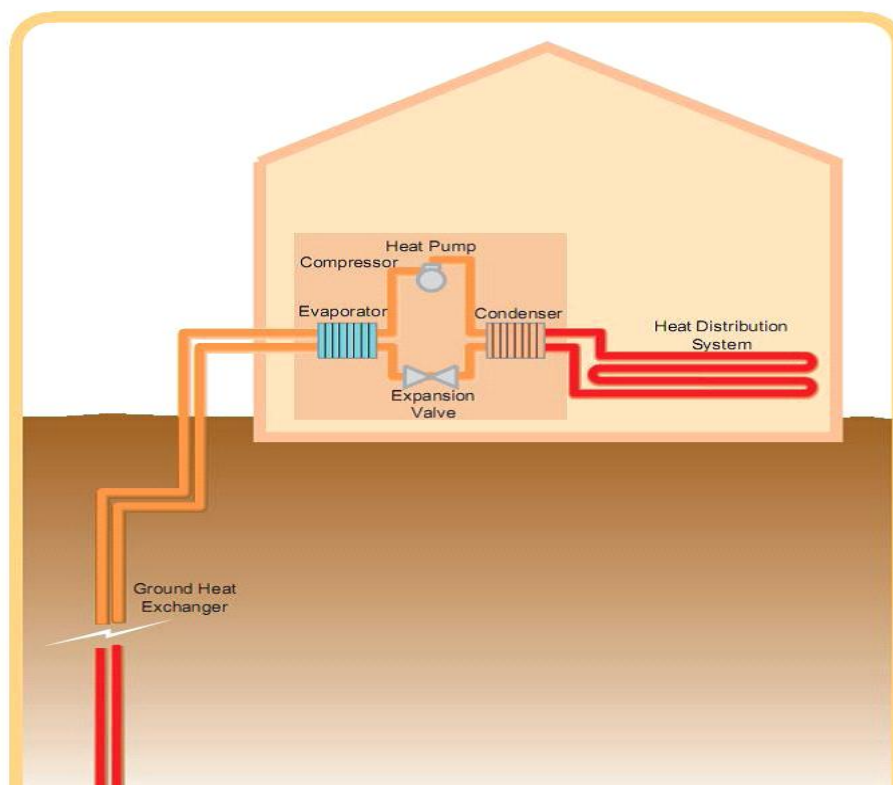
1) **Γεωεναλλάκτης (heat exchangers)**: Πρόκειται για ένα σύστημα ανταλλαγής θερμότητας με το έδαφος.

Διακρίνονται σε:

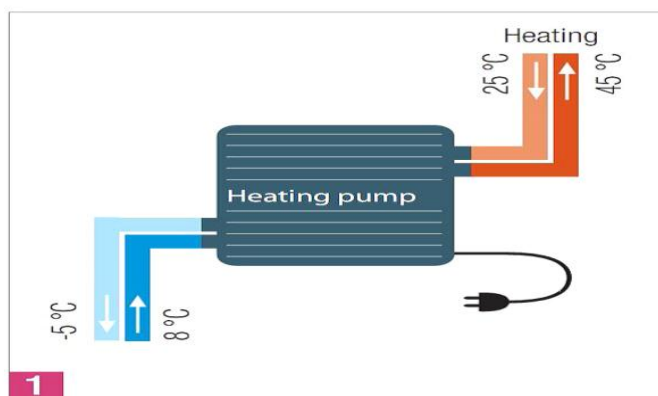
- Συστήματα κλειστού βρόγχου τα οποία εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που βρίσκεται αποθηκευμένη στους γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Ανοιχτά συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την παρουσία υπόγειου νερού ή επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα.

2) **Γεωθερμική αντλία θερμότητας (Heat pump)**

3) **Εσωτερικό σύστημα διανομής θερμότητας στο κτίριο**[81,99]



**Εικόνα 6.33:** Σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (γεωεναλλάκτης- αντλία θερμότητας- εσωτερικό σύστημα διανομής).



**Εικόνα 6.34:** Τυπική λειτουργία αντλίας θερμότητας

Γενικά θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι πέρα από την αποδοτικότητά τους, τα γεωθερμικά συστήματα λειτουργούν σε συνεργασία με τη φύση και όχι ενάντια σε αυτήν. Δεν εκπέμπουν αέρια θερμοκηπίου, τα οποία έχουν συνδεθεί με την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, την όξινη βροχή και άλλους περιβαλλοντικούς κινδύνους.

Το γεγονός ότι μια γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορεί να προσφέρει θέρμανση και ψύξη την κάνει ιδιαίτερα ελκυστική. Με ένα απλό γύρισμα του διακόπτη στον εσωτερικό θερμοστάτη μπορείτε να περάσετε από την μία λειτουργία στην άλλη. Κατά τη διάρκεια της ψύξης η γεωθερμική αντλία θερμότητας απάγει την θερμότητα από τους εσωτερικούς χώρους και τη μεταφέρει στη δροσερή γη μέσω του γεωεναλλάκτη, ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης η διαδικασία αντιστρέφεται.

Τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, έχουν καταστήσει τα συστήματα που λειτουργούν με βάση την αβαθή γεωθερμία ιδιαίτερα αναπτυσσόμενες εφαρμογές σε παγκόσμια κλίμακα.[88,92]

### 6.4.2.1. Γεωεναλλάκτες

Χρησιμοποιώντας το έδαφος σαν πηγή ή δεξαμενή θερμότητας είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί σύνδεση μεταξύ του αντικειμένου το οποίο πρόκειται να θερμανθεί ή να ψυχθεί (κτίριο, κατοικία κ.λπ.) και του εδάφους. Το ρόλο αυτό αναλαμβάνουν οι λεγόμενοι γεωεναλλάκτες. Πρόκειται για υπόγειους αγωγούς τοποθετημένους σε υπόγειες τάφρους σε βάθος έως 3 μέτρα από την επιφάνεια, μέσα από τους οποίους διέρχεται το ρευστό, το οποίο ανάλογα το είδος του συστήματος μπορεί να είναι νερό, ψυκτικό υγρό ή και αέρας. Η σύνδεση αυτή με το έδαφος καλείται κύκλωμα ή βρόγχος.

Οι γεωθερμικές αυτές συνδέσεις με το έδαφος μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες, όπως προαναφέρθηκε(Εικόνα 6.35):

- Γεωεναλλάκτες κλειστού βρόγχου οι οποίοι εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που βρίσκεται αποθηκευμένη στους γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Γεωεναλλάκτες ανοιχτού βρόγχου οι οποίοι εκμεταλλεύονται την παρουσία υπόγειου νερού ή επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα.
- Υβριδικά συστήματα
- Συστήματα άμεσης εναλλαγής θερμότητας(direct exchange)



Γεωεναλλάκτης οριζόντιος

Γεωεναλλάκτης κατακόρυφος

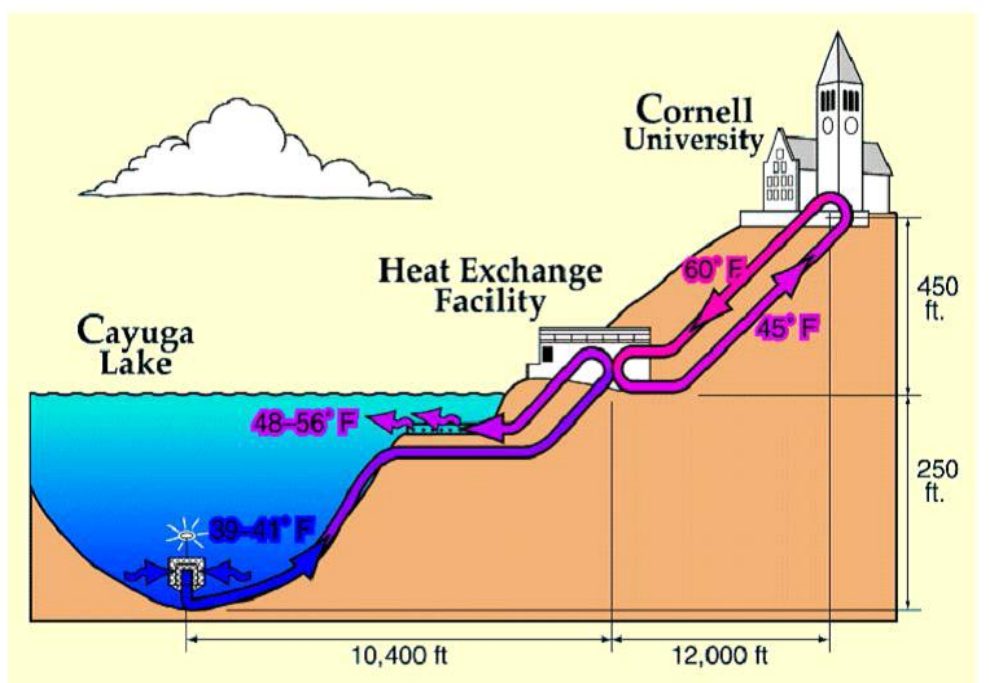
Γεωεναλλάκτες ανοιχτού βρόγχου

**Εικόνα 6.35:** Τύποι γεωεναλλακτών

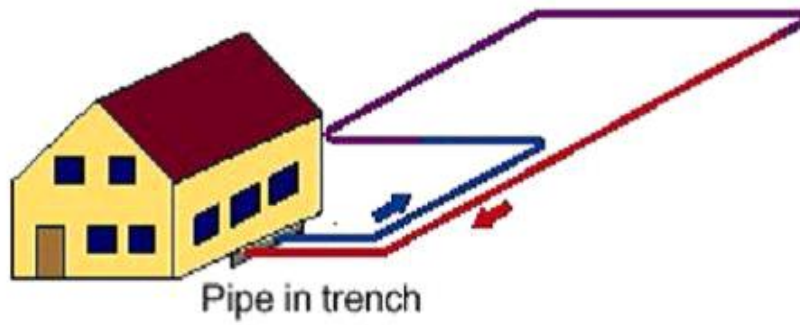
Το κύριο πλεονέκτημα ενός γεωθερμικού συστήματος κλειστού κυκλώματος έναντι του ανοιχτού είναι το γεγονός ότι το πρώτο είναι ανεξάρτητο από υπάρχοντες υδροφορείς και το είδος του νερού που κυκλοφορεί σε αυτούς. Τουναντίον, γεωθερμικά συστήματα ανοιχτού κυκλώματος παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα μετάδοσης θερμότητας από γεωτρήσεις σε σύγκριση με κάθετα συστήματα κλειστού βρόγχου. [81]

#### 6.4.2.2. Συστήματα επιφανειακών υδάτων

Τα συστήματα επιφανειακών υδάτων χρησιμοποιούν όγκο νερού προερχόμενο από παράλια ωκεανού ή ανοιχτής θάλασσας ή ακόμα και λιμνών στην ενδοχώρα τόσο για παροχή ύδατος όσο και για απόρριψη αυτού. Εννοιολογικά τα συστήματα επιφανειακών υδάτων είναι παρόμοια με τα συστήματα υδάτινων στηλών που περιγράφηκαν στην προηγούμενη υποενότητα.



Εικόνα 6.36: Απεικόνιση συστήματος επιφανειακών υδάτων



**Εικόνα 6.37:** Οριζόντιο γεωθερμικό σύστημα



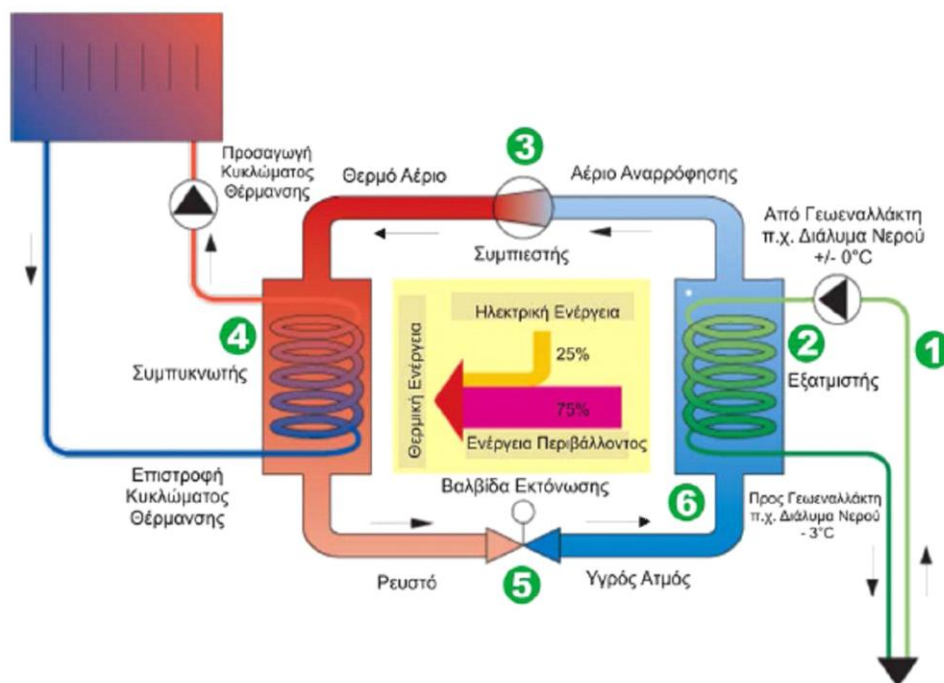
**Εικόνα 6.38:** Οριζόντιο κλειστό κύκλωμα σε διάταξη με σπείρες.



**Εικόνα 6.39:** Κλειστό κύκλωμα

### 6.4.2.3. Συστήματα απευθείας μετάδοσης θερμότητας

Τα συστήματα απευθείας μετάδοσης δεν χρησιμοποιούν νερό ή αντιψυκτικό υγρό ως το ενδιάμεσο φέρον ρευστό για τη μετάδοση θερμότητας μεταξύ του εδάφους και του κτιρίου. Αντιθέτως, τα συστήματα αυτού του τύπου, χρησιμοποιούν κλειστά κυκλώματα από σωληνώσεις μαλακού χαλκού για την απ' ευθείας μετάδοση θερμότητας από το έδαφος στο ψυκτικό μέσο. [95]



Εικόνα 6.40: Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας θερμότητας

### 6.4.3. Περιγραφή λειτουργίας

Ένα γεωθερμικό σύστημα, το οποίο αποτελείται από μια μονάδα εντός του κτιρίου και ένα θαμμένο γεωεναλλάκτη, αξιοποιεί τις σταθερές θερμοκρασίες του υπεδάφους για να δεσμεύσει την "ελεύθερη" ενέργεια. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά την αποθηκευμένη θερμότητα του εδάφους και την φέρνει στη μονάδα εσωτερικά του κτιρίου.

