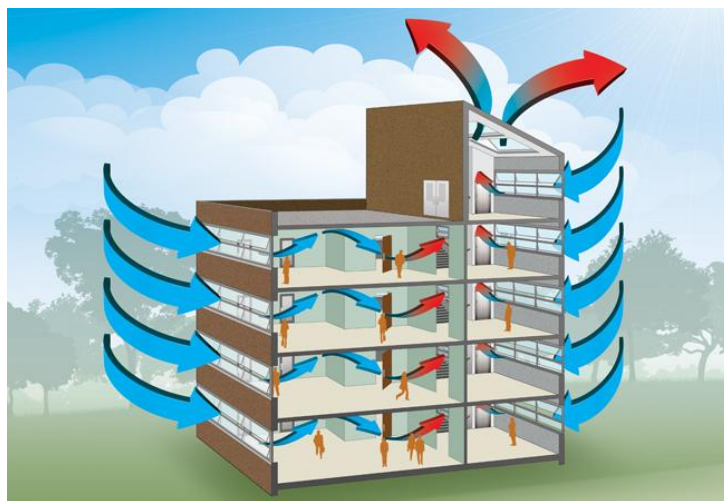




# ΤΕΙ Κρήτης

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

## “ Φυσικός αερισμός και φυσικός δροσισμός κτιρίου ”



Σπουδαστής: Στελιουδάκης Μάριος – Εμμανουήλ

Επιβλέπων: Δρ. Σακκάς Νικόλαος, Καθηγητής

---

## Ευχαριστίες

---

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής.

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Σακκά Νικόλαο για τη δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την πτυχιακή μου εργασία.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές της Σχολής μου, για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου.

Τέλος, θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, γιατί χωρίς την ηθική και οικονομική στήριξή τους δεν θα είχα φτάσει ως εδώ.

Στελιουδάκης Μάριος - Εμμανουήλ

Δεκέμβριος 2017

---

## Περίληψη

---

Βασικότερος στόχος της πτυχιακής αυτής εργασίας αποτελεί η διεξοδική μελέτη και η εκτενής έρευνα πάνω στο ιδιαίτερα σημαντικό και σύγχρονο θέμα του φυσικού αερισμού και δροσισμού. Κύριος σκοπός μας είναι να παρουσιάσουμε και να αναλύσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα το τι είναι ο φυσικός αερισμός και ο φυσικός δροσισμός, πού χρειάζονται και τι πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα παρουσιάζουν.

Για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών αυτών, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζονται, θα πρέπει να παρουσιάσουμε όλες τις μεθόδους που περιλαμβάνουν έτσι ώστε να κατορθώσουμε να βγάλουμε τα βέλτιστα επιθυμητά συμπεράσματα. Ο τίτλος του θέματος που μελετάμε στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία είναι « Φυσικός αερισμός και φυσικός δροσισμός κτιρίου ».

Ένας ακόμα εξίσου σημαντικός στόχος της πτυχιακής αυτής είναι μετά την εκπόνησή της να έχουμε επιτύχει να αναδείξουμε την σημαντικότητα του αερισμού και δροσισμού στα κτίρια τα οποία κατασκευάζονται και τον ρόλο που έχουν σε πολλά και βασικά ζητήματα, όπως είναι για παράδειγμα η ανθρώπινη υγεία.

**Στελιουδάκης Μάριος - Εμμανουήλ**

**Δεκέμβριος 2017**

## Abstract

---

The main objective of this thesis is the thorough and extensive research on the highly significant and contemporary matter of natural ventilation and cooling. Our primary intention is to showcase and analyze as best as possible what is natural ventilation and cooling, where these are needed and what advantages and drawbacks appear to have.

Furthermore, for the better understanding of these concepts, but also the way in which they are implemented we must present all their practices in order to achieve the best possible outcome. The title of the matter we are studying on this thesis is “Natural Ventilation and natural cooling of buildings”.

Moreover, another equally important goal of this thesis is that after its completion to set a focal point of the significance of cooling and ventilation of buildings that are constructed and the role they play in very elemental issues, such as the human health.

**Stelioudakis Marios - Emmanuel**

**December 2017**

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	1
Περίληψη .....	2
Abstract .....	3
Κατάλογος εικόνων.....	6
Κατάλογος πινάκων .....	8

### Κεφάλαιο 1

#### Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Ο Φυσικός Αερισμός και Δροσισμός των Κτιρίων

1.1. Εισαγωγή .....	10
1.2. Ιστορική αναδρομή .....	11
1.3. Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	13
1.4. Φυσικός αερισμός/δροσισμός κτιρίων – Σκοπιμότητα και στόχοι.....	15
1.4.1. Βελτίωση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων – Απομάκρυνση επιβλαβών ουσιών .....	16
1.4.2. Επίτευξη θερμικής άνεσης.....	18
1.4.3. Εξοικονόμηση ενέργειας – Προστασία του περιβάλλοντος και ελάττωση κόστους .....	20
1.5. Φυσικός αερισμός/δροσισμός και χαρακτηριστικά κτιρίων .....	22
1.5.1. Η χρήση του κτιρίου .....	22
1.5.2. Θέση και μέγεθος ανοιγμάτων.....	23
1.5.3. Εσωτερική δομή του κτιρίου .....	26
1.5.4. Χωροθέτηση του κτιρίου - Προσανατολισμός .....	28
1.6. Νομικά και κανονιστικά πλαίσια .....	29

### Κεφάλαιο 2

#### Φυσικός Αερισμός

2.1. Εισαγωγή – Φυσικός αερισμός εσωτερικών χώρων .....	32
2.2. Κατηγορίες φυσικού αερισμού .....	34
2.2.1. Μονόπλευρος αερισμός .....	34
2.2.2. Κατακόρυφος αερισμός .....	35
2.2.3. Διαμπερής αερισμός.....	36
2.3. Τεχνικές φυσικού αερισμού.....	39
2.3.1. Φύτευση .....	40
2.3.2. Διαχείριση των ανοιγμάτων του κτιρίου .....	45
2.4. Δομικές διατάξεις υποστήριξης φυσικού αερισμού.....	46
2.4.1. Καμινάδα αερισμού .....	46
2.4.2. Ηλιακή καμινάδα .....	51
2.4.3. Διπλή επιδερμίδα .....	54

## Κεφάλαιο 3

### Φυσικός Δροσισμός

3.1. Εισαγωγή .....	59
3.2. Στάδια φυσικού δροσισμού.....	60
3.3. Τεχνικές φυσικού δροσισμού.....	62
3.3.1. Θερμομόνωση .....	63
3.3.2. Ηλιοπροστασία .....	66
3.3.2.1. Προσανατολισμός και συστήματα σκίασης.....	73
3.3.2.2. Ηλιακοί χάρτες – μετρητής σκιασμού .....	76
3.3.3. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών .....	80
3.3.4. Θερμική μάζα.....	81
3.3.5. Διαμόρφωση μικροκλίματος.....	82
3.3.5.1. Υδάτινες επιφάνειες – Άμεσος και έμμεσος εξατμιστικός δροσισμός.....	82
3.3.5.2. Βλάστηση – Εξατμισοδιαπνοή .....	85
3.3.6. Νυχτερινή ακτινοβολία προς τον ουρανό .....	85
3.4. Δομικές διατάξεις υποστήριξης φυσικού δροσισμού .....	87
3.4.1. Υπόγειες, υπόσκαφες και ημιυπόσκαφες κατασκευές.....	88
3.4.2. Υπεδάφια ψύξη – Υπεδάφιοι αγωγοί.....	90
3.4.3. Κλιμακοστάσιο .....	92
3.4.4. Παγίδες ανέμου.....	92
3.4.5. Αεριζόμενο κέλυφος.....	93

## Κεφάλαιο 4

### Συμπεράσματα και Συζήτηση

4.1. Εισαγωγή .....	95
4.2. Τα πλεονεκτήματα του φυσικού αερισμού – δροσισμού.....	95
4.3. Τα μειονεκτήματα του φυσικού αερισμού – δροσισμού .....	96
4.4. Συμπεράσματα - συζήτηση .....	97
4.5. Προτάσεις περαιτέρω μελέτης.....	101

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία .....	104
Ελληνική βιβλιογραφία.....	106
Διαδικτυακές πηγές.....	108

## Κατάλογος Εικόνων

### Κεφάλαιο 1

Εικόνα 1.1. Βιοκλιματικό κτίριο.....	13
Εικόνα 1.2. Η διάταξη των ανοιγμάτων και η ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου.....	24
Εικόνα 1.3. Διαφορετικές καθ' ύψος θέσεις ανοιγμάτων εισόδου/εξόδου του αέρα ..	25
Εικόνα 1.4. Φυσικός αερισμός αιθουσών διδασκαλίας σε λύκειο στην Γαλλία (ανοδική πορεία θερμού αέρα) .....	25
Εικόνα 1.5. Έξοδοι αέρα.....	27
Εικόνα 1.6. Η κατεύθυνση του ήλιου .....	28
Εικόνα 1.7. Οι όψεις ενός κτιρίου .....	29