Η μονάδα αντλεί τη θερμότητα σε μια υψηλότερη θερμοκρασία και την διανέμει στο κτίριο. Το καλοκαίρι, το σύστημα αντιστρέφεται, *απάγει* τη θερμότητα από το κτίριο, τη μεταφέρει στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη και την αποθέτει στην πιο δροσερή γη.

1. Το διάλυμα νερού με αντιψυκτικό που κυκλοφορεί στο κύκλωμα γεωεναλλάκτη παίρνει την ενέργεια από το έδαφος, τα υπόγεια νερά ή τον αέρα.
2. Στον εξατμιστή, η ενέργεια μεταδίδεται σε ένα οικολογικό ψυκτικό μέσο με χαμηλό σημείο βρασμού, το οποίο μετατρέπεται σε αέριο για να κυκλοφορήσει σε ένα κλειστό κύκλωμα.
3. Στο συμπιεστή, αυξάνεται η πίεση του ψυκτικού μέσου, καθώς και θερμοκρασία του που φθάνει σε επίπεδο κατάλληλο για θέρμανση.
4. Στο συμπυκνωτή, η θερμότητα από το ψυκτικό μέσο αποδίδεται στο κύκλωμα θέρμανσης της κατοικίας.
5. Η πίεση του ψυκτικού μέσου εκτονώνεται στη βαλβίδα εκτόνωσης.
6. Το ψυκτικό μέσο ρέει *πάλι* προς τον εξατμιστή και η διεργασία επαναλαμβάνεται.[99]]

#### **6.4.4. Συστήματα διανομής θερμικών –ψυκτικών φορτίων στο εσωτερικό των χώρων.**

Με τον όρο συστήματα διανομής θερμικών-ψυκτικών φορτίων στο εσωτερικό του κτιρίου, εννοείται το σύνολο από τα δίκτυα, τα εξαρτήματα και τους αυτοματισμούς που φροντίζουν για την διανομή της παραγόμενης θερμότητας ή ψύξης στο εσωτερικό των κτιρίων. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν τη δυνατότητα απόδοσης της θερμότητας-ψύξης απευθείας σε συστήματα αέρα ή νερού. Οι αντλίες θερμότητας δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τα κοινά σώματα των καλοριφέρ, καθώς αυτά απαιτούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες νερού, αλλά μόνο με σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (Fan Coils) ή με ενδοδαπέδια / επιτοιχία θέρμανση. Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι και η πιο ενδεδειγμένη καθώς εξασφαλίζει τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης και επιτρέπει και την εκμετάλλευση άλλων ήπιων συστημάτων, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες.

Επιπλέον είναι ιδανική για χώρους με μεγάλο ύψος καθώς αποτρέπει την θερμική διαστρωμάτωση του αέρα. Εν τέλει ωστόσο, η διαμόρφωση των εσωτερικών δικτύων αποτελεί αρχιτεκτονική επιλογή και αποτέλεσμα μηχανολογικής μελέτης.

	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΝΟΙΚΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ		ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ	
			ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ
<b>FAN COIL UNITS</b>	Ισχύς αντλίας	KW	13,5	12,0	12,4	12,0
	COP		4,5	6,1	4,2	6,1
	Ηλεκτρική κατανάλωση	KW	3,0	2,0	3,0	2,0
	Θερμοκρασίες ανακυκλοφορίας	°C	50-45	7-12	50-45	7-12
<b>ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ - ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ</b>	Θερμική Ισχύς αντλίας	KW	13,9	14,0	13,0	14,0
	COP		5,8	7,2	5,3	7,2
	Ηλεκτρική κατανάλωση	KW	2,4	2,0	2,4	2,0
	Θερμοκρασίες ανακυκλοφορίας	°C	37-32	22-17	37-32	22-17
<b>ΣΩΜΑΤΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ</b>	Ισχύς αντλίας	KW	13,2		12,2	
	COP		3,9		3,7	
	Ηλεκτρική κατανάλωση	KW	3,3	<b>ΜΗ ΕΦΙΚΤΟ</b>	3,3	<b>ΜΗ ΕΦΙΚΤΟ</b>
	Θερμοκρασίες ανακυκλοφορίας	°C	55-50		55-50	

**Πίνακας 6.2:** Χαρακτηριστικά συστημάτων αντλιών σε συνδυασμό με συστήματα διανομής στο εσωτερικό.

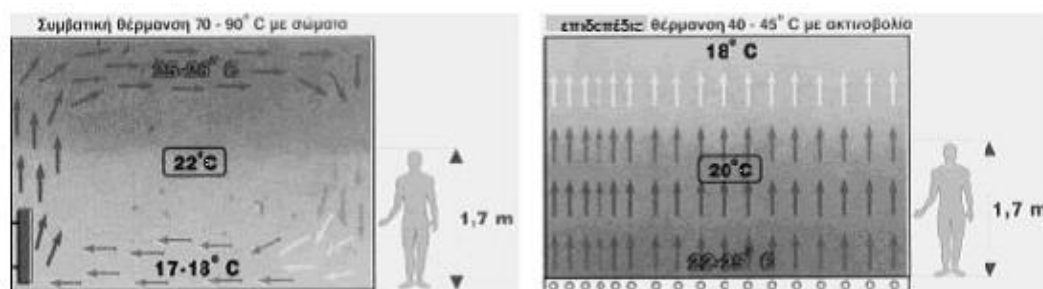
#### 6.4.5. Ενδοδαπέδια θέρμανση

Μία εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης καλύπτει απόλυτα τις ανάγκες, κατοικιών, σχολείων, δημόσιων κτηρίων, επαγγελματικών χώρων, ξενοδοχείων, υπόγειων κατασκευών κλπ χωρίς όμως να περιορίζεται εκεί το εύρος των εφαρμογών της. Λόγω της ομοιόμορφης και οριζόντιας κατανομής θερμότητας από το δάπεδο προς την οροφή, επιτρέπει την θέρμανση χώρων με μεγάλο ύψος οροφής όπως βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εκκλησίες κτλ. Η ενδοδαπέδια θέρμανση, λειτουργεί με νερό χαμηλής θερμοκρασίας, από 30<sup>0</sup>C έως 45<sup>0</sup>C που κυκλοφορεί σε σωλήνες εγκιβωτισμένους στο δάπεδο.

Το ζεστό νερό μεταφέρει θερμότητα στο θερμοπετόν που περιβάλλει τους πλαστικούς σωλήνες και στη συνέχεια το δάπεδο ακτινοβολεί θερμότητα. Αυτό σημαίνει ότι αυτή η μορφή θέρμανσης χρησιμοποιεί σαν θερμαντικό σώμα το δάπεδο και αυτό ακριβώς είναι το χαρακτηριστικό που προσδίδει στην ενδοδαπέδια θέρμανση την πλειοψηφία των πλεονεκτημάτων που εμφανίζει.[92]



Η θέρμανση του χώρου πραγματοποιείται με ακτινοβολία θερμότητας από το δάπεδο, και διαχέεται ομοιόμορφα από τα πόδια προς το κεφάλι, προσφέροντας μία αίσθηση θερμικής θαλπωρής. Προσφέρει πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος γιατί λειτουργεί σε χαμηλές θερμοκρασίες, με συνέπεια την χαμηλή κατανάλωση καυσίμου. Το σύστημα αυτό είναι σημαντικά οικονομικότερο, φιλικό προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα πολύ αποδοτικό, αφού η επιφάνεια των σωμάτων ενός αντίστοιχου συστήματος, έχει αντικατασταθεί στην δαπεδοθέρμανση, με την επιφάνεια όλου του δαπέδου, με συνέπεια την μεγάλη αύξηση της θερμαντικής ισχύς. Απαλλάσσοντας το κτήριο από τα εμφανή θερμαντικά σώματα, επιτρέπει την εκμετάλλευση όλων των χώρων με λειτουργικό τρόπο προσφέροντας ένα καλαίσθητο αρχιτεκτονικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 6.41: Σύγκριση συμβατικής και επιδαπέδιας θέρμανσης

Οι χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, απαλλάσσουν από την ξηρότητα του αέρα του χώρου και δίνουν ένα πραγματικά υγιεινό περιβάλλον. Επιπλέον, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών το σύστημα αυτό δεν δημιουργεί ρεύματα αέρα κι έτσι δεν υπάρχουν φαινόμενα όπως μαυρίσματα στους τοίχους ή μεταφορά σωματιδίων και μικροβίων. Ορισμένοι από τους παράγοντες που συμβάλλουν στην απόσβεση του κόστους μιας εγκατάστασης ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι:

- Η μειωμένη κατανάλωση καυσίμων, που προαναφέρθηκε (πάνω από 30%).
- Το μειωμένο κόστος κτηριακής συντήρησης
- Το μηδενικό κόστος συντήρησης και αντικατάστασης θερμαντικών σωμάτων
- Αύξηση του χρόνου ζωής του καυστήρα ο οποίος λειτουργεί λιγότερες ώρες.



**Εικόνα 6.42:** Ενδοδαπέδιο κύκλωμα αγωγών

Το σύστημα δαπεδοδροσισμού λειτουργεί εκμεταλλευόμενο το ήδη υπάρχον δίκτυο σωληνώσεων τις ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Είναι ένα λειτουργικό σύστημα που προσφέρει άνεση, απορροφώντας ομοιόμορφα θερμότητα από όλες τις κατευθύνσεις. Όταν αναφερόμαστε στην έννοια του δροσισμού εννοούμε ότι μετατρέπουμε το δάπεδο σε μια τεράστια ψυχρή επιφάνεια. Η θερμοκρασία νερού προσαγωγής του δροσισμού στις σωληνώσεις είναι  $18^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$ , ενώ η θερμοκρασία του δαπέδου είναι  $20^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$ . Με την λειτουργία του δροσισμού επιτυγχάνουμε μείωση της θερμοκρασίας του χώρου  $4^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$ .

Ο δροσισμός λόγω της χρήσης μεγάλης ψυκτικής επιφάνειας εμφανίζει πλεονεκτήματα όπως άνεση και υγιεινό περιβάλλον, απόλυτη ελευθερία στην διαμόρφωση των χώρων.

Επίσης, διασφαλίζει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και μειωμένο αρχικό κόστος κτήσης αφού χρησιμοποιούμε το ήδη υπάρχον δίκτυο σωληνώσεων, ενώ το ψυκτικό μηχάνημα υποδιαστασιολογείται γιατί στην συγκεκριμένη εγκατάσταση εκμεταλλευόμαστε την αδράνεια και την θερμοχωρητικότητα του συστήματος.[99]

#### **6.4.6. Σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας**

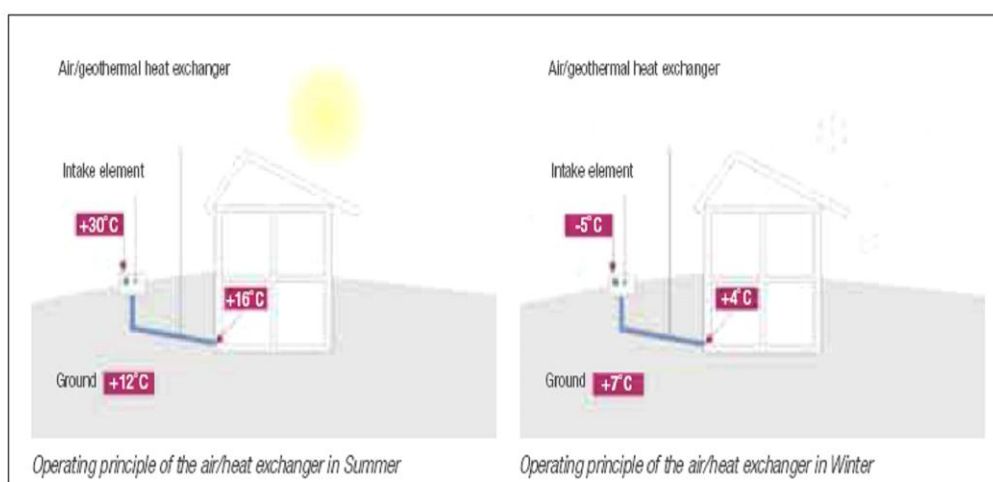
Παρόμοια με την ενδοδαπέδια εγκατάσταση που προαναφέρθηκε, έτσι και τα σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (fan coil), απαιτούν για την λειτουργία τους νερό χαμηλών θερμοκρασιών. Τα Fan Coils μοιάζουν εξωτερικά με τα κοινά κλιματιστικά, αλλά λειτουργούν με τροφοδοσία θερμού ή κρύου νερού, το οποίο χρησιμοποιούν για να ζεστάνουν ή να δροσίσουν τον αέρα. Αντίθετα με τα κλιματιστικά, τα Fan Coils δεν χρειάζονται πολλές μικρές μονάδες στους εξωτερικούς χώρους, αλλά μόνο μία κεντρική αντλία θερμότητας.[8]

#### 6.4.7. Εναλλάκτες θερμότητας αέρα-εδάφους / υπόγειοι αεραγωγοί

Μία ενδιαφέρουσα και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία είναι οι “earth to air heat exchangers” ή αλλιώς εναλλάκτες θερμότητας αέρα-εδάφους. Η ονομασία της συγκεκριμένης διάταξης ποικίλλει καθώς κάποιες φορές συναντάται ως “earth tubes” (σωλήνες εδάφους) ή ακόμα “ground-coupled air heat exchangers”. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για υπόγειους αεραγωγούς όπου με τη διάνοιξη υπόγειων τάφρων, σωλήνες τοποθετούνται στο εσωτερικού του εδάφους μέσω των οποίων διοχετεύεται ο αέρας της ατμόσφαιρας στο εσωτερικό του κτιρίου.

Όπως προαναφέρθηκε, το έδαφος χαρακτηρίζεται από την ικανότητα του να αποθηκεύει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία υπό μορφή θερμότητας με αποτέλεσμα η θερμοκρασία μετά από ένα ορισμένο βάθος να παραμένει σταθερή καθόλη τη διάρκεια του χρόνου. Κατ’ επέκταση, η θερμοκρασία του υπεδάφους είναι χαμηλότερη από την εξωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι και υψηλότερη το χειμώνα, με αποτέλεσμα όταν ο περιβαλλοντικός αέρας διοχετεύεται μέσα στους υπόγειους σωλήνες να ψύχεται το καλοκαίρι και να θερμαίνεται το χειμώνα, πριν χρησιμοποιηθεί για εξαερισμό(Εικόνα 6.43).

Συνεπώς οι εναλλάκτες θερμότητας από τον αέρα στο έδαφος “EAHX” έχουν τη δυνατότητα να εκπληρώνουν δύο σκοπούς: (προ)-θέρμανση το χειμώνα και (προ)-ψύξη το καλοκαίρι.[92]



**Εικόνα 6.43:** Απεικόνιση της διάταξης θερμικού εναλλάκτη αέρα-εδάφους το καλοκαίρι (αριστερά) και το χειμώνα (δεξιά).

Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι η απλότητα από την οποία χαρακτηρίζεται, το υψηλό δυναμικό σε ψύξη και προθέρμανση, τα χαμηλά κόστη λειτουργίας και συντήρησης καθώς και η οικονομία ορυκτών καυσίμων και των σχετικών ανεπιθύμητων εκπομπών. Ο προθερμασμένος “φρέσκος” αέρας υποστηρίζει ένα σύστημα ανάκτησης θέρμανσης και μειώνει την ζήτηση για θέρμανση το χειμώνα.

Το καλοκαίρι, σε συνδυασμό με έναν καλό θερμικό σχεδιασμό του κτιρίου και πόσο μάλλον σε συνδυασμό με ένα κατάλληλο σύστημα διανομής του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, μπορούν να περιορίσουν την ανάγκη για μηχανική ψύξη και κατ’ επέκταση την ανάγκη για κλιματιστικές μονάδες στο κτίριο, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την σημαντικότερη μείωση σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.[27]

## 6.5. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

### 6.5.1. Εισαγωγή

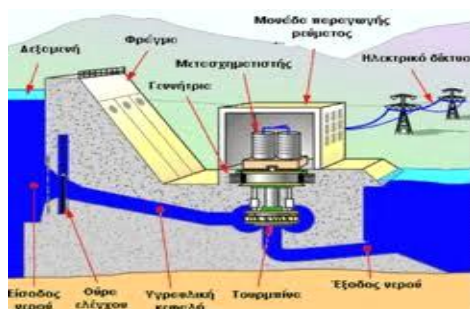
Η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας μέσω μετατροπής σε μηχανική ήταν γνωστή από τους αρχαίους χρόνους με τους γνωστούς νερόμυλους. Σταδιακά με την αύξηση των ενεργειακών αναγκών, έχουμε και την πρόοδο στις έρευνες για την εύρεση τεχνολογίας μετατροπής της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική και αυτής με τη σειρά της σε ηλεκτρική ενέργεια.[44]



Εικόνα 6.44: Φράγμα

### 6.5.2. Εξοπλισμός

Στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό περιλαμβάνεται(Εικόνα 6.45): ο υδροστρόβιλος, η γεννήτρια, ο μετασχηματιστής, οι αυτοματισμοί, οι ηλεκτρικοί πίνακες, ο βοηθητικός εξοπλισμός όπως η γερανογέφυρα. Σε πολλές περιπτώσεις ένα υδροηλεκτρικό έργο είναι εξοπλισμένο με περισσότερους υδροστρόβιλους έτσι ώστε να αυξάνεται η ευελιξία λειτουργίας και να βελτιώνεται η αξιοποίηση της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας. [44]



Εικόνα 6.45: Διάταξη φράγματος

### **6.5.3. Περιγραφή Λειτουργίας**

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Μία τουρμπίνα που είναι εγκατεστημένη σε μεγάλη μονάδα μπορεί να ζυγίζει μέχρι 172 τόνους και να περιστρέφεται με 90 rpm.

Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες. Δύο από τους σημαντικότερους είναι ο όγκος του νερού που ρέει και η διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στρόβιλου. Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη των δύο αυτών μεγεθών. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτόν μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 9% των ενεργειακών μας αναγκών σε ηλεκτρισμό.[35]

### **6.5.4. Ταξινόμηση σε μεγάλη και μικρή κλίμακα υδροηλεκτρικά έργα**

Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον(εικόνα 6.46). Η κατασκευή φραγμάτων περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα καθώς μεταβάλλει ριζικά τη μορφολογία της περιοχής. Αντίθετα, τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση.

Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Κατά τη λειτουργία τους, μέρος της ροής ενός ποταμού οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας και συνακόλουθα ηλεκτρικής μέσω της γεννήτριας. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού κατόπιν επιστρέφει στο φυσικό ταμιευτήρα ακολουθώντας τη φυσική της ροή.

#### **6.5.5. Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα**

Τα κύρια **πλεονεκτήματα** της υδροηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από μονάδες μικρής και μεγάλης κλίμακας είναι:

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις απαιτηθεί, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς που απαιτούν σημαντικό χρόνο προετοιμασίας,
- Είναι μία "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα προαναφερθέντα συνακόλουθα οφέλη (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος),
- Μέσω των υδατοταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, περιοχών αναψυχής και αθλητισμού.

Ως **μειονεκτήματα** αναφέρονται μόνο αποτελέσματα που σχετίζονται με τη δημιουργία έργων μεγάλης κλίμακας, όπως:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης εξοπλισμού, καθώς και ο συνήθως μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την αποπεράτωση του έργου,
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), καθώς και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης γης.

Επιπλέον, σε περιοχές δημιουργίας μεγάλων έργων παρατηρήθηκαν αλλαγές του μικροκλίματος, αλλά και αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας τους.

Για τους λόγους αυτούς, η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή έργων μικρότερης κλίμακας, όπως η δημιουργία μικρότερων φραγμάτων, οι συστοιχίες μικρών υδροηλεκτρικών έργων και οι μονάδες μικρής κλίμακας.[26]



**Εικόνα 6.46:** Φράγμα μεγάλης κλίμακας

### **Ενεργειακές Εφαρμογές:**

Σύμφωνα με την μελέτη που έχουμε πραγματοποιήσει, όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για την ικανοποίηση των απαραίτητων αναγκών των ενοίκων της κατοικίας μας, έχουμε καταλήξει στα παρακάτω αποτελέσματα που αναλύονται στον πίνακα που ακολουθεί.



<b>Κατανάλωση (Κατά Μέσο Όρο)</b>										
	Ωρες (h)		Ενέργεια (KWh)		*	*				
	Ημερισίως	Ετησίως	Ημερισίως	Ετησίως	ισχύς ανά συσκευή (W)	ώρες ανά μέρα (h/d)	μέρες ανά έτος (d/y)	ώρες ανά έτος (h/y)	ενέργεια ανά έτος (W*h/y)	KWh/y
40 Λαμπτήρες (3-35W) (LED+οικονομίας+φθορισμού)	6,00	2.190	0,06	21,9	10	6	365	2190	21.900	21,9
Τηλεόραση 1(LED 46')	2,33	850	0,28	102	120	2,5	340	850	102.000	102
Τηλεόραση 2(LED 30')	1,37	500	0,14	50	100	2	250	500	50.000	50
Πλυντήριο ρούχων	0,66	240	1,84	672	2.800	1,5	160	240	672.000	672
Κουζίνα (φούρνος)	0,49	180	1,33	486	2.700	1,2	150	180	486.000	486
Κουζίνα (4 μάτια από 1000 έως 2000W)	0,68	250	1,03	375	1.500	1	250	250	375.000	375
Ψυγείο (Μέση λειτουργία στο 25%)	6,00	2.190	0,66	240,9	110	6	365	2190	240.900	240,9
Σίδερο	0,90	330	0,90	330	1.000	3	110	330	330.000	330
Πιστολάκι	0,14	50	0,27	99	2.000	0,33	150	49,5	99.000	99
Θερμοσίφωνα (Ηλιακός+Ηλεκτρικός)	0,01	3	0,04	12,8	4.000	0,16	20	3,2	12.800	12,8
Ηλ. Σκούπα	0,14	52	0,26	93,6	1.800	1	52	52	93.600	93,6
Καφετιέρα	0,11	40	0,10	36	900	0,16	250	40	36.000	36
Mixer	0,01	5	0,00	0,9	180	0,1	50	5	900	0,9
Αντλία πισίνας	2,96	1.080	0,36	129,6	120	12	90	1080	129.600	129,6
Λοιπές συσκευές μικρής κατανάλωσης (H/Y,Στερεοφωνικό, Βίντεο κ.λ.π.)	1,00	365	1,00	365	1.000	1	365	365	365.000	365
Αντλία Θερμότητας, Αντλία Νερού και Fan coils (Γεωθερμία)		480	22,36	8160	17.000	4	120	480	8.160.000	8160
<b>ΣΥΝΟΛΟ :</b>			<b>30,56</b>	<b>11.152,8</b>						<b>11.152,8</b>

Πίνακας 6.3 :Καταναλώσεις κατοικίας

\*Για κάποιες συσκευές (λαμπτήρες, κουζίνα κ.λπ.) η ισχύς και οι ώρες κατανάλωσης έχουν υπολογιστεί κατά προσέγγιση και κατά μέσο όρο, ανάλογα με το πλήθος τους, το είδος της λειτουργίας τους (συνεχής ή διακοπτόμενη) και την εποχή χρήσης αυτών (χειμώνας – καλοκαίρι). Το ίδιο ισχύει και για τις συσκευές που αφορούν την γεωθερμία.

Όπως φαίνεται και στον πιο πάνω πίνακα θα πρέπει να παράγουμε ενέργεια, η οποία θα μπορεί να καλύπτει κατανάλωση τουλάχιστον 30,56KWh ημερησίως. Είναι απαραίτητη λοιπόν η εφαρμογή κατάλληλου φωτοβολταϊκού συστήματος αλλά και μιας οικιακής ανεμογεννήτριας.

Αναλυτικότερα, μέσα στο οικόπεδό μας, έχουμε τοποθετήσει 24 πάνελς φωτοβολταϊκών στοιχείων, ισχύος 235W έκαστο, μονοκρυσταλλικού τύπου για μεγαλύτερη απόδοση(18%-23%). Σε συνδυασμό με το διαξονικό σύστημα στήριξης (trackers), μπορούμε να φτάσουμε στον μέγιστο βαθμό απόδοσης τους, λόγω της κοινής πορείας τους με τον ήλιο, η οποία είναι κάθετη με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια της ημέρας. Δηλαδή μέσω του φωτοβολταϊκού συστήματος έχουμε παραγωγή κατά μέσο όρο περίπου 45KWh ημερησίως το οποίο προκύπτει κατά προσέγγιση από τον παρακάτω υπολογισμό:

$$24\text{πανελς} \times 235\text{W} = 5640\text{W} \times 8\text{ώρες την ημέρα} = 45120\text{W} \times 360\text{ημερες τον χρόνο} = 16243200\text{W}/365 = 44,50\text{KWh}.$$

*\*Η διακοπή λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων, εξαρτάται από την διάρκεια της ηλιοφάνειας (μέρα-νύχτα, χειμώνας-καλοκαίρι) και από τις περιόδους όπου απαιτείται συντήρηση ή τυχόν επισκευή λόγω βλάβης.*

Πίσω από το φωτοβολταϊκό σύστημα, έχει τοποθετηθεί μια ανεμογεννήτρια οικιακού τύπου, ισχύος 600W. Η οικιακή ανεμογεννήτρια που θα χρησιμοποιήσουμε λειτουργεί σε πεδίο ταχυτήτων ανέμων 5m/sec-30m/sec. Όταν ο άνεμος φτάσει σε ταχύτητα μεγαλύτερη των 30m/sec, τότε ενεργοποιείται ένα σύστημα ασφαλείας και η ανεμογεννήτρια παύει να λειτουργεί για να αποφύγουμε τυχόν βλάβες ή ακόμα και καταστροφή από τον δυνατό άνεμο. Απαραίτητη είναι, η συντήρηση και επισκευή, για την αποφυγή φθορών. Ο συνδυασμός όλων αυτών αλλά και των ημερών που δεν υπάρχουν άνεμοι (<5m/sec), η λειτουργία της ανεμογεννήτριας περιορίζεται στο 70% του έτους (δηλ. δουλεύει για περίπου 250 ημέρες τον χρόνο). Η ενέργεια προς κατανάλωση που προέρχεται από την οικιακή ανεμογεννήτρια είναι περίπου ίση με 8,22KWh την ημέρα.

$$600\text{W} \times 20\text{ώρες} = 12000\text{W} \times 250\text{ημέρες} = 3000000\text{W}/365 = 8,22\text{KWh}$$

<b>Παραγωγή (Κατά Μέσο Όρο)</b>										
	Ώρες (h)		Ενέργεια (KWh)		ισχύς ανά συσκευή (W)	ώρες ανά μέρα (h/d)	μέρες ανά έτος (d/y)	ώρες ανά έτος (h/y)	ενέργεια ανά έτος (W*h/y)	KWh/y
	Ημερισί ως	Ετησίως	Ημερισί ως	Ετησίως						
Ανεμογεννήτρια	13,70	5.000	8,22	3000	600	20	250	5000	3.000.000	3000
Φ/B 24 * 235 = 5640 W	7,89	2.880	44,50	16243,2	5.640	8	360	2880	16.243.200	16243,2
<b>ΣΥΝΟΛΟ :</b>			<b>52,72</b>	<b>19.243,2</b>						<b>19.243,2</b>

**Πίνακας 6.4:** Παραγωγή ενέργειας στην κατοικία

Το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας που προέρχεται από τα Φ\B και την Α\Γ είναι ίσο με 52,72KWh ημερησίως. Ένα μέρος του ποσού αυτού χρησιμοποιείται για την άμεση κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικού ρεύματος του σπιτιού κατά την διάρκεια της ημέρας, αλλά και για την πλήρωση κατάλληλων συσσωρευτών που έχουν φυλαχτεί στην αποθήκη του υπογείου. Έχουμε μελετήσει, ότι για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας χρειάζονται 40 συσσωρευτές των 12V, χωρητικότητας 100A και με ισχύ 1,2KW. Δηλαδή μπορούμε να αποθηκεύσουμε ενέργεια μέχρι και 48KWh. Όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν μπορεί να παράγει ενέργεια, οι συσσωρευτές με την βοήθεια της ανεμογεννήτριας εξακολουθούν να αποθηκεύουν ενέργεια ακόμα και την νύχτα.

Τέλος, σε όλο το δίκτυο παραγωγής, αποθήκευσης και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, έχουμε προβλέψει για την εγκατάσταση όλων των επιμέρους ασφαλιστικών διατάξεων-συσκευών, ρυθμιστών τάσεως, ανορθωτών τάσεως, ασφαλειών, διακοπών και λοιπών συσκευών στα αντίστοιχα σημεία που ορίζουν οι κατασκευαστές. Επιπλέον τον απαραίτητο μετατροπέα τάσης (inverter) από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα (DC σε AC) ο οποίος τοποθετείται στο κέντρο ελέγχου που έχουμε κατασκευάσει σε ειδικό χώρο στο υπόγειο.