### Κεφάλαιο 2

Εικόνα 2.1. Φυσικός αερισμός.....	33
Εικόνα 2.2. Μονόπλευρος αερισμός.....	35
Εικόνα 2.3. Διαμπερής φυσικός αερισμός.....	36
Εικόνα 2.4. Η βλάστηση βοηθάει στη διεύθυνση είτε την εκτροπή του ανέμου από το κτίριο.....	40
Εικόνα 2.5. Η θέση των δένδρων και των θάμνων οριοθετεί την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου .....	41
Εικόνα 2.6. Ο ρόλος των εξωτερικών στοιχείων στον αερισμό του εσωτερικού χώρου .....	42
Εικόνα 2.7. Σημαντικότητα καλής διάταξης κατά τη διάρκεια της φύτευσης .....	43
Εικόνα 2.8. Βλάστηση και κατεύθυνση ανέμου .....	44
Εικόνα 2.9. Βλάστηση σε κτίριο για φυσικό δροσισμό.....	44
Εικόνα 2.10. Καμινάδα αερισμού.....	47
Εικόνα 2.11. Ενδεικτική μορφή καμινάδας αερισμού.....	48
Εικόνα 2.12. Καμινάδα αερισμού σε κτίριο γραφείων στο Cambridge (Ionica).....	48
Εικόνα 2.13. Ο αερισμός του κτιρίου .....	50
Εικόνα 2.14. Φαινόμενο ηλιακής καμινάδας.....	52
Εικόνα 2.15. Ενδεικτική τομή ηλιακής καμινάδας.....	53
Εικόνα 2.16. Φυσική κυκλοφορία του αέρα (θερμού ή ψυχρού) στο διάκενο της διπλής επιδερμίδας.....	55
Εικόνα 2.17. Κτίριο με διπλό κέλυφος στην Γαλλία .....	55
Εικόνα 2.18. Κτίριο με διπλό κέλυφος .....	57

### Κεφάλαιο 3

Εικόνα 3.1. Η θερμική απώλεια των κτιρίων .....	63
Εικόνα 3.2. Εξωτερική και εσωτερική θερμομόνωση .....	65
Εικόνα 3.3. Περιορισμός μετάδοσης θερμικών προσόδων από στοιχεία του κελύφους .....	67
Εικόνα 3.4. Μέθοδος Ηλιοπροστασίας.....	68
Εικόνα 3.5. Τεχνικές ηλιοπροστασίας σε ψυχρά υλικά.....	69
Εικόνα 3.6. Επιφανειακή θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε κοινά, ψυχρά, και θερμοχρωμικά υλικά.....	70
Εικόνα 3.7. Ηλιοπροστασία κτιρίου .....	70
Εικόνα 3.8. Σκίαση με δένδρα .....	72
Εικόνα 3.9. Μορφές σταθερών και κινητών οριζόντιων σκιάστρων για νότια όψη ...	74
Εικόνα 3.10. Μορφές περσίδων για ανατολική και δυτική όψη.....	75
Εικόνα 3.11. Μορφές περσίδων για νοτιοανατολική και νοτιοδυτική όψη.....	76
Εικόνα 3.12. Ηλιακός χάρτης για 40 Β.Γ.Π. – Μετρητής σκιασμού .....	77
Εικόνα 3.13. Ταύτιση ηλιακού χάρτη και μετρητή σκιασμού για προσανατολισμό όψης 45 μοιρών προς την δύση .....	78
Εικόνα 3.14. Προσδιορισμός των κατακόρυφων γωνιών.....	79
Εικόνα 3.15. Οριζόντιες προεξοχές για τη σκίαση νότιας όψης.....	80
Εικόνα 3.16. Άμεσος εξατμιστικός δροσισμός.....	83
Εικόνα 3.17. Επιπλέονσες θερμομονωτικές πλάκες που διαβρέχονται κατά τη διάρκεια της νύκτας .....	84
Εικόνα 3.18. Φυσικός δροσισμός με χρήση συνδυαστικής μεθόδου άμεσου εξατμιστικού δροσισμού και ηλιακής καμινάδας .....	84
Εικόνα 3.19. Μεταλλικός ακτινοβολητής.....	86
Εικόνα 3.20. Φυσικός δροσισμός κτηρίου.....	88
Εικόνα 3.21. Τομή τμήματος του οικισμού Οία στη Σαντορίνη .....	89
Εικόνα 3.22. Φυσική ψύξη κελύφους ανακαινισμένης παραδοσιακής κατοικίας με υπεδάφιο σύστημα αγωγού και φυσικό αερισμό .....	91
Εικόνα 3.23. Τομή σε αεριζόμενο δώμα.....	93



## Κατάλογος Πινάκων

---

### Κεφάλαιο 2

Πίνακας 2.1. Ενδεικνυόμενες ταχύτητες αέρα .....	38
--	----

# Κεφάλαιο 1

---

## Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Ο Φυσικός Αερισμός και Δροσισμός των Κτιρίων

---

## 1.1. Εισαγωγή

---

Η εξέλιξη της τεχνολογίας είχε ως αποτέλεσμα την συνολική βελτίωση της ποιότητας ζωής, προκάλεσε ωστόσο και τον άκρατο καταναλωτισμό. Άσκοπη κατανάλωση νερού, αλόγιστη καύση ρυπογόνων ουσιών, αλλά και χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος αποτελούν μια μικρή, αλλά προπαντός σημαντική, έκφανση αυτού του καταναλωτισμού. Οι συνέπειές του είναι πολύ μεγάλες, όχι μόνο για το περιβάλλον, αλλά και για τον ίδιο τον άνθρωπο.

Από τα πρώτα χρόνια της τεχνολογικής έκρηξης, η οποία συμπεριλαμβάνεται στη βιομηχανική επανάσταση, επικρατούσε οικονομική ευημερία αλλά και απερισκεψία όσον αφορά τις επιπτώσεις της μη ορθολογικής χρήσης της τεχνολογίας. Μέχρι και σήμερα χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα ρυπογόνες πρακτικές σε όλους τους τομείς που εξακολουθούν να βλάπτουν το περιβάλλον. Ένας από αυτούς τους τομείς αφορά την εσφαλμένη και απερίσκεπτη ενεργειακή διαχείριση των διάφορων κτιρίων.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, και συγκεκριμένα στον κτιριακό τομέα, η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό, αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής κατανάλωσης, ποσοστό πολύ μεγαλύτερο από ότι στη βιομηχανία και στις μεταφορές. Μάλιστα το 45% των εκπομπών CO<sub>2</sub> προέρχεται από τον κτιριακό τομέα.

Στα κτίρια που βρίσκονται στον Ελλαδικό χώρο, σε σύγκριση με τις φυσιολογικές συνθήκες ενεργειακής κατανάλωσης, καταναλώνεται 30% περισσότερη ενέργεια για την δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης. Αυτό συμβαίνει κυρίως στα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980. Επίσης, το 59% της συνολικής δαπανώμενης ενέργειας στα ελληνικά σπίτια χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χώρων.

Το 1979 ψηφίστηκε ο νόμος για την υποχρεωτική εφαρμογή της θερμομόνωσης στα καινούργια κτίρια. Από τότε μέχρι και σήμερα έχει ξεκινήσει μια «νομική εκστρατεία» για την αλλαγή της ενεργειακής πολιτικής, σε μία πολιτική πιο φιλική για το περιβάλλον.

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν στη χώρα μας, δε δικαιολογούσαν την τόσο μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση. Έτσι, θεσμοθετήθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), με σκοπό τόσο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, όσο και τη προστασία του περιβάλλοντος. Επομένως, προκειμένου ένα σπίτι να λάβει πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης, πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις και να είναι μέσα στα ευρωπαϊκά όρια. Μία από τις απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί σχετίζεται με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό.

Ο φυσικός αερισμός και δροσισμός κτιρίων αποτελούν κάποιες από τις τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Με αυτές επιτυγχάνεται η βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών, η αναβάθμιση της ποιότητας του αέρα και ελαχιστοποιούνται οι ανάγκες χρήσης μηχανικών μέσων για τη ψύξη ή/και θέρμανση των χώρων.

## 1.2. Ιστορική αναδρομή

Η πετρελαϊκή κρίση του 1973 έστρεψε τα κράτη του δυτικού κόσμου στην υιοθέτηση πολιτικών για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, στον κτιριακό τομέα κρίθηκε αναγκαία η μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, η οποία αφορούσε κυρίως τη ψύξη και τη θέρμανση, χωρίς όμως να γίνουν παραχωρήσεις στην άνεση και στην υγεία των ατόμων που βρίσκονταν μέσα στο κτίριο. Οι καινούργιες εθνικές ρυθμίσεις επικεντρώνονταν στην ενίσχυση της μόνωσης, αλλά και στη σφράγιση τυχόν ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτιρίου, ούτως ώστε να αποφευχθούν ενεργειακές απώλειες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια.

Ωστόσο, τα ερμητικά κλειστά κτίρια των οποίων ο εσωτερικός αέρας δεν ανανεωνόταν από τον εξωτερικό, δημιούργησαν πολλά προβλήματα. Μερικά από αυτά ήταν η άνοδος του ποσοστού της υγρασίας, η δημιουργία δρόσου και μούχλας, καθώς και η συγκέντρωση επιβλαβών ουσιών, τα οποία επιβάρυναν την υγεία των ανθρώπων που βρίσκονταν μέσα στο κτίριο. Επιπλέον, η υπερθέρμανση του κτιρίου, κυρίως τη περίοδο του καλοκαιριού, καθώς και η έλλειψη ροής του αέρα μέσα και

έξω από το κτίριο, επηρέαζε αρνητικά τη θερμική άνεση και την αποδοτικότητα των ατόμων που βρίσκονταν σε αυτό.

Οι πρώτες ενέργειες για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας δεν έφεραν τα επιθυμητά αποτελέσματα, αφού δεν είχε ληφθεί υπόψη ο κύριος λόγος που κατασκευάζεται ένα κτίριο. Τα κτίρια κατασκευάζονται για τη προστασία των ανθρώπων από τις ακραίες εξωτερικές καιρικές συνθήκες και για να τους παρέχουν ένα υγιές περιβάλλον διαβίωσης. Επομένως, από το 1990 ξεκίνησε μία προσπάθεια για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια με ταυτόχρονη εξασφάλιση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου.

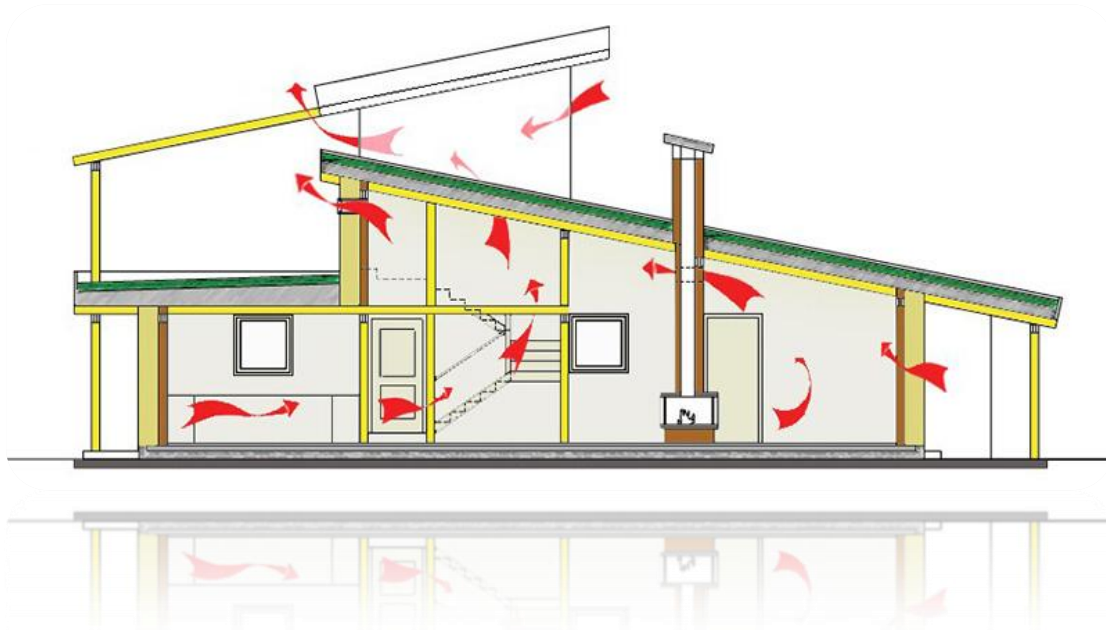
Στις μέρες μας, γνωρίζοντας τις αρνητικές επιπτώσεις που έχει στο περιβάλλον η κατανάλωση ενέργειας, προτάθηκε ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων με στόχο τη προσαρμογή των κτισμάτων στο περιβάλλον, και ταυτόχρονα τη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του. Σε αυτόν τον σχεδιασμό συμπεριλαμβάνεται η ιδέα του φυσικού δροσισμού.

Μία αρκετά ενδιαφέρουσα τεχνική φυσικού δροσισμού είναι ο φυσικός αερισμός. Ο φυσικός αερισμός παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τις μηχανικές τεχνικές αερισμού, όπως είναι ο κλιματισμός για παράδειγμα, καθώς είναι αθόρυβος, δε δημιουργεί προβλήματα υγείας, δεν χρειάζεται συντήρηση, και επιπλέον δεν κοστίζει. Αντίθετα, οι μηχανικές τεχνικές αερισμού παράγουν θόρυβο εντός και εκτός του κτιρίου, και από έρευνες που έχουν γίνει, σχετίζονται με το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου (Sick Building Syndrome). Τέλος, είναι απαραίτητο να γίνεται καθαρισμός και συντήρηση.

Ακόμα, ο φυσικός αερισμός υπερτερεί ως προς το γεγονός ότι μειώνει τη κατανάλωση της ενέργειας, και παράλληλα εγγυάται τόσο την καλή ποιότητα αέρα όσο και τις ζητούμενες συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων.

## 1.3. Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ένας τρόπος σχεδιασμού κτιρίων και οικιστικών συνόλων, ο οποίος πραγματοποιείται με γνώμονα την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την αξιοποίηση χαρακτηριστικών του μικροκλίματος μιας περιοχής, την εκμετάλλευση αρχιτεκτονικών ή/και δομικών χαρακτηριστικών των κτιρίων, και παράλληλα την επίτευξη συνθηκών υγιούς και άνετης διαβίωσης για τον άνθρωπο. Δίνει έμφαση στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης και στη προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, με την υιοθέτηση φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών και υλικών, μέσα σε ρεαλιστικά οικονομικά πλαίσια. Ενδεικτική τομή ενός βιοκλιματικού κτιρίου φαίνεται στην εικόνα 1.1.



Εικόνα 1.1. Βιοκλιματικό κτίριο.

Πιο απλά, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στην προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον και στο τοπικό κλίμα, προσφέροντας παράλληλα συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό του. Η υιοθέτησή του έχει τους εξής στόχους:

- Την εξοικονόμηση ενέργειας – Απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα
- Την εξοικονόμηση χρήματος
- Την προστασία του περιβάλλοντος
- Τη βελτίωση του εσω-κλίματος των κτιρίων

Άξιο αναφοράς είναι ότι η εξοικονόμηση ενέργειας μεταξύ ενός βιοκλιματικά σχεδιασμένου κτιρίου και ενός συμβατικού ανέρχεται στο ποσοστό του 80%. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει κάποιες βασικές αρχές οι οποίες περιγράφονται και εφαρμόζονται σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. Αυτές θέτονται σε εφαρμογή τόσο στα νέα, υπό κατασκευή, κτίρια, όσο και στα ήδη υπάρχοντα κτίρια, όπου γίνονται προσαρμογές και τοποθετήσεις παθητικών συστημάτων, με στόχο την επίτευξη των ανωτέρω στόχων. Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων είναι σύμφωνες με:

- Τη θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους
- Το σύστημα φυσικού φωτισμού
- Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού

Για παράδειγμα, μία βασική αρχή για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι η θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους, για την επίτευξη της οποίας χρησιμοποιούνται κατάλληλα θερμομονωτικά υλικά. Εξίσου σημαντικά είναι και τα οφέλη των παθητικών συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού. Τα παθητικά συστήματα αποτελούν αναπόσπαστα κομμάτια – δομικά στοιχεία ενός κτιρίου και τα οποία λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού δροσισμού και Αερισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού με τις πιο σημαντικές να είναι:

- Η χρήση εξωτερικών στοιχείων όπως η βλάστηση και τα υδάτινα στοιχεία
- Η χρήση σταθερών ή κινητών σκιάστρων εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου
- Ο κατάλληλος προσανατολισμός ως προς τη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων στην περιοχή
- Η κατάλληλη γεωμετρία του κτιρίου (προεξοχές)
- Η χρήση παθητικού συστήματος φυσικού εξαερισμού

## **1.4. Φυσικός αερισμός/δροσισμός κτιρίων – Σκοπιμότητα και στόχοι**

Γενικότερα, ο φυσικός αερισμός και ο δροσισμός αποτελούν τους κύριους παράγοντες σε μία βιοκλιματική οικία, όντας εξαιρετικά σημαντικοί και καθοριστικοί. Συνεισφέρουν στις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, προσφέροντας πληθώρα θετικών και ευεργετικών αποτελεσμάτων.

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι λόγοι για τους οποίους η χρήση και η εφαρμογή τεχνικών φυσικού αερισμού ή/και δροσισμού αποτελεί μια από τις πλέον απαραίτητες πρακτικές. Εξαρχής, οι λόγοι αυτοί σχετίζονται άμεσα με τους στόχους και τα επιθυμητά αποτελέσματα από τη χρήση μεθόδων φυσικού αερισμού – δροσισμού.



### 1.4.1. Βελτίωση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων – Απομάκρυνση επιβλαβών ουσιών

Καθώς ο μέσος άνθρωπος βιώνει έως και το 90% του χρόνου του σε εσωτερικούς χώρους, η ποιότητα του αέρα μέσα σε αυτούς επιβάλλεται να είναι η βέλτιστη δυνατή. Η αναβάθμιση της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων στηρίζεται κυρίως στον φυσικό αερισμό των κτιρίων.

Ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει και οφείλει να απαντηθεί είναι το πως ορίζεται η ιδανική ποιότητα του εσωτερικού αέρα και πως αυτή μπορεί να επιτευχθεί. Η ιδανική ποιότητα του εσωτερικού αέρα μπορεί να οριστεί ως ο αέρας ο οποίος είναι απαλλαγμένος από ρύπους και επικίνδυνες ουσίες που προκαλούν ερεθισμούς, δυσφορία ή κακή υγεία στα άτομα εντός του κτιρίου.

Καταρχάς, με τον φυσικό αερισμό παρέχεται φρέσκος αέρας ώστε να διευκολύνεται η αναπνοή (απομάκρυνση CO<sub>2</sub> – εμπλουτισμός σε O<sub>2</sub>). Παράλληλα, παρέχεται σημαντική βοήθεια στην αντιμετώπιση της υγρασίας, κυρίως κατά τη διάρκεια των ψυχρών μηνών. Επιπλέον, το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου απαλλάσσεται από ρύπους και οσμές.

Με τον φυσικό αερισμό επιτυγχάνεται επίσης η απομάκρυνση επιβλαβών αερίων και ουσιών, συνεισφέροντας με αυτόν τον τρόπο πολύ στην αναβάθμιση της ποιότητας του αέρα μέσα στο κτίριο. Αυτός είναι άλλος ένας λόγος που ο φυσικός αερισμός των κτιρίων θεωρείται απαραίτητος.

Το 30% των καινούργιων ή ανακαινισμένων κτιρίων εμφανίζουν ζητήματα εσωτερικής ρύπανσης, σύμφωνα με τη Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας. Αυτή οφείλεται στον ελλιπή αερισμό, στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, στη σκόνη και στους ρύπους που προέρχονται από τα υλικά κατασκευής.

Οι πιο συνηθισμένοι ρύποι είναι οι εξής:

- Εκπομπές από οικοδομικά υλικά, έπιπλα, απορρυπαντικά κ.α.
- Καπνός του τσιγάρου και η ρύπανση από τις διεργασίες καύσης
- Ρύπανση από εξωτερικές πηγές
- Οσμές και υγρασία προερχόμενες από τον άνθρωπο και τις ανθρώπινη δραστηριότητα

Η ποσότητα και το είδος της ρύπανσης που υπάρχει στην περιοχή, καθώς και ο ρυθμός εκπομπής ρύπων και επιβλαβών ουσιών από υλικά κατασκευής, καθορίζουν την ποσότητα αερισμού που χρειάζεται ένα κτίριο. Εφόσον αυτά τα χαρακτηριστικά είναι γνωστά, μπορεί να υπολογιστεί ο ρυθμός αερισμού που ενδείκνυται ώστε να μην υπερβούν οι ρύποι τα επιτρεπτά όρια.

Παράδειγμα ρύπου που εκπέμπεται από υλικά κατασκευής είναι η φορμαλδεΐδη, η οποία βρίσκεται σε ψευδοροφές, σε μονωτικά υλικά, σε έπιπλα κατασκευασμένα από συνθετικά προϊόντα ξύλου, και σε διάφορα άλλα συνθετικά υλικά. Ένα ακόμη παράδειγμα είναι ο αμιάντος, υλικό ιδιαίτερα βλαβερό, το οποίο χρησιμοποιήθηκε αρκετά τα προηγούμενα χρόνια σε δομικά υλικά, υλικά πυροπροστασίας και ηχομόνωσης. Δυστυχώς όμως, εξακολουθεί να υπάρχει σε αρκετά κτίσματα και απελευθερώνεται με το πέρασμα του χρόνου, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση της υγείας των ανθρώπων. Επίσης, υλικά όπως ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας, τα οποία χρησιμοποιούνται τώρα στη θέση του αμιάντου για τη θερμομόνωση, είναι και αυτά ρυπογόνα. Ένα τελευταίο παράδειγμα αποτελεί το Ραδόνιο, το οποίο είναι ένα ραδιενεργό στοιχείο που εκπέμπεται από φυσικούς λίθους (π.χ. γρανίτης).

Όλα τα παραπάνω που αναφέρθηκαν δημιουργούν προβλήματα υγείας στον άνθρωπο, όπως αναπνευστικά προβλήματα, πονοκεφάλους, δύσπνοια, αλλεργίες, παθήσεις του νευρικού συστήματος, του ήπατος και των νεφρών. Επομένως κρίνεται απαραίτητο να υιοθετηθούν πρακτικές πιο οικολογικές και πιο φιλικές για τον άνθρωπο.

## 1.4.2. Επίτευξη θερμικής άνεσης

Η Θερμική άνεση σε ένα κτίριο επιτυγχάνεται τόσο με τεχνικές φυσικού αερισμού όσο και δροσισμού. Όπως προαναφέρθηκε, ο φυσικός αερισμός, εκτός του ότι προσφέρει καλή ποιότητα αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου, αποτελεί τεχνική φυσικού δροσισμού, συνεπώς βοηθάει και στη βελτίωση της θερμικής άνεσης.

Η θερμική άνεση ορίζεται, βάση του ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers), ως η κατάσταση στην οποία ο άνθρωπος εκφράζει την ικανοποίησή του για το θερμικό περιβάλλον. Με λίγα λόγια, δεν επιθυμεί περισσότερο κρύο ή περισσότερη ζέστη. Η θερμική άνεση είναι αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων, οι οποίοι μπορούν να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Φυσικοί παράγοντες
- Βιολογικοί παράγοντες
- Εξωτερικοί παράγοντες

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα του αέρα. Επιπλέον, στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι οσμές, τα χρώματα του περιβάλλοντος χώρου, η φωτεινότητα καθώς επίσης και το επίπεδο θορύβου. Στη δεύτερη κατηγορία συγκαταλέγεται η ηλικία, το φύλο και τα προσωπικά χαρακτηριστικά κάθε ατόμου που βρίσκεται εντός του κτιρίου. Τέλος, στην τρίτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι δραστηριότητες που εκτελούν τα άτομα, ο ρουχισμός τους, καθώς και οι κοινωνικές συνθήκες που επικρατούν εντός του κτιρίου.

Με τον φυσικό αερισμό μπορούμε να επιτύχουμε την επιθυμητή θερμική άνεση. Επίσης με αυτόν καθίσταται δυνατή η ρύθμιση της κίνησης του αέρα επάνω

στο σώμα του ανθρώπου, και έχει σαν αποτέλεσμα την ανταλλαγή θερμότητας του σώματος με το περιβάλλον.

Τους καλοκαιρινούς μήνες, γρήγορες ταχύτητες του αέρα μπορούν να επιταχύνουν τον ρυθμό εξάτμισης από την επιφάνεια του δέρματος. Με αυτόν τον τρόπο, παρόλο που η θερμοκρασία μπορεί να βρίσκεται εκτός των ορίων θερμικής άνεσης, ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τη θερμοκρασία αρκετά χαμηλότερη από την πραγματική. Ωστόσο, υπάρχει περιορισμός στο πόσο μπορεί να αυξηθεί αυτή η κίνηση του αέρα γύρω από το σώμα του ανθρώπου.

Ένα άμεσο αποτέλεσμα θερμικής άνεσης έχει να κάνει με το γεγονός ότι ο φυσικός αερισμός περιορίζει την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό ενός κτιρίου.

Στη περίπτωση που στο εξωτερικό μέρος του κτιρίου υπάρχει χαμηλότερη θερμοκρασία από ότι στο εσωτερικό, και αυτή η θερμοκρασία είναι μέσα σε ανεκτά όρια, τότε μέσω μεγάλων ανοιγμάτων στο κτίριο γίνονται γρήγορες ανταλλαγές θερμότητας με συνέπεια να εξισώνεται η εσωτερική θερμοκρασία με την εξωτερική.

Το πρόβλημα που δημιουργείται είναι στο όριο που τίθεται στην επιτρεπτή ταχύτητα του αέρα εντός του κτιρίου όταν μέσα σε αυτό βρίσκονται άνθρωποι. Επομένως, για να επιτύχουμε βέλτιστο αποτέλεσμα, η τεχνική αυτή εφαρμόζεται συνήθως κατά τη διάρκεια που το κτίριο είναι άδειο ή κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών.

Επομένως, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι μέσω του φυσικού δροσισμού επιτυγχάνουμε την θερμική άνεση με τους εξής τρόπους:

- Ψύξη εσωτερικού αέρα, μέσω της ανταλλαγής αέριων μαζών από το εξωτερικό του κτιρίου προς το εσωτερικό, όσο η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την εσωτερική
- Άμεση επίδραση ψύξης στον άνθρωπο μέσω της μεταφοράς της θερμότητας και της εξάτμισης

### 1.4.3. Εξοικονόμηση ενέργειας – Προστασία του περιβάλλοντος και ελάττωση κόστους

Τόσο ο φυσικός αερισμός, όσο και ο φυσικός δροσισμός, μπορούν να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αποτελούν πρακτικές του αειφόρου σχεδιασμού που αντιτίθενται στη συνεχώς αυξανόμενη χρήση κλιματιστικών συσκευών, η οποία συνεπάγεται ενεργειακά, οικονομικά, και περιβαλλοντικά προβλήματα. Αξιοποιώντας τις δυνατότητές τους μπορούν να εξοικονομηθούν τεράστιες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας.