Για τις θερμικές και ψυκτικές ανάγκες της κατοικίας μας, έχουμε επιλέξει να χρησιμοποιήσουμε, γεωθερμικό σύστημα αντί κάποιου σημαντικά ενεργοβόρου συμβατικού συστήματος. Έχουμε επιλέξει το οριζόντιο σύστημα γεωεναλλάκτη αφού μας το επιτρέπει η έκταση του οικοπέδου μας. Επιπλέον για τους χειμερινούς μήνες χρησιμοποιούμε ως πιο αποτελεσματική λύση θέρμανσης το ενδοδαπέδιο σύστημα, ενώ για τους ζεστούς μήνες του καλοκαιριού τα fan coils θεωρούνται η πλέον καλύτερη επιλογή. Απαραίτητη είναι μια αντλία θερμότητας και μια αντλία νερού (κυκλοφορητής). Η συνολική ισχύς των παραπάνω συσκευών, ώστε να καλύπτουν τις θερμικές και ψυκτικές ανάγκες της κατοικίας, έχει υπολογιστεί στα 17KW. Ημερησίως, η μέση κατανάλωση του συστήματος της γεωθερμίας είναι ίση με 22,36KWh, το οποίο όμως καλύπτεται πλήρως από το ενεργειακό σύστημα που έχουμε μελετήσει. Όπως παρατηρούμε, κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλισκόμενης ενέργειας συγκριτικά με τις υπόλοιπες συσκευές της οικίας (βλ. πιν.) όμως οι ενεργειακές απαιτήσεις του συστήματος αυτού σε σχέση με τα συμβατικά είναι σε τελική ανάλυση κατά πολύ μικρότερες, έως και 6 φορές.

## Κεφάλαιο 7. Υλικά

### 7.1. Δομικά υλικά και τοξικότητα



Εικόνα 7.1: Ενεργειακή σήμανση

Τοξικότητα είναι η ιδιότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές και αποτελούνται ή περιέχουν ουσίες που ονομάζονται τοξικές οι οποίες, όταν απελευθερώνονται μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και την υγεία των χρηστών του κτηρίου. Χρώματα, συγκολλητικές ουσίες, πτητικές οργανικές ενώσεις, φορμαλδεΐδες, πετροχημικά προϊόντα που περιέχονται κυρίως στα πλαστικά, πετροχημικές βαφές κόλλες και ρητίνες, καθώς και άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οικοδομικών υλικών είναι υψηλά τοξικά και καρκινογόνα. Συνεπώς, στην επιλογή ενός δομικού προϊόντος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τοξικότητα των συστατικών του, έτσι ώστε να αποφευχθούν προϊόντα που παράγονται, κατασκευάζονται ή περιέχουν ουσίες επιβλαβείς για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί, αποκαλύπτουν πως το 37% των δομικών προϊόντων έχουν μέση τοξικότητα και είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, ενώ 2% είναι από τοξικά έως πολύ τοξικά. Οι επιπτώσεις της τοξικότητας των υλικών στην υγεία περιλαμβάνουν αναπαραγωγικές ανωμαλίες, τοξική δράση στο ανοσοποιητικό και το νευρικό σύστημα, καρκινογόνος και μεταλλαξιογόνο δράση, ερεθισμούς και ποικίλες αλλεργικές αντιδράσεις.[28,24,30,13,28]

Τα κυριότερα τοξικά υλικά είναι:

<b>Ουσία - Υλικό</b>	<b>Χρήση</b>
Αμίαντος	Παλιά κτήρια
Βενζόλιο	Βενζίνη
Πριονίδια ξύλου	Ξυλουργικές εργασίες
Νικέλιο	Ηλεκτροσυγκολλήσεις
Χρωμικός Ψευδάργυρος	Αντισκωριακές στρώσεις
Κάδμιο	Επιχρίσματα
Ενώσεις Χρωμίου	Βερνίκια ξύλου
Διοξίνες	Καμένα κτήρια
Χρωμικός Μόλυβδος	Επιχρίσματα
Φορμαλδεΐδη	Συγκολλητικό
Συνθετικές ίνες	Μονώσεις
PCB	Λαμπτήρες Αερίου

**Πίνακας 7.1** : Τοξικά Δομικά Υλικά

Τα περισσότερα δομικά προϊόντα ωστόσο, δεν περιέχουν μόνο ένα, αλλά δύο ή περισσότερα συστατικά που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και δρουν σωρευτικά, όσον αφορά την τοξικότητα τους. Το ίδιο ισχύει και για προϊόντα που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα στις κατασκευές[24,26,9,13].

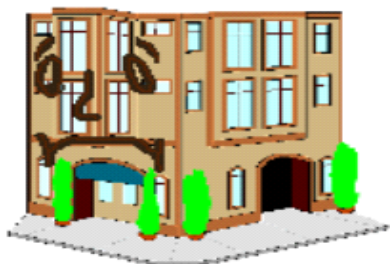
## 7.2. Η ραδιενέργεια στο χώρο του κτηρίου

Το ραδόνιο είναι ένα ραδιενεργό ευγενές αέριο που απελευθερώνεται κατά τη διαδικασία της φυσικής διάσπασης των στοιχείων φθορίου και ουρανίου, τα οποία είναι συνήθη στοιχεία και υπάρχουν σε ποικίλες ποσότητες στα πετρώματα και στο έδαφος. Στον εξωτερικό αέρα, το ραδόνιο αραιώνεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, αποτελώντας έτσι σημαντικά μικρότερο κίνδυνο απ' ό τι στον εσωτερικό αέρα ενός χώρου, όπου μπορεί να συσσωρεύεται σε σημαντικά επίπεδα. Η συγκέντρωση του ραδόνιου σε ένα κτήριο εξαρτάται από την ποσότητα του στο υποκείμενο έδαφος. Διαφορές πίεσης μεταξύ του αέρα του κτηρίου και του εδάφους, οδηγούν στην διείσδυση του ραδονίου δια μέσου ρωγμών, προς το εσωτερικό του κτηρίου. Μετά την είσοδο του στο κτήριο, το ραδόνιο διασπάται ραδιενεργά σε θυγατρικά προϊόντα, μερικά από τα οποία είναι επίσης ραδιενεργά και εκλύουν ακτινοβολία κατά τη διάσπαση.[24,30,32]

Ωστόσο, μια επίσης σημαντική πηγή ραδιενέργειας, είναι και η χρήση ραδιενεργών υλικών κατά τη δόμηση. Το τσιμέντο, για παράδειγμα, που έχει παραχθεί από πετρώματα που περιέχουν ουράνιο, μπορεί να αποτελέσει πηγή ραδονίου. Επίσης κεραμικά υλικά, ο πωρόλιθος, η κίσηρη και γρανίτες είναι στοιχεία που ενδέχεται να εκπέμπουν ραδιενέργεια. Έχει διαπιστωθεί, επίσης, ότι η ανεξέλεγκτη αποβολή ραδιενεργών πηγών και αποβλήτων έχει δημιουργήσει τα τελευταία χρόνια προβλήματα στις βιομηχανίες χάλυβα. Η ραδιενέργεια συνδέεται με τον χάλυβα που χρησιμοποιείται για το οπλισμένο σκυρόδεμα και κυρίως με αυτόν που κατασκευάζεται στις χαλυβουργίες από την ανακύκλωση παλαιοσιδήρου. Στην Ελλάδα τον Αύγουστο του 1997 εντοπίστηκε κρούσμα ραδιενέργειας σε παλαιοσίδηρο και χάλυβα σε γνωστή βιομηχανία.

Σε κάθε περίπτωση, για την αποφυγή της ραδιενέργειας συνίσταται καλός αερισμός του χώρου, η χρήση ειδικών στεγανοποιητικών μεμβρανών και η χρήση μη ραδιενεργών, οικολογικών δομικών υλικών.[28,27,32]

### 7.3. Σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου



Εικόνα 7.2 : Σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, το 30% των νέων ή επισκευαζόμενων κτιρίων παρουσιάζουν προβλήματα «εσωτερικής ρύπανσης». Η ρύπανση αυτή οφείλεται στον ανεπαρκή αερισμό του χώρου, στην ατμοσφαιρική ρύπανση, στη σκόνη και στα ακάρεα που υπάρχουν στο χώρο, στις ακτινοβολίες, αλλά και σε χημικούς ρύπους που οφείλονται στα υλικά κατασκευής. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τους χημικούς ρύπους, η φορμαλδεΐδη (που συναντάται στα μονωτικά υλικά από πίσσα, πολυουρεθάνες, ίνες ύαλου, αλκαλοειδή, κλπ., σε έπιπλα από κόντρα πλακέ, σε ψευδοροφές, σε νοβοπάν ή άλλα συνθετικά υλικά, όπως για παράδειγμα στις συνθετικές μοκέτες και σε ταπετσαρίες από συνθετικά υλικά), είναι μια πηγή ρύπανσης των χώρων στους οποίους ζούμε ή εργαζόμαστε.

Βλαπτικός, επίσης, παράγοντας είναι και ο αμιάντος που χρησιμοποιήθηκε ευρέως τις προηγούμενες δεκαετίες σε δομικά υλικά (τσιμέντο), υλικά ηχομόνωσης, πυροπροστασίας καθώς και σε μηχανολογικές εγκαταστάσεις. Πρόκειται για ουσία καρκινογόνο που έπρεπε να έχει απομακρυνθεί από όλα τα κτίρια από τη δεκαετία του '70, όμως ο αμιάντος έκτοτε δεν εξαφανίστηκε από τα κτίρια.

Στις περισσότερες περιπτώσεις όχι μόνο παραμένει σε πολλά κτίρια αλλά και απελευθερώνεται στον χώρο λόγω της παλαιώσης και φθοράς των υλικών επιδεινώνοντας την κατάσταση του κτηρίου.[25,26]

Ρυπογόνες ουσίες είναι επίσης και οι τεχνητές ορυκτές ύλες (πετροβάμβακας/υαλοβάμβακας) που αντικαθιστούν τον αμιάντο σαν θερμομονωτικά υλικά, καθώς επίσης πτητικές οργανικές ουσίες, οι οποίες εξαερώνονται με τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων από διάφορα προϊόντα, όπως χρώματα, πλαστικά, κόλλες, κλπ., όπου υπάρχουν ως διαλύτες. Βέβαια, και ο καπνός από τα τσιγάρα συγκαταλέγεται στις ρυπογόνες πηγές που μπορούν να δημιουργήσουν ένα βλαβερό για τους ένοικους



περιβάλλον, όπως επίσης τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο άνθρακα που απελευθερώνονται από τις διάφορες συσκευές του χώρου.

Συμπτώματα του συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου είναι πονοκέφαλοι, ζαλάδες, δύσπνοια, εκζέματα, παθήσεις του ήπατος, των νεφρών και του κεντρικού νευρικού συστήματος και διάφορες αλλεργικές εκδηλώσεις. Συνεπώς, είναι αναγκαίο να παγιωθεί μια οικολογική προσέγγιση στην οικοδομική, ικανή να προτείνει εναλλακτικές οικολογικές οδούς, φιλικές προς τον άνθρωπο.[30,24,25,26]

## **7.4. Οικολογικά Υλικά**

### **7.4.1. Κριτήρια Επιλογής Υλικών**

Τα «σωστά» υλικά που πρέπει να χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός κτηρίου, πρέπει να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις :

- Είναι ανακυκλώσιμα και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν
- Είναι φυσικά και όχι αποτέλεσμα της χημικής βιομηχανίας, βρίσκονται σε αφθονία ή είναι ανανεώσιμα
- Η παρασκευή τους στοχεύει στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και στην μείωση των αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Είναι τοπικά διαθέσιμα υλικά, ώστε να αποφεύγεται η κατανάλωση ενέργειας για μεταφορά στον τόπο χρήσης τους
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
- Δεν είναι τοξικά.
- Έχουν καθόλου ή ελάχιστο ποσοστό χημικών εκπομπών (π.χ. οι πτητικές ουσίες)
- Αντέχουν στην υγρασία, ώστε να μην εμφανίζεται το φαινόμενο της «μούχλας» στα κτήρια
- Η συντήρησή τους δεν εμπεριέχει χημικές διεργασίες
- Συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια
- Βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και γενικότερα συμβάλλουν στη δημιουργία υγιούς περιβάλλοντος για τους ενοίκους[28,30,24]

#### **7.4.2. Οικολογικά δομικά προϊόντα**

Πρόκειται για ένα περιορισμένο αριθμό προϊόντων, που χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά στις κατασκευές και δεν περιέχουν συνθετικά υλικά, ενώ προέρχονται από φυσικούς πόρους που υπάρχουν σε αφθονία.

##### **• Ωμή άργιλος:**

Είναι ένα άριστο οικοδομικό υλικό με πολύ καλές ιδιότητες όσον αφορά στη μηχανική αντοχή, στη θερμομόνωση και στην «αναπνοή» των εξωτερικών τοίχων. Χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά στην περιοχή της Μεσογείου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα σχηματισμένη με τη μορφή ωμοπλίνθων ή χυτή σε καλούπια που μοιάζουν με αυτά του σκυροδέματος. Ένα σπίτι από ωμοπλίνθους μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει το ίδιο σκάμμα για την θεμελίωση της ανωδομής, περιορίζοντας την επίπτωση των οικοδομικών εργασιών στο περιβάλλον.

##### **• Ασβέστης:**

Επιτρέπει την ανταλλαγή αέρα μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου, επιτρέποντας έτσι την «αναπνοή» του κτηρίου και έχει το πλεονέκτημα να γίνεται εύκολα η ανακατασκευή του σε τμήματα που υφίσταται φθορές με το χρόνο. Απορροφά διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα, εξισορροπεί την υγρασία.

##### **• Κετσές από καρύδα:**

Συνίσταται από το Ινστιτούτο της Βιολογίας της Κατασκευής του Ρόζενχαιμ της Γερμανίας. θεωρείται «πράσινο» υλικό με καλές ηχομονωτικές ιδιότητες .

##### **• Ξύλο:**

Πρόκειται για ένα από τα κυριότερα υλικά της οικοδομικής. Είναι ανανεώσιμο, απαιτεί μικρή επεξεργασία και αποτελεί ένα ζωντανό υλικό για τη κατασκευή. Προκειμένου, όμως, να χαρακτηρίζεται ως οικολογικό πρέπει να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις που αφορούν στην προέλευση του, στη διαδικασία παραγωγής του και στον τύπο της επεξεργασίας που υφίσταται. Επεξεργασίες του ξύλου με προϊόντα χημικής προέλευσης μπορούν να αποτελέσουν ρυπογόνες πηγές, ενώ η χρήση ξυλείας που προέρχεται από δάση των οποίων η διαχείριση αλλοιώνει τα δασικά οικοσυστήματα, σε καμία περίπτωση δε χαρακτηρίζεται ως οικολογική λύση. για το λόγο αυτό οικολογικές οργανώσεις παρέχουν πιστοποίηση (FSC– Forest Stewardship Council-) που εγγυάται ότι τα προϊόντα ξύλου που χρησιμοποιούνται

προέρχονται από δάση των οποίων η διαχείριση δεν αντιτίθεται στα κριτήρια για την ανάπτυξη τους.