Από υπολογισμούς που έχουν γίνει από ενεργειακές καταγραφές, αλλά και διάφορες προσομοιώσεις σε κτίσματα στη χώρα μας, έχει αποδειχθεί πως ο φυσικός αερισμός μπορεί να μειώσει τις ανάγκες για ψύξη σε ποσοστά της τάξης του 75% (μέχρι και 100% στις βόρειες περιοχές). Με παράλληλη χρήση τεχνικών φυσικού δροσισμού (π.χ. ηλιοπροστασία), ο φυσικός αερισμός μπορεί ακόμη και να αντικαταστήσει ένα σύστημα κλιματισμού.

Υπάρχει βέβαια και η άλλη όψη του αερισμού. Ο συνεχής, μη ελεγχόμενος, και χωρίς κάποια αιτία, αερισμός σε ένα κτίριο, που μπορεί να αποδίδεται στον λαθεμένο σχεδιασμό του ή στην λάθος ενεργειακή συμπεριφορά των ανθρώπων μέσα σε αυτό, είναι πολύ πιθανό να μην έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα, και τα ενεργειακά οφέλη να έχουν αρνητικό πρόσημο.

Ο φυσικός δροσισμός είναι μια διαφορετική εφαρμογή που έχει άμεση σχέση με την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίσματα κατά τους θερινούς μήνες. Απουσία φυσικού δροσισμού σε μια τέτοια χρονική περίοδο συνεπάγεται ραγδαία αύξηση στην εγκατάσταση και χρησιμοποίηση κλιματιστικών συσκευών. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη πρόκληση μεγάλων προβλημάτων, κυρίως ενεργειακών,

περιβαλλοντικών αλλά και οικονομικών, από την κατανάλωση τεράστιων ποσοτήτων ηλεκτρικού ρεύματος.

Επίσης, τα κλιματιστικά συμβάλουν στην τεράστια αύξηση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής ενός κράτους, και παράλληλα θερμαίνουν μέσω της δράσης τους τον εξωτερικό χώρο του κτιρίου. Ταυτόχρονα, η χρήση των κλιματιστικών συνεπάγεται αυξημένες εκπομπές χλωροφθορανθράκων (CFCs), καθώς έμμεσα και διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub> – κατά την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας). Όλα τα παραπάνω αποτελούν πάρα πολύ σημαντικά προβλήματα, τα οποία έχουν τρομερές επιπτώσεις.

Τεχνικές φυσικού αλλά και τεχνητού δροσισμού, μπορούν να πραγματοποιηθούν σε κατοικίες αλλά και σε διάφορα άλλα κτίρια. Για συγκεκριμένες ομάδες κτισμάτων, όπως είναι για παράδειγμα ένα σχολείο, η πρακτική τους σημαίνει την κατάργηση της χρήσης κλιματιστικών μηχανισμών.

Μέσω του φυσικού δροσισμού, εκτός της μεγάλης εξοικονόμησης ρεύματος που πετυχαίνουμε, υπάρχει και μεγάλη βελτίωση στις συνθήκες άνεσης εντός του χώρου των κτιρίων. Αυτό ισχύει ακόμα και κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών όπου υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες. Από διάφορους υπολογισμούς που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια σε βιοκλιματικά δροσιζόμενα κτίσματα στη χώρα μας, έχει αποδειχθεί πως η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτίσματος μπορεί να είναι αρκετά πιο χαμηλή συγκριτικά με το εξωτερικό του κτίσματος (η διαφορά αυτή φτάνει μέχρι και 10 βαθμούς Κελσίου).

Ταυτόχρονα επικρατούν και πιο άνετες συνθήκες διαβίωσης. Αυτό γίνεται εξαιτίας των δροσερών δομικών στοιχείων και των ρευμάτων αέρα που υπάρχουν στο εσωτερικό του κτίσματος. Επομένως, η διαμονή των ανθρώπων γίνεται πιο άνετη και ευχάριστη και επίσης υπάρχει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση χρημάτων.

Ο φυσικός δροσισμός, είτε όπως διαφορετικά καλείται, παθητικός δροσισμός, επικεντρώνεται κυρίως στην εκμετάλλευση των φυσικών φαινομένων. Τα συγκεκριμένα φαινόμενα πραγματοποιούνται στο κτίριο και στην ατμόσφαιρα, έτσι ώστε να υπάρξει ελάττωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου (π.χ. φυσικός ελκυσμός).

## 1.5. Φυσικός αερισμός/δροσισμός και χαρακτηριστικά κτιρίων

Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογής μεθόδων φυσικού αερισμού και φυσικού δροσισμού, καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό και στην απόδοση των συστημάτων έχουν τα χαρακτηριστικά των κτιρίων. Αυτά αποτελούνται τόσο από τεχνικά, δομικά, και αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά, όσο και από δεδομένα σχετικά με τη χρήση τους. Τα χαρακτηριστικά αυτά αναφέρονται εδώ ως γενικοί κανόνες και ως στοιχεία που πρέπει πάντα να συνυπολογίζονται και να αξιολογούνται κατά την ανάλυση των συστημάτων φυσικού αερισμού και δροσισμού, που ακολουθεί στα κεφάλαια 2 και 3, αντίστοιχα.

### 1.5.1. Η χρήση του κτιρίου

Η χρησιμοποίηση του κτιρίου και κατ' επέκταση η δράση των ανθρώπων που ζουν μέσα σε αυτό, καθορίζει σημαντικά τις ανάγκες που υπάρχουν στο κτίριο αυτό, τόσο για αερισμό όσο και για δροσισμό.

Για παράδειγμα, σε ένα δωμάτιο όπως είναι το καθιστικό μιας οικίας, ο αέρας έχει καλύτερη κινητικότητα και αποδοτικότητα σε ολόκληρο το περιβάλλοντα χώρο, όταν βρίσκεται περίπου σε ύψος από 0,7 - 1,2 μέτρα (επίπεδο ζωής). Η μέγιστη και ελάχιστη ταχύτητα του ρεύματος του αέρα καθορίζεται από ειδικούς πίνακες, και εξαρτάται και από τη θερμική άνεση των ατόμων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η χρήση του κτιρίου αφορά πιθανά και ολόκληρη τη διάρκεια της ημέρας.

Για χώρους όπως είναι για παράδειγμα ένα γραφείο, σε περίπτωση που υπάρχουν αρκετά άτομα μέσα στο χώρο, ο φυσικός αερισμός χρειάζεται να διασφαλίζει περίπου  $3 \text{ m}^2/\text{h}$ , βάσει των δεδομένων που έχουν αντληθεί από την Τ.Ο. ΤΕΕ 20701-1 του 2010. Όμως, κατά τη διάρκεια της νύχτας, καθώς τα κτίρια αυτά πιθανό να μη χρησιμοποιούνται (εκτός εργασιμων ωρών), ο ρυθμός αερισμού μπορεί να αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό, με βασικότερο στόχο τη ψύξη του χώρου και των δομικών στοιχείων του. Αυτό έχει σαν σκοπό την επόμενη ημέρα να υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης της θερμότητας για αρκετές ώρες, περιορίζοντας έτσι σημαντικά τη χρήση του κλιματιστικού και βελτιώνοντας τη θερμική άνεση.

Επομένως, ο μηχανικός κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του κτιρίου θα πρέπει να προβλέπει την ύπαρξη κατάλληλων ανοιγμάτων τα οποία θα προσφέρουν τον απαραίτητο αερισμό και δροσισμό. Γενικότερα, κατά τη μελέτη ενός κτιρίου, η σχεδίαση των μεθόδων αερισμού και δροσισμού καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση του.

## 1.5.2. Θέση και μέγεθος ανοιγμάτων

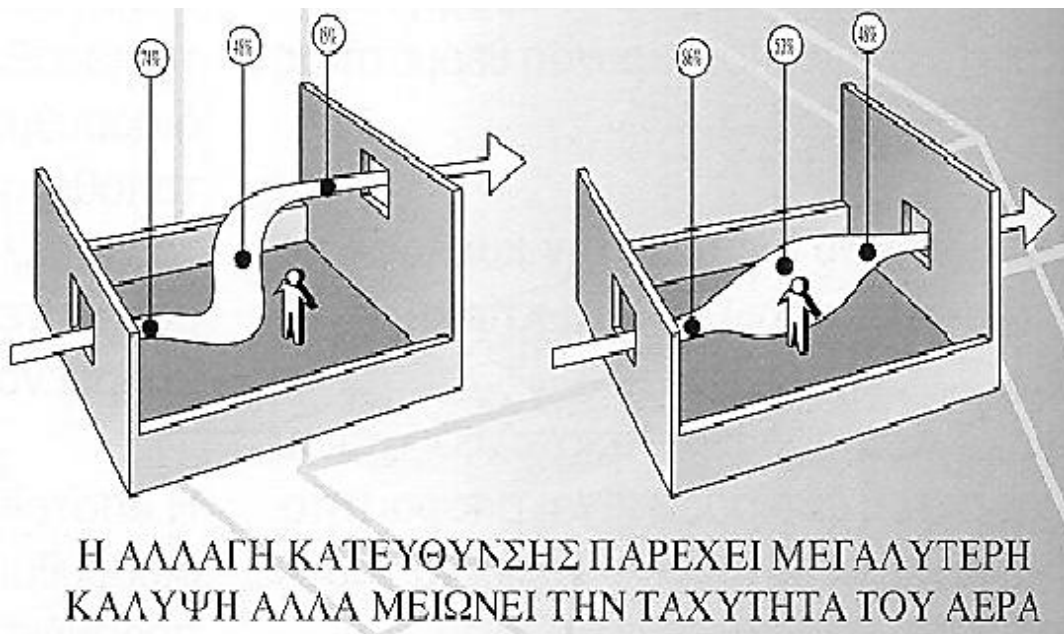
Στα ανοίγματα των κτιρίων συγκαταλέγονται στοιχεία όπως πόρτες, παράθυρα, φεγγίτες, καθώς και λοιπές εξειδικευμένες είσοδοι/έξοδοι αέρα που δρουν είτε αυτόνομα, είτε συνδυαστικά με διάφορες τεχνικές φυσικού αερισμού και δροσισμού. Η θέση, το μέγεθος, ο τύπος, και λοιπά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων, καθορίζουν τον τύπο και την αποδοτικότητα του αερισμού/δροσισμού.