**• Ξύλο εμποτισμένο με μαγνήσιο:**

Πρόκειται για οικολογικό υλικό με καλή θερμική και ακουστική μόνωση, που μπορεί να «αναπνέει». Είναι, επίσης, ηλεκτρικά ουδέτερο και μη ραδιενεργό. Προκύπτει από τον εμποτισμό ινών του ξύλου με θειικό μαγνήσιο και οξείδιο του μαγνησίου σε υψηλή θερμοκρασία.

**• Κόλλα από καουτσούκ:**

Οι συνήθεις κόλλες από συνθετικές ρητίνες μπορούν να γίνουν αιτία πρόκλησης επιβλαβών για την ανθρώπινη υγεία αναθυμιάσεων. Η κόλλα από καουτσούκ είναι φυσικό, μη τοξικό προϊόν, με σταθερές συγκολλητικές ιδιότητες το χρόνο.

**• Κερί από μέλισσες:**

Οικολογικό προϊόν που μπορεί να αξιοποιηθεί για το φινίρισμα και την προστασία του ξύλινων δαπέδων και γενικότερα των ξύλινων κατασκευών.

**• Πλέγμα γιούτας:**

Πρόκειται για φυτικές κλωστικές ίνες που εξάγονται από το βλαστό μερικών φυτών των τροπικών χωρών. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή εσωτερικών μονωτικών επιχρισμάτων, έτσι ώστε να απορροφούνται οι τάσεις, λόγω της συστολής του νερού του κονιάματος.

**• Φελλός:**

Έχει άριστες μονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπιεσμένος σε φύλλα, ή τριμμένος σε κόκκους. Είναι φυσικό υλικό και μη τοξικό.

**• Ωστενιτικός Χάλυβας:**

Λόγω της χαρακτηριστικής του σύνθεσης, είναι αμαγνητικός και ανοξείδωτος. Μοναδικό μειονέκτημα του το υψηλό του κόστους.[28,24,30]

### 7.4.3. Θερμομονωτικά υλικά

Σταθμό στην εξέλιξη των θερμομονωτικών υλικών απετέλεσε η πρώτη ενεργειακή κρίση των αρχών του 1970, όπου η επιταγή περιορισμού των αναγκών σε θέρμανση οδήγησε σε άνθηση στην αγορά θερμομονωτικών υλικών που αυξήθηκε ταχύτατα για να φτάσει σ' ένα κύκλο εργασιών της τάξης του 1.000.000.000 T το χρόνο. Ωστόσο, συχνά η χρήση πολλών από αυτά εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία και το περιβάλλον. Είναι γνωστό ότι μια σωστή θερμομόνωση, η οποία απαιτεί περίπου το 2% του αρχικού κόστους κατασκευής του κτηρίου, μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και το 50% του κόστους λειτουργίας της θέρμανσής του. Μια κατοικία 100m<sup>2</sup> καλά θερμομονωμένη, εξοικονομεί περίπου 2 τόνους πετρέλαιο σε σχέση με μια αμόνωτη κατοικία. Η καλή θερμομόνωση μπορεί να μειώσει τη μεταφορά θερμότητας μέσα από τους τοίχους, τα πατώματα, τις οροφές, τα παράθυρα, κ.λπ. κατά πολύ μεγάλο ποσοστό. Επιθυμητή είναι η χρήση υλικών με μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας.[24, 26,30,32]

Πάχος εξωτερικού τοίχου	Τιμή U με πρόσθετη θερμική μόνωση (W/m <sup>2</sup> .°K)					
	Όχι Μονωμένα	6 cm	8cm	10cm	12cm	14cm
38cm σταθερού τούβλου	1.45	0.45	0.37	0.31	0.27	0.24
38cm κενό τούβλο (παλιό)	1.08	0.41	0.34	0.29	0.25	0.23
38cm κενό τούβλο (νέο)	0.36	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
30cm πυρότουβλο (Ytong)	0.46	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18
30cm οπλισμένο Σκυρόδεμα	3.20	0.55	0.43	0.36	0.30	0.26
30cm συμπαγές ξύλο	0.60	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19

**Πίνακας 7.2 :** Τιμή U ανάλογα με τη μόνωση

>0. 40	Ανεπαρκές
0. 31 – 0. 40	Καλό
0. 25–0. 30	Πολύ καλό
<0. 25	Εξαιρετικά (Χαμηλά ενεργειακά επίπεδα)

**Πίνακας7.3 :** Διακυμάνσεις των τιμών U, ανάλογα με τα επίπεδα θερμομόνωσης

#### **7.4.3.1. Θερμομονωτικά υλικά συμβατικά και μη**

Στην αγορά κυκλοφορούν τα εξής θερμομονωτικά υλικά (συμβατικά και οικολογικά) :

##### **• Εξηλασμένη πολυστερίνη:**

Πρόκειται για υλικό που διατίθεται στην αγορά. Είναι υλικό μη ανακυκλώσιμο, προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (υδρογονάνθρακες), η παραγωγή του είναι ενεργοβόρος και είναι υπεύθυνο για τη διαφυγή πτητικών ουσιών αερίων στο περιβάλλον, όπως χλωροφθορανθράκων και πεντανίου. Συμβάλλει έτσι στην καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε περίπτωση πυρκαγιάς απελευθερώνονται επικίνδυνα, τοξικά βρωμιούχα αέρια.

##### **• Πολουρεθάνη:**

Υλικό μη ανακυκλώσιμο που προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Δεν επιτρέπει στο κτήριο να διαπνέει, ενώ έχει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Είναι δυνατόν να απελευθερώνονται αμίνες, που είναι ουσίες επικίνδυνες, ενώ σε εκδήλωση φωτιάς παράγεται κυάνιο που είναι ιδιαίτερα τοξικό .

##### **• Υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας:**

Η παραγωγή τους συνδέεται με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, είναι μη ανανεώσιμα (εκτός της υάλου), προέρχονται όμως από υλικά σε αφθονία. Έχουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία, για αυτό κατατάσσονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά που επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού.

Στη Γερμανία έχει απαγορευτεί η χρήση τους στα δημόσια κτήρια και εφαρμόζονται μόνο στα μικρότερα κτήρια όταν αυτά στεγανοποιηθούν απόλυτα.

##### **• Περλίτης:**

Πρόκειται για μη ανανεώσιμο υλικό, που βρίσκεται ωστόσο σε αφθονία στη φύση. Ανακυκλώνεται μερικώς και δεν απελευθερώνει τοξικές ουσίες.

**• Hraklith:**

Είναι ένα αποδεκτό υλικό, που αποτελείται κυρίως από ξυλόμαλλο-ίνες ξύλου και τσιμέντο, που απαιτεί μεν αρκετή ενέργεια για την παραγωγή του, αλλά μικρότερη δε σε σχέση με τα άλλα υλικά. Παρέχει υγιεινή θερμομόνωση, ηχομόνωση και ηχοαπορρόφηση, καθώς επίσης και πυροπροστασία λόγω της ορυκτοποίησης του ξύλου με το τσιμέντο. Επίσης παρουσιάζει εξαιρετική πρόσφυση στο μπετόν και στα επιχρίσματα. Δεν επηρεάζεται από την υγρασία, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι απρόσβλητος από τους μικροοργανισμούς. Δεν συνδέεται με προβλήματα υγείας των ενοίκων και δεν απελευθερώνονται τοξικές ουσίες σε περίπτωση πυρκαγιάς.

**• Διογκωμένος φελλός:**

Είναι ανακυκλώσιμο υλικό κατά 100%, προέρχεται από ανανεώσιμη πηγή (φελλόδεντρα) και η παραγωγή του απαιτεί χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Δεν έχει επιπτώσεις στην υγεία, είναι απόλυτα φιλικό, αρκεί η τοποθέτηση του να μη συνδυάζεται με χρήση συνθετικών κολλών. Μειονέκτημα του είναι το σχετικά αυξημένο κόστος του, συγκριτικά με τα άλλα θερμομονωτικά υλικά.

**7.4.4. Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά**

Υλικά που είναι ανακυκλώσιμα και ταυτόχρονα φιλικά προς το περιβάλλον, δίχως να είναι ακριβά, είναι τα παρακάτω:

- Λιναρόμαλλο
- Ρολό από ίνες κοκοφοίνικα
- Μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού
- Τζίβα
- Διογκωμένο άργιλο

Τα υλικά αυτά, μπορεί κανείς να τα βρει στις Ευρωπαϊκές χώρες, ωστόσο στην Ελλάδα δεν είναι ακόμα γνωστά, παρά το γεγονός ότι η χώρα μας διαθέτει και άργιλο και βαμβάκι και λινάρι. Οι προσπάθειες ωστόσο για ανεύρεση οικολογικών θερμομονωτικών υλικών συνεχίζεται, τουλάχιστον σε εργαστηριακό επίπεδο.[24,25,13,32]

## 7.5. Διαφανής θερμομόνωση

Εναλλακτική θερμομόνωση αποτελεί η διαφανής θερμομόνωση για την κατασκευή μεγάλων εξωτερικών επιφανειών. Οι θερμομονωτικές ιδιότητες της είναι πολύ καλές, καλύτερες ακόμη και από διπλούς υαλοπίνακες. Συγκεκριμένα, ο μέσος συντελεστής ερμωπερατότητας των υλικών αυτών είναι  $1 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$  για πάχος 10 cm, ενώ για διπλό υαλοπίνακα η τιμή είναι περίπου  $3 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ . Η διαφανής θερμομόνωση μπορεί να εφαρμοσθεί και πάνω από υπάρχουσες αμόνωτες τοιχοποιίες, όπως ακριβώς συμβαίνει με τις παραδοσιακές μονώσεις.[28]

## 7.6. Οικολογικά χρώματα

Τα χρώματα με τα οποία βάφουμε μια επιφάνεια (τοίχο, οροφή, κουφώματα, αλλά και έπιπλα), προκειμένου να παράσχουμε προστασία από την φθορά του χρόνου και την οξείδωση, αλλά και για αισθητικούς λόγους, συνήθως περιέχουν μια πληθώρα χημικών ουσιών που είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία. Τέτοιες ουσίες είναι βαρέα μέταλλα, πτητικές ενώσεις, καθώς και άλλες επιβλαβείς ουσίες. Συνεπώς η ανάγκη για οικολογικά χρώματα είναι μεγάλη.

Τέτοια χρώματα είναι αυτά που φτιάχνονται 100% από φυσικά συστατικά, που δυστυχώς όμως ακόμα έχουν μεγάλο κόστος, καθώς και χρώματα ήπιας χημείας, τα οποία περιέχουν χημικά πρόσθετα τα οποία ωστόσο είναι ήπιας σύστασης, παραμένοντας έτσι φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Σε ένα κτήριο στο οποίο χρησιμοποιούμε οικολογικά χρώματα, πετυχαίνουμε εξοικονόμηση ενέργειας, μικρότερη παραγωγή ρύπων, λιγότερο ακάθαρτο νερό και μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Αξιοσημείωτο είναι ότι τα χρώματα που παρασκευάζονται από την πετροχημική βιομηχανία δημιουργούν σημαντική ποσότητα αποβλήτων, ενώ το νερό που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια παραγωγής τους, διοχετεύεται συνήθως (μολυσμένο) στο περιβάλλον, λόγω του υψηλού κόστους ανακύκλωσης του. Σήμερα, ακόμα και στον Ελλαδικό χώρο, υπάρχουν εταιρίες που δραστηριοποιούνται στα οικολογικά χρώματα.[28,24]



## **7.7. Οικολογικά κονιάματα**

Στο πλαίσιο της αναζήτησης οικολογικών δομικών υλικών, τοποθετείται και οι τροφή προς τους «εναλλακτικούς» σοβάδες. Πρόκειται για υλικά που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν και σέβονται το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Αποτελούν συνδυασμό κονιάς και κεραμικών προϊόντων και έχουν ως κύριο πλεονέκτημα ότι είναι φυσικά προϊόντα δίχως χημικές προσμίξεις, που αντέχουν στο χρόνο. Αποτελούνται από τα εξής συστατικά:

### **• Θηραϊκή γη:**

Πρόκειται για φυσική ηφαιστιογενή ποζολάνη (υλικό με ιδιότητες παραπλήσιες με αυτές του τσιμέντου), που χρησιμοποιείται κυρίως για την αποκατάσταση μνημείων, αλλά και τη δόμηση νέων κατασκευών. Πλεονέκτημα της είναι η ιδιότητα της να ενώνεται με την άσβεστο και να σχηματίζει ασβεστοπυριτικές ενώσεις που σκληραίνουν το κονίαμα, παρουσίας υγρασίας. Την ιδιότητα αυτή την οφείλει στο πυρίτιο που περιέχει. Συνίσταται να μην χρησιμοποιείται το υλικό σε θερμοκρασίες κάτω των 5° C και άνω των 35° C, ενώ πρέπει να αποθηκεύεται σε καλυμμένο και στεγνό χώρο.[30]

### **• Ποζολάνη Μήλου:**

Η φυσική ποζολάνη χρησιμοποιήθηκε πρώτα από τους Ρωμαίους και ήταν συστατικό του Ρωμαϊκού σκυροδέματος, που αποτέλεσε μεγάλη καινοτομία στις κατασκευές. Στη Μήλο υπάρχουν μεγάλα κοιτάσματα ποζολάνης που προέρχονται από την ηφαιστειακή δράση σε παλιότερες εποχές στο νησί, και είναι προϊόντα του υψηλού γεωθερμικού πεδίου και της κυκλοφορίας των γεωθερμικών ρευστών στο εσωτερικό αυτού. Τα ενεργά ορυχεία ποζολάνης βρίσκονται στη Μήλο, αλλά και στην Κίμωλο και την Σκύδρα του νομού Πέλλης.

### **• Κεραμάλευρο:**

Ένα ακόμη στοιχείο που αξίζει να προστίθεται στο σοβά είναι το κεραμάλευρο, αγαπημένο υλικό των Ρωμαίων και των Βυζαντινών. Χρησιμοποιήθηκε κατά την Βυζαντινή περίοδο στην εκκλησία της Αγίας Σοφίας στη Θεσσαλονίκη, αποδεικνύοντας έτσι και την αντοχή του στο πέρασμα των χρόνων. Είναι φτιαγμένο από άργιλο που έχει ψηθεί σε υψηλή θερμοκρασία και μετά έχει γίνει σκόνη. Εκτός του ότι αυξάνει εντυπωσιακά την αντοχή του σοβά, μπορεί να δώσει

και κάποια φυσικά γαιώδη χρώματα, απαλλάσσοντας τον ιδιοκτήτη από τα έξοδα του βαψίματος.