Μια βασική αρχή είναι ότι η τοποθέτηση των ανοιγμάτων θα πρέπει να γίνεται σε πιο πολλά από ένα τοιχώματα, με βασικότερο στόχο να επιτυγχάνεται αερισμός σε ολόκληρο τον περιβάλλοντα χώρο. Ο συγκεκριμένος αερισμός ονομάζεται διαμπερής. Υπάρχουν και άλλοι τύποι φυσικού αερισμού, όπως ο μονόπλευρος και ο κατακόρυφος, που θα αναλυθούν εκτενώς στο κεφάλαιο του φυσικού αερισμού.

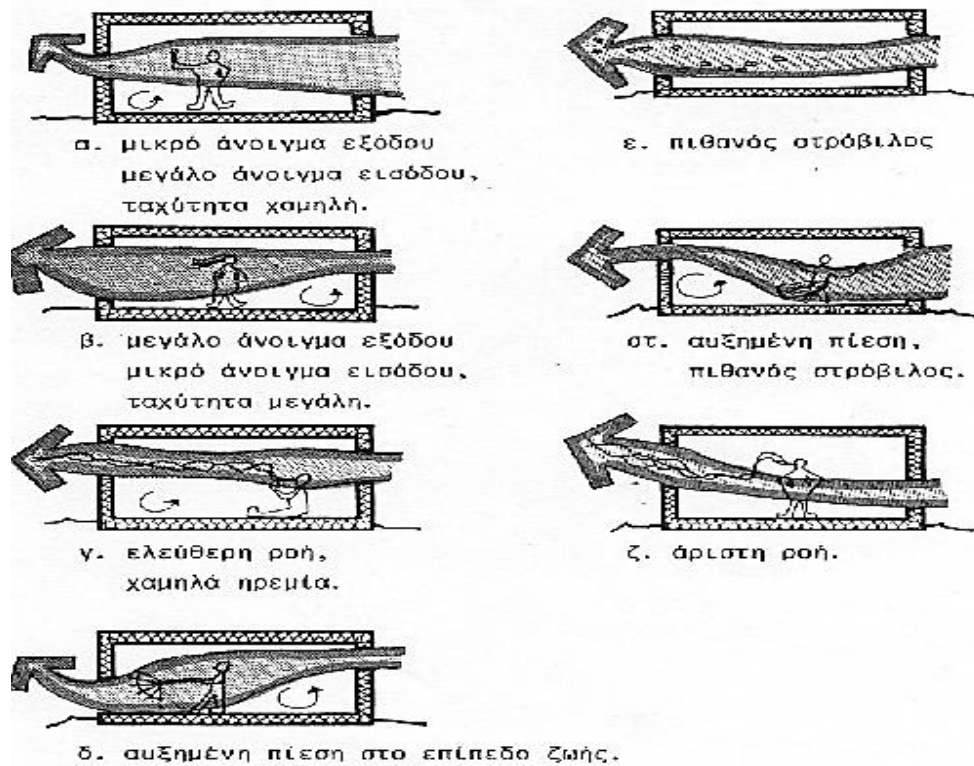


Οι καταλληλότερες συνθήκες αερισμού επιτυγχάνονται όταν η ροή του αέρα έχει μεταβλητή τροχιά στον εσωτερικό χώρο, καλύπτοντας κατ' αυτόν τον τρόπο μεγαλύτερο όγκο του εσωτερικού αέρα. Τα ανοίγματα εισόδου αλλά και εξόδου του αέρα πρέπει να έχουν παρόμοιο μέγεθος, και να βρίσκονται σε διαφορετικό ύψος το ένα από το άλλο, ευνοώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού (θερμοκρασία – πίεση). Αυτό σημαίνει πως σε περίπτωση που το άνοιγμα εισχώρησης είναι σε χαμηλό σημείο, τότε το άλλο άνοιγμα χρειάζεται να είναι σε αρκετά υψηλότερο σημείο, είτε το αντίθετο, με βασικότερο στόχο να υπάρξει διασφάλιση ρεύματος αέρα, φυσικού αερισμού αλλά πιθανά και δροσισμού.

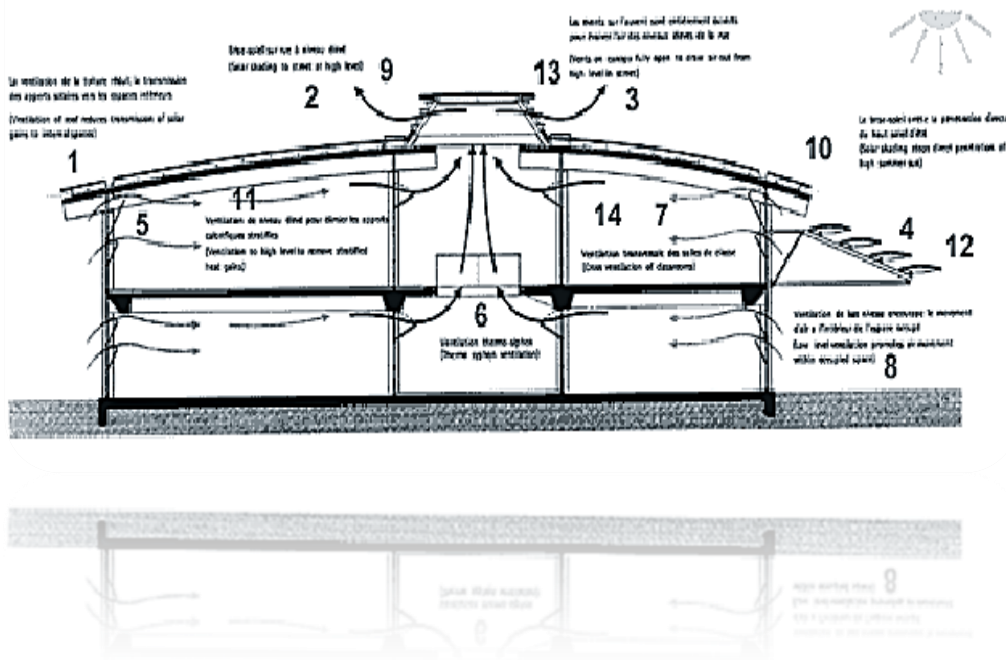
Σε περίπτωση που ο αερισμός ενός κτιρίου εμποδίζεται από ένα αίθριο ή έναν υπερυψωμένο χώρο στο εσωτερικό του κτιρίου, τότε το είδος του αερισμού δεν είναι διαμπερής όπως στην προηγούμενη περίπτωση, αλλά πλέον ο συγκεκριμένος αερισμός είναι ανοδικός.



Εικόνα 1.2. Η διάταξη των ανοιγμάτων και η ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου.



Εικόνα 1.3. Διαφορετικές καθ' ύψος θέσεις ανοιγμάτων εισόδου/εξόδου του αέρα.



Εικόνα 1.4. Φυσικός αερισμός αιθουσών διδασκαλίας σε λύκειο στην Γαλλία (ανοδική πορεία θερμού αέρα).

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί πως στις τοποθεσίες που επικρατούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τα κτίρια θα πρέπει να αερίζονται όσο το δυνατόν λιγότερο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ενώ από τη στιγμή που νυχτώσει και μετέπειτα, ο αερισμός είναι αναγκαίος για τη ψύξη του χώρου.