Σε κάθε περίπτωση η αντοχή του οικολογικού σοβά δε συγκρίνεται με εκείνη του συμβατικού. Τα ιστορικά κτήρια που ακόμη στέκουν σε εξαιρετική κατάσταση είναι ζωντανή απόδειξη αυτής της ιδιότητας τους. Επίσης, είναι δυνατόν να αποφευχθεί η χρήση χρωμάτων, αφού τα κονιάματα αυτά μπορούν να προσφέρουν φυσικούς καλαίσθητους χρωματισμούς. Όσον αφορά δε την υγρασία, τα οικολογικά κονιάματα επιτρέπουν την αναπνοή του κτηρίου, ώστε να μην εγκλωβίζεται ανεπιθύμητη υγρασία.[24,30]

## 7.8. Κριτήρια επιλογής Δομικών Υλικών

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	1 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	2 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	3 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΔΕ ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ
Μόνωση Τοίχων	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Φελλός</li> <li>•Κυτταρίνη</li> <li>•Ξυλόμαλλο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Πετροβάμβακας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)</li> <li>•Υαλοβάμβακας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)</li> <li>•Πολυουρεθάνη</li> </ul>
Εσωτερικοί Αγωγοί Αποχέτευσης	Κεραμικοί σωλήνες	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Πολυαιθυλένιο (PE)</li> <li>•Πολυπροπυλένιο (PP)</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>•PVC</li> </ul>
Σωληνώσεις νερού	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Πολυπροπυλένιο (PP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ανοξείδωτο ατσάλι</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Χαλκός</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Πολυαιθυλένιο (PE)</li> <li>•Πολυβουτυλένιο</li> </ul>			
Εξωτερικές πόρτες	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης</li> <li>•Ξυλεία κωνοφόρων χωρίς συντηρητικά</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ξυλεία κωνοφόρων με εμφυτεύματα βορικών αλάτων</li> <li>•Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Αλουμίνιο</li> <li>•Ξυλεία κωνοφόρων με συντηρητικά</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία</li> <li>•PVC</li> </ul>
Εσωτερικές πόρτες	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Πιστοποιημένη ξυλεία αειφορικής διαχείρισης</li> <li>•Κυψελοειδής μοριοσανίδα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ευρωπαϊκή ξυλεία κωνοφόρων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης</li> <li>•Νοβοπάν</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία</li> <li>•PVC</li> </ul>
Πλακάκια και κάλυψη πατωμάτων	<ul style="list-style-type: none"> <li>Λινόλαιο</li> <li>•Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης</li> <li>•Φελλός</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Κεραμικά πλακάκια (κατά προτίμηση με οικολογική σήμανση)</li> <li>•Ξυλεία επεξεργασμένη με συντηρητικά</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Καουτσούκ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Φελλός με επίστρωση PVC ή πολυουρεθάνης</li> </ul>
Επιστέγαστρα και διαφανή συστήματα επικαλύψεων	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Γυάλινα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Πολυανθρακικά</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ακρυλικά (Plexiglas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•PVC</li> </ul>

Πίνακας 7.4 : Ενδεικτικά παραδείγματα επιλογών σε δομικά προϊόντα

Ο παραπάνω πίνακας, δίνει ενδεικτικά τα κριτήρια επιλογής για διάφορα δομικά προϊόντα, βάση της μεθοδολογίας «Περιβαλλοντικής Προτίμησης», η οποία εφαρμόζεται με επιτυχία σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες που επιλέγουν και προωθούν την οικολογική δόμηση. Η «Περιβαλλοντική Προτίμηση» βασίζεται στην αξιολόγηση των υλικών κατασκευής και την βαθμονόμηση τους, λαμβάνοντας υπόψη ορισμένους παράγοντες, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα είδος περιβαλλοντικής κατάταξης τους.

Μερικά από τα κριτήρια αυτά είναι τα εξής :

- Η σπανιότητα των πρώτων υλών
- Η οικολογική επίπτωση που σχετίζεται με την εξόρυξη και την παραγωγή των πρώτων υλών, καθώς επίσης οι εκπομπές ρύπων κατά την παραγωγική διαδικασία.
- Η ενεργειακή κατανάλωση σε όλα τα στάδια (εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά)
- Η κατανάλωση νερού
- Η χρήση ή έκλυση ουσιών επιβλαβών τόσο για την ανθρώπινη υγεία, όσο και για το περιβάλλον (π.χ. έκλυση τοξικών ουσιών)
- Η πρόκληση ηχορύπανσης ή δυσάρεστων οσμών[24,30,32]

Μια ενδεικτική παρουσίαση της ποιότητας των οικοδομικών υλικών, είναι και ο πίνακας που ακολουθεί, του οποίου η ερμηνεία εξηγείται παρακάτω:

A	Πηγή Προέλευσης
B	Βιολογική Διάρκεια Ζωής
Γ	Οικολογική Συμβατότητα
Δ	Κατανάλωση Ενέργειας
E	Ραδιενέργεια
ΣΤ	Τοξικές Πτητικές Ουσίες
Z	Οσμές

**Πίνακας 7.5 :** Ποιότητα δομικών υλικών

0	Να αποφεύγεται η χρήση του
1	Δε συνιστάται
2	Αμφίβολη Χρήση
3	Συνιστάται η χρήση του

**Πίνακας 7.6:** Ποιότητα δομικών υλικών

Υλικό	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ						
	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z
Εύλλο	3	3	3	3	3	3	3
Φελλός	3	3	3	3	3	3	3
Αργίλος	3	3	3	3	3	3	3
Κερί Μέλισσας	3	3	3	3	3	3	3
Τούβλο	2	3	3	2	2	2	3
Ασβοστοκονίαμα	2	2	3	2	3	2	3
Φυσικό Λινέλαιο	1	2	3	2	3	3	3
Τσιμέντο τύπου Portland	1	0	2	1	0	1	3
Πλάκα Αμιάντου	1	0	0	1	1	-	3
Συνθετικός Γύψος	0	0	0	1	0	-	3
Γυαλί	0	1	1	0	3	0	3
Ασφαλτόπανο	1	0	1	1	3		0
Πολυεστέρας	0	0	0	0	3	0	0
PVS	0	0	0	0	3	0	0
Συνθετική Κόλλα	0	0	0	0	3	0	3
BETANAME	0	0	0	0	1	0	3
Συνθετικό Βερνίκι	0	0	0	0	3	0	0

**Πίνακας 7.7 :** Ποιότητα δομικών υλικών

## 7.9. Υλικά Νέας Τεχνολογίας –PCM



Εικόνα 7.3 : Υλικά αλλαγής φάσης

### 7.9.1. Τι είναι τα PCM

Τα υλικά αλλαγής φάσης (Phase Change Materials), έχουν την ιδιότητα να τήκονται και να στερεοποιούνται – να αλλάζουν δηλαδή φάση- στο εύρος των θερμοκρασιών στις οποίες χρησιμοποιούνται, με αποτέλεσμα να αποθηκεύουν, αλλά και να προσφέρουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Δεδομένου ότι η λανθάνουσα θερμότητα είναι η ενέργεια στη μορφή θερμότητας που αποβάλλεται ή απορροφάται από ένα υλικό κατά την αλλαγή φάσης, επιθυμητό είναι τα υλικά αλλαγής φάσης να παρουσιάζουν μεγάλη τιμή λανθάνουσας θερμότητας. Έχουν την ιδιότητα να ομαλοποιούν τις διακυμάνσεις θερμότητας στον εσωτερικό χώρο ενός κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας, με το να μειώνουν τις ακραίες θερμοκρασίες, που είναι αποτέλεσμα ακραίων εξωτερικών θερμοκρασιών που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μειώνουν, λοιπόν, τις ανάγκες σε θερμικά και ψυκτικά φορτία εξασφαλίζοντας έτσι εξοικονόμηση ενέργειας για το χρήστη.

Με απλά λόγια θα μπορούσε να περιγραφεί η λειτουργία τους ως εξής:

Σε θερμοκρασία δωματίου τα υλικά αλλαγής φάσης βρίσκονται σε στερεά κατάσταση. Όταν όμως αυξηθεί η θερμοκρασία του χώρου, υγροποιούνται απορροφώντας θερμότητα την οποία παίρνουν από το δωμάτιο, το οποίο τελικά ψύχεται. Όταν δε η θερμοκρασία του χώρου πέφτει, τα υλικά αυτά στερεοποιούνται, αποβάλλοντας κατά τη διαδικασία της στερεοποίησης τους θερμότητα προς τον εσωτερικό χώρο.

Συνεπώς, είναι προφανές ότι ο εντοχισμός τέτοιων υλικών σε τοιχοποιία, ή η χρήση τους σε συνεργασία με ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μέθοδοι ιδιαίτερα αποδοτικές.

Για τη χρήση των υλικών αλλαγής φάσης στα κτήρια είναι επιθυμητό αυτά να έχουν τις εξής ιδιότητες:

- Επιθυμητό σημείο τήξης πάνω από 25 0C
- Σχετικό χαμηλό κόστος παραγωγής και αγοράς
- Να μην είναι τοξικά, διαβρωτικά, ή εύφλεκτα
- Να παρουσιάζουν υψηλή αγωγιμότητα
- Μεγάλη τιμή λανθάνουσας θερμότητας.[24]

### 7.9.2.Κατηγορίες PCM

Με βάση τη σύστασή τους, τα υλικά που αλλάζουν φάση μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες, τα *οργανικά* και τα *ανόργανα* υλικά:

#### *Οργανικά υλικά*

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει κυρίως τις παραφίνες και τα μικροκρυσταλλικά κεριά, καθώς επίσης τα λιπαρά οξέα, εστέρες, αλκοόλες λιπαρών οξέων ή και μίγματα αυτών.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι τα εξής:

- Είναι σχετικά φτηνά
- Είναι μη διαβρωτικά υλικά, χημικά και θερμικά σταθερά
- Σχετίζονται με μικρό κίνδυνο ρύπανσης του νερού
- Έχουν σχετικά χαμηλό κόστος σε σχέση με τα άλλα υλικά αλλαγής φάσης

Ωστόσο, παρουσιάζουν τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

- Είναι αναφλέξιμα σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (200)
- Έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας χαμηλότερο από τα ανόργανα υλικά
- Έχουν μικρότερη πυκνότητα από τα μη οργανικά
- Η λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης τους είναι επίσης χαμηλότερη από τα ανόργανα υλικά

#### *Ανόργανα υλικά*

Πρόκειται κυρίως για διαλύματα ένυδρων αλάτων, που παρουσιάζουν πολύ καλές ιδιότητες.

Τα πλεονεκτήματα τους είναι :

- Έχουν μεγάλη τιμή λανθάνουσας θερμότητας και αγωγιμότητας
- Είναι μη αναφλέξιμα
- Έχουν σχετικά μεγάλη πυκνότητα

Στα μειονεκτήματα τους συγκαταλέγονται τα εξής:

- Είναι διαβρωτικά, για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η αποθήκευση των υλικών σε ενισχυμένη συσκευασία
- Δεν είναι θερμικά σταθερά
- Έχουν αρκετά μεγάλο κόστος αγοράς σε σχέση με τα οργανικά
- Αν εκτεθούν σε υγρασία εκφυλίζονται οι ιδιότητες τους[24]

## 7.10. 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.[3,9]

### **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 υπέρυθρη ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία προερχόμενη κυρίως από γειτονικά κτήρια). Όπως είναι γνωστό λιγότερη από τη μισή ακτινοβολία του ήλιου είναι ορατή.

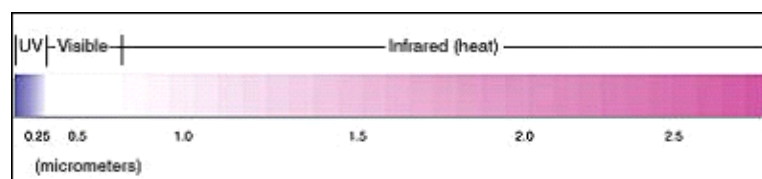
Ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος από την ορατή είναι η υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία γίνεται αισθητή ως θερμότητα, ενώ ακτινοβολία μικρότερου μήκους κύματος είναι η υπεριώδης. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε ένα παράθυρο, ορατό φως, θερμότητα και υπεριώδης ακτινοβολία αντανακλώνται, απορροφώνται, 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.[3,9]

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΠΛΩΝ ΚΑΙ ΒΕΑΤΙΩΜΕΝΩΝ 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	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

**Πίνακας 7.8 :** Εξοικονόμηση ενέργειας από τζάμια ειδικής τεχνολογίας



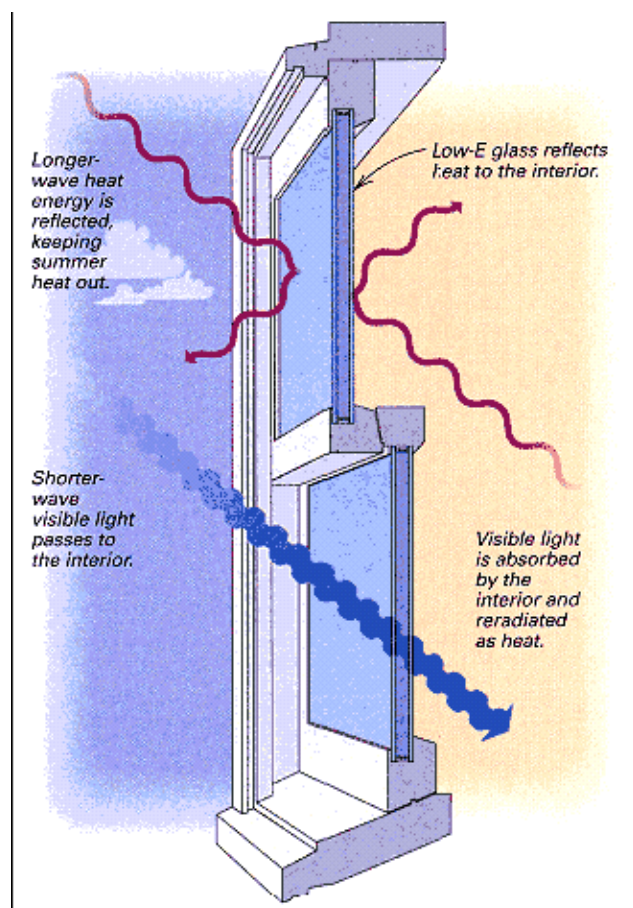
**Εικόνα 7.4:** Φάσμα ακτινοβολίας

#### **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.[9]



**Εικόνα 7.5:** 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.

### 7.11. 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' ό,τι θα μείωνε η προσθήκη ενός επιπλέον φύλλου γυαλιού στο παράθυρο, για αύξηση της μόνωσης.

Τύπος κλίματος	Τιμή SHGC
Θερμά	<0,40
Ψυχρά	>0,55
Εύκρατα	0,40-0,55

**Πίνακας 7.9:** Προτεινόμενες τιμές του παράγοντα ηλιακού θερμικού κέρδους για διάφορους τύπους κλίματος

## 7.12. Ανακλαστικά επιχρίσματα



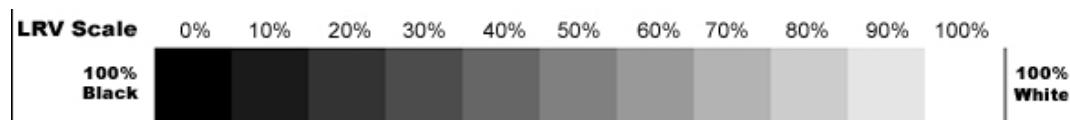
**Εικόνα 7.6:** «Όσο πιο ζεστή η στέγη, τόσο πιο ζεστά τα δωμάτια. Οι ανοιχτόχρωμες ανακλαστικές στέγες είναι σαν το κτήριο να φοράει «λευκό» πουκάμισο, το οποίο ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία. Ακόμα κα ένα ελαφρύ γκρι χρώμα είναι καλύτερο από ένα μπλε ή πράσινο.»

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<sup>0</sup>C υψηλότερα από μια ανοικτού χρώματος επιφάνεια.[32]

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 οποιοδήποτε κύματος ανακλά ένα χρώμα. Υψηλή τιμή LRV υποδεικνύει ανοιχτόχρωμη επιφάνεια. Αξιοσημείωτο είναι επίσης, ότι οι επιφάνειες ανοιχτού χρώματος έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, διότι αντανακλούν και βλαβερές ακτινοβολίες του ήλιου, τη στιγμή που μια μαύρη θα τις απορροφούσε.



Εικόνα 7.7: Δείκτης ανακλαστικότητας LRV [75]

### 7.13. Φράγμα ακτινοβολίας



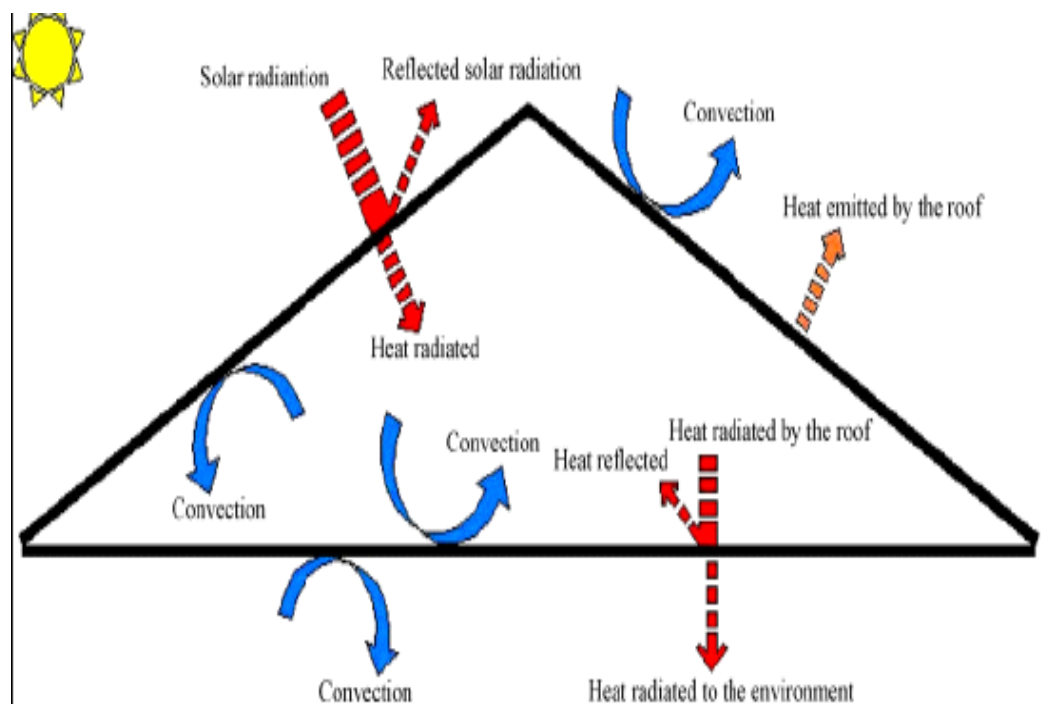
Εικόνα 7.8: Φράγμα ακτινοβολίας

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.

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 επτά φύλλα που κατασκευάζονται από υψηλά ανακλαστικά υλικά, συνήθως από αλουμίνιο στη μία ή και στις δύο πλευρές τους.[24]

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 . Λόγω της ανακλαστικότητας 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.[9]

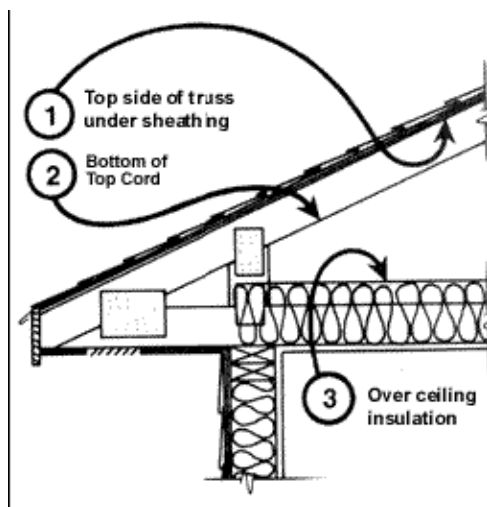


Εικόνα 7.9: Μετάδοση θερμότητας προς την στέγη κτηρίου

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.

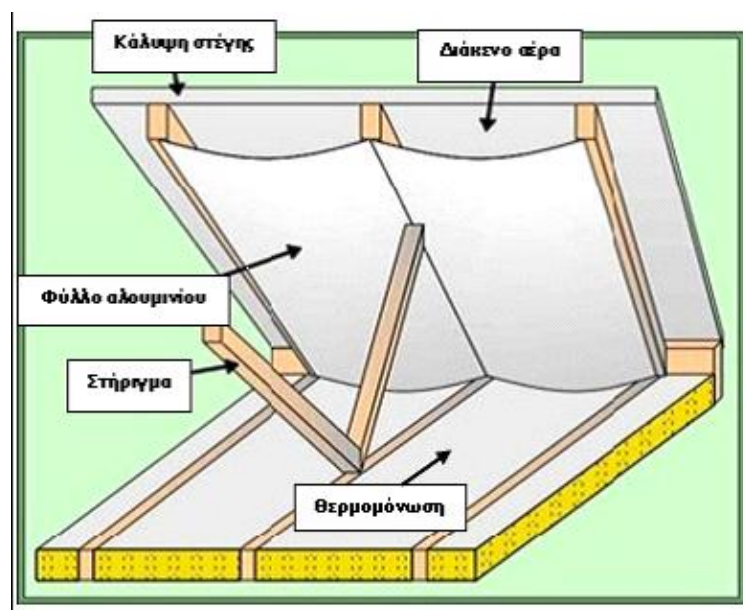
Το σύστημα παρέχει θερμική προστασία κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, διότι η θερμική ακτινοβολία που απορροφάται από τη στέγη δεν εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο, αλλά το μεγαλύτερο τμήμα της ανακλάται μακριά από τον κατειλημμένο χώρο του κτηρίου. Τα φράγματα ακτινοβολίας συνιστώνται κυρίως για τμήματα 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.[24,32]

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.



Εικόνα 7.10 : 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.



Εικόνα 7.11: 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, 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' ό τι στην περίπτωση της ακάλυπτης οροφής (αρνητική απόδοση).



Είδος Επίστρωσης	Απόδοση % σε ώρα υψηλότερης θερμοκρασίας	Μέση 24 ώρη απόδοση %	Νυχτερινή απόδοση %
Χωρίς Επίστρωση	-	-	-
Εμπορικό Φράγμα	73	76	63
Πορώδης κεραμίδια	48	86	-24
Λευκό κεραμίδια	30	70	-25

**Πίνακας 7.10:** Αποδόσεις των διαφορετικών υλικών κατά τη διάρκεια καλοκαιρινής ημέρας στη Βραζιλία

Από την έρευνα διαπιστώθηκε ότι η τοποθέτηση του φράγματος ακτινοβολίας εμπόδιζε 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.[9]

## 7.14. Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων

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

### Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

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

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

Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι:

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

Οι υαλοπίνακες είναι άκαμπτοι, εμφανίζουν αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις. Μειονέκτημα είναι το βάρος και η μικρή αντοχή τους σε μηχανική κρούση, εκτός εάν έχουν υποστεί ανάλογη επεξεργασία (π.χ. υαλοπίνακες ασφαλείας - τύπου "securit"). Το κοινό γυαλί έχει διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία από 0,78 - 0,91, ανάλογα με την ποιότητα και το πάχος του. Εάν χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί υαλοπίνακες, μειώνεται η διαπερατότητα του συστήματος, αλλά βελτιώνεται σημαντικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας.[24]

Ανακλαστικοί και απορροφητικοί υαλοπίνακες με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας αντίστοιχα, πρέπει να χρησιμοποιούνται με σύνεση στα παθητικά ηλιακά συστήματα, γιατί μειώνουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο χώρο. Αντίθετα, ενδείκνυνται υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπιμότητας (low emissivity ή low-e), κατάλληλα τοποθετημένοι, οι οποίοι περιορίζουν τη διαφυγή της θερμικής ενέργειας με ακτινοβολία προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και ειδικότερα τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κάθε κτηρίου, καθώς και από τις απαιτήσεις του κτηρίου σε φυσικό φως.

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

Τα πολυκαρβονικά (polycarbonate-PC) είναι σκληρά και διαφανή, με αντίσταση στη φωτιά και χαρακτηρίζονται από ευκολία στη διεργασία τους για να σχηματίζουν καμπύλες μορφές. Ο συντελεστής της θερμικής τους αγωγιμότητας κυμαίνεται από 0,190 έως 0,220 W/mK και η διαπερατότητά τους στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,40 έως 0,80, αναλόγως με το χρωματισμό τους.

Είναι σχετικά ελαφρά υλικά (με πυκνότητα τάξης μεγέθους των 1200 kg/m<sup>3</sup>). Χαρακτηρίζονται από χαμηλή αντοχή σε ρηγμάτωση -η οποία μπορεί να συμβεί λόγω μηχανικών καταπονήσεων, έκθεση σε οργανικά υγρά και σε περιβαλλοντικούς παράγοντες- που μπορεί όμως να περιορισθεί με την κατάλληλη διεργασία. Όταν δέχονται αρκετά αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία αλλοιώνεται η χρωματική τους εμφάνιση και η ρητίνη τους μπορεί να διαβρωθεί, σε βάθος 25μm από την εκτιθέμενη επιφάνεια (Legrand & Bendler, 2000).

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

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

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

#### **7.14.1. Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας**

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

Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

- το σκυρόδεμα: εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.
- η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- το νερό είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.
- τα υλικά αλλαγής φάσης (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση. Σημειώνεται ότι τα θερμομονωτικά υλικά διαθέτουν ελάχιστη θερμοχωρητικότητα και η τοποθέτησή τους στην εσωτερική παρειά των δομικών στοιχείων σχεδόν μηδενίζει τη συνεισφορά της θερμικής μάζας του δομικού στοιχείου. Γι' αυτό η εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης στα κτήρια που αξιοποιούν παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να γίνεται με περίσκεψη και στην περίπτωση που πραγματοποιείται να μην αφορά το σύνολο του κελύφους που περικλείει τον θερμαινόμενο χώρο, εκτός αν διατίθεται για την αποθήκευση της θερμότητας συγκεντρωμένη θερμική μάζα στον κατοικήσιμο χώρο, π.χ. ένας εσωτερικός τοίχος ή δάπεδο μεγάλου πάχους από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα.[24,9]

Επισημαίνεται ότι σε κτήρια με εξωτερική τοιχοποιία από εμφανή λιθοδομή, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα, η θερμομόνωση, για αισθητικούς λόγους τοποθετείται εσωτερικά, ακυρώνοντας τη θερμοχωρητικότητα του υλικού. Στην περίπτωση αυτή πρέπει είτε να προστίθενται στοιχεία μεγάλης θερμοχωρητικότητας στο εσωτερικό του κτηρίου (εσωτερικές τοιχοποιίες, δάπεδα κοκ με υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας), είτε η λιθοδομή να μετατραπεί σε τοιχοποιία με πυρήνα. Το υλικό της εσωτερικής τοιχοποιίας πρέπει να έχει επίσης ικανή θερμοχωρητικότητα (π.χ. οπτόπλινθοι), ενώ στο διάκενο τοποθετείται η θερμομόνωση.[5]

### **Εφαρμογή**

#### **Μόνωση:**

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εξωτερική θερμομόνωση έχει καλύτερες αποδόσεις από την ενδιάμεση, επιλέξαμε γραφιτούχο θερμομονωτικό υλικό. Τοποθετείται εξωτερικά σε πλάκες και έχει θερμική αγωγιμότητα  $0,0022\text{w/mk}$  για πυκνότητα 30 κιλά ανά  $\text{m}^3$ . Συγχρόνως έχει πολύ καλή ηχομόνωση μειώνοντας έως και 18 db την ηχορύπανση στον χώρο. Μεγάλο προτέρημα του είναι ότι θεωρείται άκαυστο.

Για την αποφυγή της υπερθέρμανσης της στέγης τους θερινούς μήνες τοποθετούμε στο κάτω μέρος της φράγμα ακτινοβολίας (κεφάλαιο7, παρ.12).

#### **Υαλοπίνακες:**

Ως υαλοπίνακες έχουμε επιλέξει διπλό χαμηλής εκπομπής με αργό. Τα κρύσταλλα αυτά είναι αδιαπέραστα από την ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα τους θερινούς μήνες να αντανακλάται η θερμή ακτινοβολία και να επιτρέπεται η διέλευση μόνο της ορατής. Οι υαλοπίνακες αυτοί περιορίζουν κατά πολύ τις απώλειες της θερμότητας σε σχέση με τα συμβατικά κρύσταλλα.

Επίχρισμα:

Το επίχρισμα που έχουμε επιλέξει είναι το υλικό που βασίζεται σε ηφαιστιογενή ποζολάνη. Έχει θερμομονωτικές ιδιότητες, που θα μας εξασφαλίσουν την σταθερή θερμοκρασία χωρίς απώλειες. Προτέρημά του είναι ότι δεν βάφεται οπότε δεν επιβαρύνουμε το κτίριο μας με επιβλαβείς ουσίες.

## Κεφάλαιο 8. Επίλογος

Καταλήγοντας, συμπεράναμε ότι με προϋπόθεση την κατάλληλη και εμπειριστατωμένη μελέτη, είναι εφικτή η ενεργειακή αυτονομία μιας κατοικίας. Απαραίτητος παράγοντας στην επίτευξη αυτού του στόχου, είναι η απόκτηση ενεργειακής συνείδησης των κατοίκων της.

Συγκεκριμένα απαιτείται περισσότερο από μια επιδερμική μελέτη. Το πρώτο βήμα, είναι η παρατήρηση των κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής που θα μας οδηγήσει στην βέλτιστη χωροθέτηση, διαρρύθμιση εσωτερικών χώρων και προσανατολισμό του κτηρίου. Σε συνάρτηση με τα παραπάνω, τοποθετούνται τα κατάλληλα ανοίγματα, υλικά δόμησης, τύπος φύτευσης, και εφαρμογή των παθητικών ηλιακών συστημάτων.

Όλα αυτά σε συνδυασμό με την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως για παράδειγμα φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτρια, γεωθερμία, βιομάζα κ.λπ., μας οδηγούν στην επίτευξη του στόχου μας, που είναι η δημιουργία μιας κατοικίας που προσφέρει θερμική άνεση χωρίς σπατάλη ενέργειας, φυσικό φωτισμό και αερισμό, και είναι ενεργειακά αυτόνομη.

Ως ανασταλτικός παράγοντας, μπορεί να θεωρηθεί ο οικονομικός προϋπολογισμός της κατασκευής μιας τέτοιας κατοικίας. Ωστόσο θα πρέπει να τονίσουμε ότι τα οικονομικά οφέλη είναι πολλά-π.χ μείωση λογαριασμών ενέργειας- ενώ διασφαλίζεται η απόσβεση της επένδυσης εντός περίπου δέκα ετών.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι η υπάρχουσα νομοθεσία δεν είναι φιλικά διακείμενη προς τη κατασκευή τέτοιων έργων αφού τα διατάγματα που αφορούν τις επιχορηγήσεις τους, κωλυσιεργούν. Τέλος, δεν υπάρχει κατάλληλη ενημέρωση προς τους πολίτες ούτε και κάποια προτροπή με τη μορφή επιδότησης.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι η μελέτη και η παρουσίαση μιας κατοικίας στη περιοχή της Επιδαύρου, όπου διέπεται από τις αρχές του βιοκλιματισμού και είναι ενεργειακά πλήρως αυτόνομη. Αναλύονται λεπτομερώς με παραδείγματα και απεικονίσεις, οι αρχές του βιοκλιματισμού καθώς επίσης και τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα (άμεσα και έμμεσα). Επιπροσθέτως, περιγράφονται οι λειτουργίες των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και παρουσιάζονται οι νέες τεχνολογίες αυτών. Τέλος, διενεργήθηκε έρευνα για τα νέα δομικά υλικά που έχουν τις καλύτερες ιδιότητες στην θερμομόνωση αλλά συγχρόνως δεν έχουν επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου.

## **SUMMARY**

The main subject of this thesis includes the study and the presentation of a house in Epidavros area, which is governed by the principles of bioclimatism and it is fully energetic autonomous. What is more, there has been a fully detailed reference about the principles of bioclimatism and the Passive Solar Systems (direct and indirect), throughout several examples and illustrations. In addition, a full description is listed about the functions of Renewable Energy Sources as well as a presentation about their newest technologies. Finally a survey was carried out about new structural materials that provide better quality in Thermal insulation and in the meanwhile have no impact in human health.



## Βιβλιογραφία

- 1.ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική, Κώστας και Θέμης Στεφ.Τσιπής, Εκδόσεις Κεδρος, 2005
- 2.ΚΤΙΡΙΑ ΓΙΑ ΕΝΑΝ ΠΡΑΣΙΝΟ ΚΟΣΜΟ, οικολογική δόμηση , βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Μαργαρίτα Καραβασίλη, Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, Psystems international ΑΕ, Αθήνα 1999
- 3.ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, Ηλίας Ευθυμίου, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
- 4.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, Εισαγωγή για αρχιτέκτονες, ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ-Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994
- 5.ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΗΜΕΡΙΔΑΣ ΜΕ ΘΕΜΑ «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ», Νοεμβρίου 2006, Ακαδημία Αθηνών, ΕΜΠ
- 6.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)
- 7.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)
- 8.ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΙΚΙΣΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>
- 9.Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, <http://www.evonymos.org/greek/index.html>
- 10.Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Παθητικά Συστήματα, [www.arch.tuc.gr/main\\_site/information/lectures/documents/pathitika\\_systimata.pdf](http://www.arch.tuc.gr/main_site/information/lectures/documents/pathitika_systimata.pdf)
- 11.[http://en.wikipedia.org/wiki/Passive\\_solar\\_building\\_design](http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_solar_building_design)
- 12.<http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/about/tree.html>
- 13.ΕΞΥΠΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ, [http://www.domika.gr/newSolutions/oikologia/exipna\\_parathira.asp](http://www.domika.gr/newSolutions/oikologia/exipna_parathira.asp)
- 14.BIOCLIMATIC ARCHITECTURE, The Demonstration Component of the Joule Thermie Programme, European Comission, Energy Research Group University College Dublin, Ireland, Published by: LIOR E.E.I.G., 1997
- 15.[http://erg.ucd.ie/mb\\_bioclimate\\_architecture.pdf](http://erg.ucd.ie/mb_bioclimate_architecture.pdf)

16. ΗΛΙΑΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΘΥΡΑ,  
[http://www.ktirio.gr/gr/\\_dynoP/articles/arthra\\_det.asp?KATEGORY\\_CODE=23&ARTHRO\\_NAME=118-27.TXT](http://www.ktirio.gr/gr/_dynoP/articles/arthra_det.asp?KATEGORY_CODE=23&ARTHRO_NAME=118-27.TXT)
17. 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)
18. Greenpeace, <http://www.greenpeace.org/greece/137368/137396/138787>
19. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ,  
<http://building.dow.com/styrofoam/europe/el/applications/thermal/flat/4.htm>
20. <http://www.egreen.gr/why.html>
21. GREEN ROOFS, <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36060.pdf>
22. DAYLIGHTING IN BUILDINGS, A Thermie Programm Action, The European Comission Directorate-General For Energy, DGXVII
23. [http://erg.ucd.ie/mb\\_daylighting\\_in\\_buildings.pdf](http://erg.ucd.ie/mb_daylighting_in_buildings.pdf)
24. GREEN BUILDING MATERIALS, California Integrated Waste Management Board , <http://www.ciwmb.ca.gov/GreenBuilding/Materials/>
25. ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΤΟΥ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ,  
[http://tovima.dolnet.gr/print\\_article.php?e=B&f=13250&m=A44&aa=1](http://tovima.dolnet.gr/print_article.php?e=B&f=13250&m=A44&aa=1)
26. ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΤΟΥ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ, [http://evavaroutaflorou.blogspot.com/2008/01/blog-post\\_20.html](http://evavaroutaflorou.blogspot.com/2008/01/blog-post_20.html)
27. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ, Αιμ.Γ.Κορωναίος καθηγητής Ε.Μ.Π., Γ.Φοίβος Σαργέντης Υπ.Δρ.Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005,  
<http://www.ntua.gr/vitruvius/ecomat.pdf>
28. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ,  
<http://www.hirc.gr/services/newsletter/inn6/ecomat.htm>,
29. [http://www.s-ol-ar.gr/oik\\_domisi.html](http://www.s-ol-ar.gr/oik_domisi.html)
30. ΘΗΡΑΪΚΗ ΓΗ, <http://www.dalkafoukis.gr/pdf/THIRAIKH%20GH.pdf>
31. <http://www.milos-island.gr/history/econhistory.gr.html>
32. <http://www.oikologos.gr/News/Thermomonosi.htm>
33. <http://www.presenting.net/sbs/sbs.html>
34. [http://www.energytraining4europe.org/greek/training/guide\\_eff\\_use/insulation\\_05.htm](http://www.energytraining4europe.org/greek/training/guide_eff_use/insulation_05.htm)
35. ENERGY EFFICIENT BUILDING DESIGN, Renewable Energy for NREL, November 13, 2006, Otto Van Geet P.E., National Renewable Laboratory

- 36.[http://www.nrel.gov/visitors\\_center/pdfs/powerlunch\\_energy\\_efficient\\_building\\_nrel.pdf](http://www.nrel.gov/visitors_center/pdfs/powerlunch_energy_efficient_building_nrel.pdf)
- 37.Solar Heat Gain Factor and Heat Loss Coefficients for Passive Heating concepts,M.S. Bhandari, N.K.Bansall, Centre for Energy Studies, Indian Institute ofTechnology, USA, 1994, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- 38.[http://en.wikipedia.org/wiki/Trombe\\_wall](http://en.wikipedia.org/wiki/Trombe_wall)
- 39.TROMBE WALLS IN LOW ENERGY BUILDINGS,  
<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36277.pdf>
- 40.A WATER WALL SOLAR DESIGN MANUAL,  
<http://builditsolar.com/Projects/SpaceHeating/AWaterWallIntro.pdf>
- 41.BARRA CONSTANTINI SYSTEM,  
<http://www.osti.gov/accomplishments/pdf/DE90012500/066.pdf>
- 42.PERFORMANCE OF BARRA-CONSTANTINI PASSIVE HEATING SYSTEM UNDER ALGERIAN CLIMATE CONDITIONS, K.Imessad, N. Ait Messaoudene, M.Belhamel, Algeria, 2003, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- 43.[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_nyxterini\\_aktinobolia](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia).
44. <http://www.energybooks.com/pdf/919929.pdf>
- 45.<http://www.yourhome.gov.au/technical/pubs/fs44.pdf>
- 46.[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_hlioprostasi](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasi)
- 47.[http://www.levolux.com/L\\_products/specialist\\_venetian\\_blinds\\_details2.htm](http://www.levolux.com/L_products/specialist_venetian_blinds_details2.htm)
- 48.[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_yalopinakes.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_yalopinakes.htm)
49. ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ/ ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ,  
<http://www.conferences.gr/fileadmin/dtemplates/palenc2007/pdf/egreen.pdf>
- 50.[http://www.sciencebuddies.com/science-fairprojects/project\\_ideas/EnvEng\\_p012.shtml?from=Home](http://www.sciencebuddies.com/science-fairprojects/project_ideas/EnvEng_p012.shtml?from=Home)
- 51.LIGHT REFLECTANCE VALUE, <http://www.squidoo.com/LRV>
- 52.GREEN ROOFS, <http://www.delston.co.uk/greenroofs.htm>
- 53.GREEN ROOFS GROW... WITH BROWN COMPOST,  
[http://www.jgpress.com/archives/\\_free/000254.html](http://www.jgpress.com/archives/_free/000254.html)
- 54.<http://www.usemenow.com/web-log/greenroof1.jpg>
- 55.[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)
- 56.[http://www.lid-stormwater.net/greenroofs\\_benefits.htm](http://www.lid-stormwater.net/greenroofs_benefits.htm)
- 57.<http://hortweb.cas.psu.edu/research/greenroofcenter/research.html>
- 58.<http://www.greenbuilder.com/sourcebook/PassSolGuide3.html>

59. ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ,

60. [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)

61. ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ,

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

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

64. LET THERE TO BE LIGHT, <http://www.ntnu.no/gemini/3,45,902003->

65. [http://en.wikipedia.org/wiki/Compact\\_fluorescent\\_lamp](http://en.wikipedia.org/wiki/Compact_fluorescent_lamp)

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

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

68. <http://www.greenpeace.org/greece/137368/137396/138760>

69. [http://www.cres.gr/kape/education/solar\\_cooling\\_brochure-SMALL.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/solar_cooling_brochure-SMALL.pdf)

70. [http://www.ebhe.gr/library/Greek\\_Solar\\_Market\\_Greek.doc](http://www.ebhe.gr/library/Greek_Solar_Market_Greek.doc)

71. [http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS\\_HVAC.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS_HVAC.pdf)

72. ([http://www1.eere.energy.gov/solar/sh\\_use.html](http://www1.eere.energy.gov/solar/sh_use.html)

73. <http://ieeexplore.ieee.org/iel4/595/13398/00613904.pdf>

74. <http://science.duth.gr/modules.php?name=News&file=print&sid=69>

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

76. <http://science.duth.gr/modules.php?name=News&file=print&sid=69>

77. <http://starbulletin.com/2004/12/02/>

78. Γρηγόριος Ι. Καρυδάκης, "Γεωθερμική Ενέργεια", Αθήνα, 2005

79. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Ετήσια έκθεση ΚΑΠΕ 2009

80. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, "Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής", 2002

81. Αναστασία Μπένου, "Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας", ΚΑΠΕ, 2009

82. <http://www.aidengineering.gr/gr/Buildings.aspx>

83. <http://www.aivc.org>

84. [www.builditsolar.com/.../passive\\_cooling.htm](http://www.builditsolar.com/.../passive_cooling.htm)

85. <http://www.cea.org.cy>

86. [http://www.cres.gr/kape/index\\_gr.htm](http://www.cres.gr/kape/index_gr.htm)

87. <http://www.inive.org>

- 88.<http://www.ecotec.gr/>
- 89.[http:// www.energyhomes.gr](http://www.energyhomes.gr)
- 90.[http://en.wikipedia.org/wiki/Fan\\_coil\\_unit](http://en.wikipedia.org/wiki/Fan_coil_unit)
- 91.<http://www.gasclimattica.gr>
92. <http://www.groundreach.eu/>
- 93.<http://www.igshpa.okstate.edu>
- 94.<http://www.lts-engineering.com/>
- 95.<http://www.poseidonenergy.gr/products.htm>
- 96.<http://www.rehau.co.uk/building.solutions/civil.engineering/ground.heat...geothermal.energy/awadukt.thermo.shtml>
- 97.<http://www.rehau.co.uk/building.solutions/civil.engineering/ground.heat...geothermal.energy/awadukt.thermo.shtml>
- 98.[http://www.sigma-geo.gr/geo\\_house](http://www.sigma-geo.gr/geo_house)
- 99.[http:// www.tee.lib](http://www.tee.lib)
- 100.<http://www.thermia.com>
- 101.Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδος: Βιοκλιματικός σχεδιασμός Κτιρίου
- 102.Φραγκιδάκης Ιωάννης 2004:Φωτοβολταϊκά Συστήματα Εκδόσεις ΖΗΤΗ
- 103.Νεοκλέους Ανδρέας 1999 : Μετατροπή της Ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με φωτοβολταϊκά συστήματα, Εκδόσεις ΙΩΝ
- 104.Μπεργελές: ανεμοκινητήρες εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ 1994
- 105.Ιωάννης Κλεάνθη Καλδέλλης: Διαχείριση της αιολικής ενέργειας Εκδόσεις ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ ΑΘΗΝΑ 1999
- 106.Δ. Κανελλόπουλος:Περιβαλλοντική Επίδραση Α/Γ τεε σεμινاريو Αιολική ενέργεια-Ελληνική πραγματικότητα ΑΘΗΝΑ 1995
- 107.ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑ τεύχη Αυγούστου και Σεπτεμβρίου 1995
- 108.[www.ewea.org](http://www.ewea.org)
- 109.<http://windpower.dk>