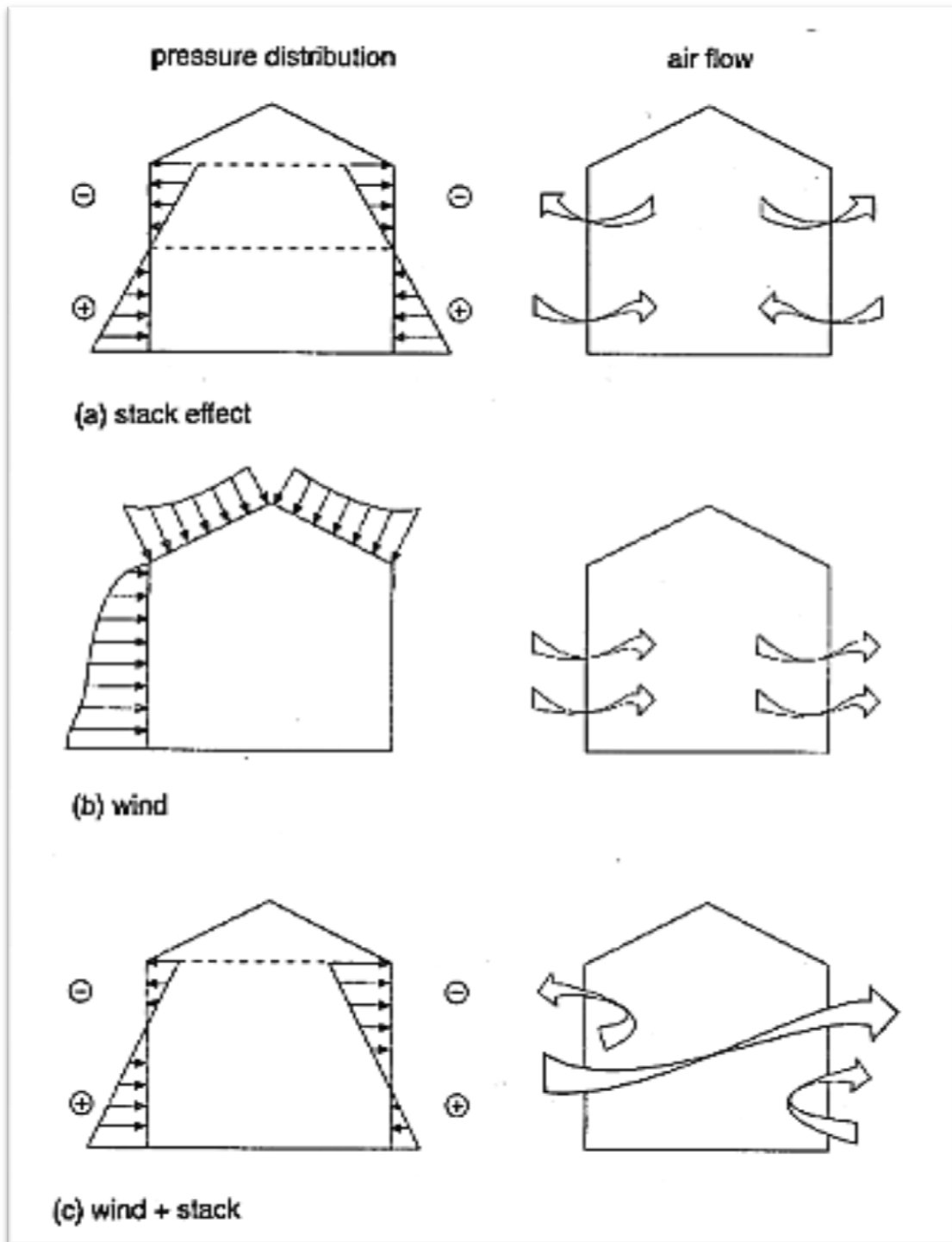
Εκτενέστερη αναφορά στη μελέτη και λειτουργία των ανοιγμάτων, εστιασμένη στην εκάστοτε εφαρμογή που εξυπηρετούν, θα ακολουθήσει στα επιμέρους κεφάλαια του φυσικού αερισμού και φυσικού δροσισμού.

### 1.5.3. Εσωτερική δομή του κτιρίου

Η εσωτερική δομή ενός κτιρίου επηρεάζει καθοριστικά τις δυνατότητες φυσικού αερισμού και ψύξης του. Για το σωστό και αποτελεσματικό σχεδιασμό της, πέρα από την κατανόηση βασικών αρχών φυσικής (θερμοδυναμικής και ρευστομηχανικής), υπάρχει ανάγκη προσδιορισμού συγκεκριμένων μεγεθών. Ειδικότερα απαιτούνται:

- Υπολογισμός της ποσότητας θερμικής μάζας που επαρκεί με βάση τον χώρο
- Σωστή κατανομή και διαστασιολόγηση των εξόδων και εισόδων αέρα
- Προσδιορισμός της βέλτιστης σχέσης ύψους και έκτασης των διαδρομών ροής αέρα, στο εσωτερικό των κτιρίων

Τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται και διαφοροποιούνται σε άμεση συνάρτηση με τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά του μικροκλίματος κάθε τόπου. Μπορούν να προσδιοριστούν με υπολογιστικά εργαλεία που προσομοιώνουν την κίνηση του αέρα, σε συνδυασμό με τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου.

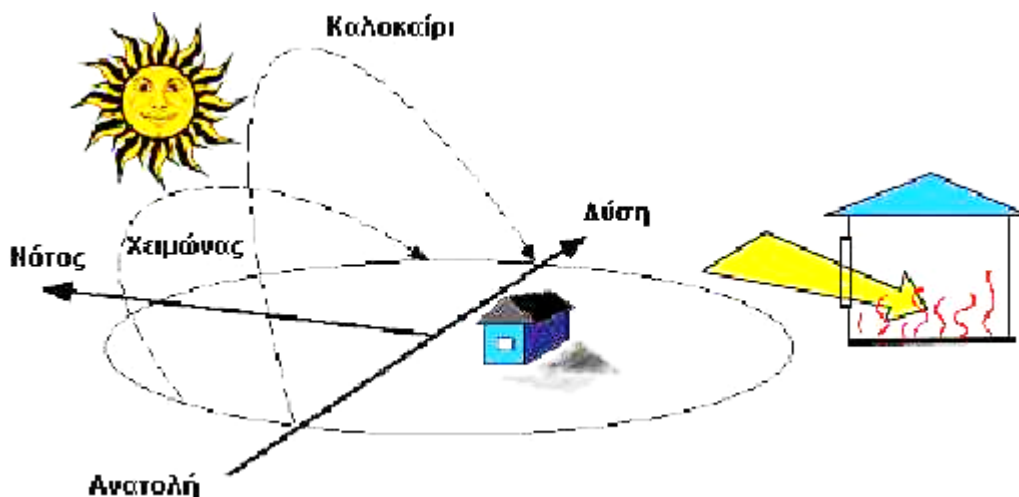


Εικόνα 1.5. Έξοδοι αέρα.

## 1.5.4. Χωροθέτηση του κτιρίου – Προσανατολισμός

Η χωροθέτηση του κτιρίου, ή αλλιώς ο γεωγραφικός προσανατολισμός του, καθορίζει τόσο ζητήματα αερισμού όσο και δροσισμού. Ο φυσικός αερισμός επηρεάζεται από τη συνήθη κατεύθυνση των ανέμων σε μια περιοχή. Ανάλογα με αυτή, και σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων του κτιρίου ευνοείται ή όχι ο φυσικός αερισμός και δροσισμός του κτιρίου. Χρησιμοποιώντας συστήματα αερισμού, ένας βασικός σκοπός είναι να ελαττωθεί το θερμικό φορτίο ενός κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Ακόμη, η χωροθέτηση του κτιρίου επηρεάζει άμεσα και τον φυσικό δροσισμό του. Αυτό είναι κάτι το οποίο μπορεί να επιτευχθεί για παράδειγμα με την εγκατάσταση της απαιτούμενης σκίασης στα ανοίγματα, ή και στο κτίριο καθεαυτού, σύμφωνα με το προσανατολισμό τους. Αναλυτικότερη περιγραφή της εκμετάλλευσης του προσανατολισμού ενός κτιρίου για σκοπούς αερισμού και δροσισμού θα ακολουθήσει στα αντίστοιχα κεφάλαια.



Εικόνα 1.6. Η κατεύθυνση του ήλιου.



Εικόνα 1.7. Οι όψεις ενός κτιρίου

## 1.6. Νομικά και κανονιστικά πλαίσια

Τα νομοθετικά πλαίσια τα οποία σχετίζονται άμεσα με το φυσικό αερισμό αλλά και το φυσικό δροσισμό, είναι ο νόμος 3661/08/2008 που προβλέπει την έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), ο Κ.Εν.Α.Κ., η οδηγία 2002/91/ΕΚ και 2010/31/ΕΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και λοιπές Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο. ΤΕΕ).

Ο νόμος 3661/08/2008 (ΦΕΚ 89 Α/19-5-2008) περιλαμβάνει κάποια βασικά μέτρα για τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων, και εναρμονίζεται πλήρως με την ευρωπαϊκή οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (16 Δεκεμβρίου 2002). Η τελευταία αφορά κυρίως την ενεργειακή απόδοση κτιρίων, και ανατυπώθηκε την 19<sup>η</sup> Μαΐου του 2010 (οδηγία 2010/31/ΕΕ).

Ο Κ.Εν.Α.Κ., μαζί με Τεχνικές Οδηγίες του ΤΕΕ (όπως η Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010), περιλαμβάνει σαφείς οδηγίες που αφορούν τις μεθόδους ενεργειακής βελτίωσης κτιρίων, καθώς και τις προϋποθέσεις και τα κριτήρια για τον χαρακτηρισμό της ενεργειακής απόδοσης καινούριων και ριζικά ανανεωμένων κτιρίων.

## Κεφάλαιο 2

---

### Φυσικός Αερισμός

---



## 2.1. Εισαγωγή – Φυσικός αερισμός εσωτερικών χώρων

Ο φυσικός αερισμός είναι η κυριότερη μέθοδος απομάκρυνσης της θερμότητας από κάποιο κτίσμα κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, χρησιμοποιώντας φυσικά μέσα. Δημιουργείται από τη διαφορά της πίεσης του αέρα, τη διαφορά θερμοκρασίας αλλά και της θερμοκρασιακής διαστρωμάτωσης.

Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων έχει μεγάλη επιρροή στην υγεία των ανθρώπων που κατοικούν μέσα σε ένα σπίτι, στη θερμική άνεση, αλλά και στην αίσθηση ευεξίας. Ο συγκεκριμένος αερισμός κάνει πιο εύκολη την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με την ατμόσφαιρα, και ταυτόχρονα βοηθάει σημαντικά στη ψύξη των δομικών στοιχείων του κτιρίου.

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού στο εσωτερικό κάποιου κτιρίου είναι η κατεύθυνση των ανέμων που πνέουν στη συγκεκριμένη τοποθεσία, οι κατασκευαστικές ρυθμίσεις του κελύφους του, καθώς επίσης το μέγεθος και η θέση των ανοιγμάτων του συγκεκριμένου κτιρίου.

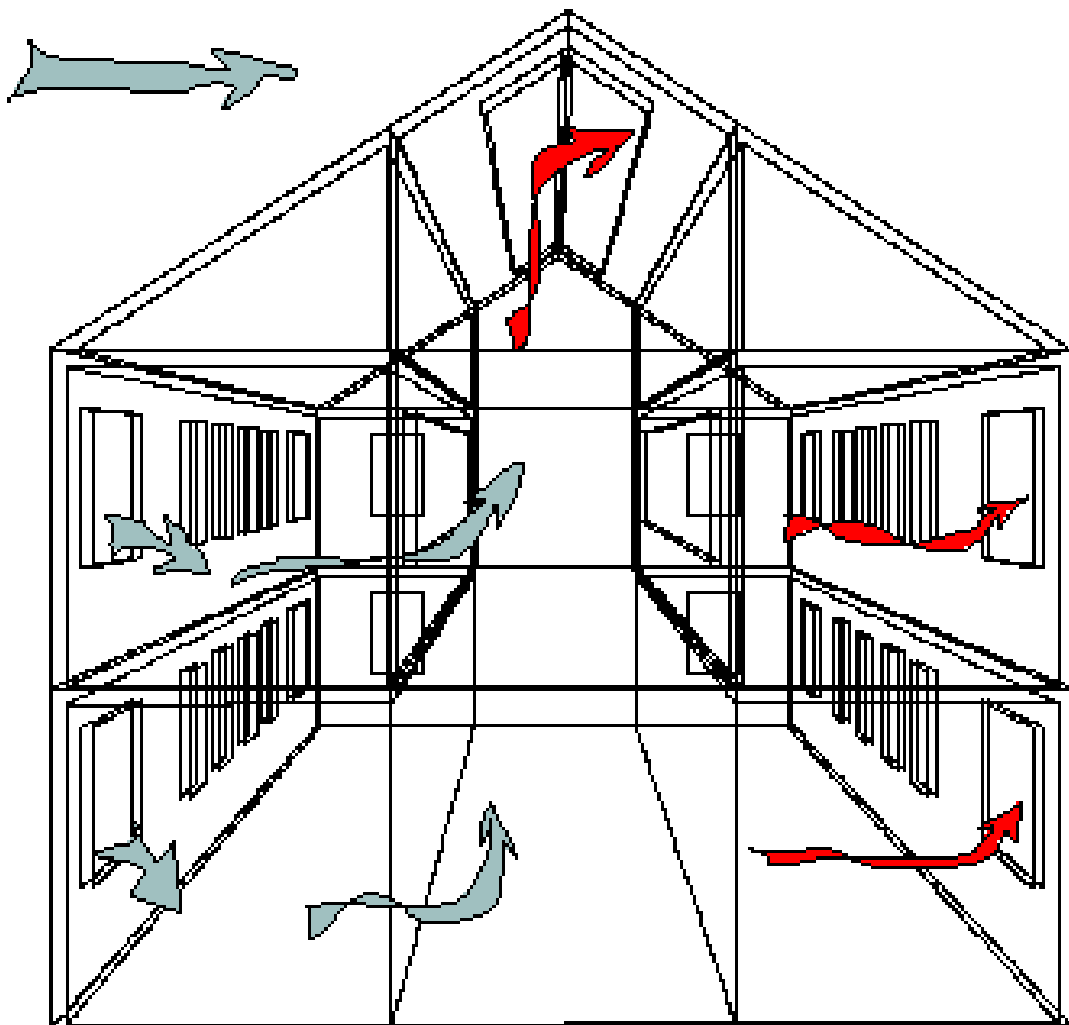
Γενικότερα, οι κατοικημένες τοποθεσίες χρειάζονται συχνό αερισμό. Ο φυσικός αερισμός αποτελεί την κυριότερη και πιο απλή μέθοδο απομάκρυνσης αερίων και επιβλαβών ουσιών για τον ανθρώπινο οργανισμό. Ακόμα, είναι πολύ αποτελεσματικός στην αποβολή της υγρασίας από τον εσωτερικό χώρο του κτίσματος ιδίως κατά τους χειμερινούς μήνες.

Εξαιτίας της τάσης για εξοικονόμηση ενέργειας, ήδη από την δεκαετία του 1970 και μετά βλέπουμε σημαντικές αλλαγές στον κτιριακό τομέα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα παράθυρα που αντικαταστάθηκαν από διαφορετικά είδη τα οποία είναι αρκετά πιο στεγανά, αυτό όμως είχε σαν επίπτωση τον περιορισμό της ικανότητας του φυσικού αερισμού.

Εκτός από την υγρασία η οποία έχει δυσάρεστες συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων, εντοπίστηκαν κι άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με τη δημιουργία δρόσου και μούχλας στους εσωτερικούς κυρίως χώρους των κτιρίων.

Σύγχρονες μελέτες, οι οποίες έχουν υλοποιηθεί τα τελευταία χρόνια έχουν δείξει πως δημιουργούνται σημαντικά προβλήματα όπως για παράδειγμα το πρόβλημα της μηδενικής αεροδιαπερατότητας, το οποίο έχει ως επίπτωση τη δημιουργία αναπνευστικών προβλημάτων.

Έτσι, είναι πλέον υποχρεωτική η εκ νέου μελέτη των ζητημάτων αυτών που σχετίζονται με τον αερισμό των κτιρίων, έχοντας σαν βασικό γνώμονα την απομάκρυνση της υγρασίας από τους χώρους αυτούς. Το ζήτημα αυτό αφορά την ανθρώπινη υγεία αλλά και το κτίριο αυτό καθ' αυτό. Σκαρίφημα της διαδικασίας φυσικού αερισμού φαίνεται στην εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1. Φυσικός αερισμός.

## 2.2. Κατηγορίες φυσικού αερισμού

---

Αερισμός καλείται η βαθμιαία αποκατάσταση του αέρα κάποιου συγκεκριμένου χώρου, από νωπό αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Στόχος του αερισμού είναι η προσφορά του απαραίτητου οξυγόνου για λόγους υγείας αλλά και όχι μόνο. Ταυτόχρονα, με τον αερισμό επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους των επιβλαβών αερίων, των δυσάρεστων ουσιών (όπως για παράδειγμα οσμές, ατμός, καπνός κτλ.), και των επικίνδυνων ρύπων των δομικών υλικών (όπως για παράδειγμα η φορμαλδεΰδη αλλά και το ραδόνιο). Επιπρόσθετα, πετυχαίνει μείωση της υγρασίας σε αποδεκτές τιμές της τάξεως του 40% μέχρι και 70%.

Ο φυσικός αερισμός, βάσει των μεθόδων και τακτικών που χρησιμοποιεί, μπορεί να διακριθεί σε:

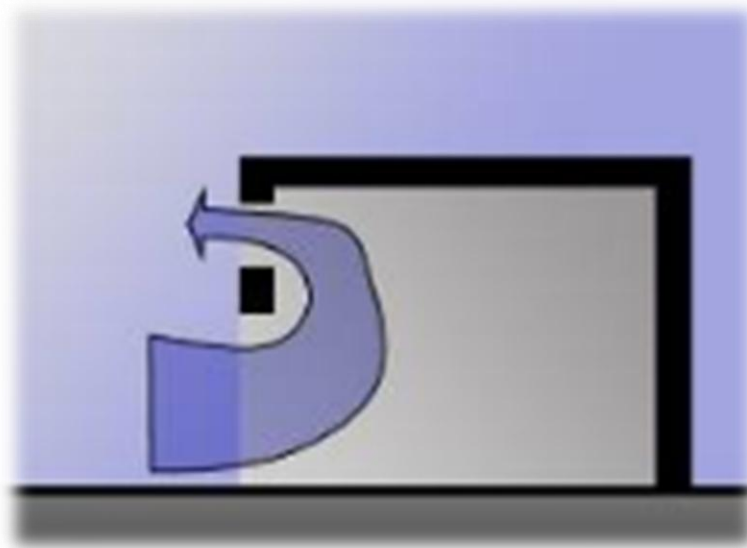
- Μονόπλευρο
- Κατακόρυφο (διαμέσου ανοιγμάτων σε υψηλά αλλά και σε χαμηλά μέρη του κτίσματος)
- Διαμπερή (μέσω παραθύρων και διαφόρων άλλων ανοιγμάτων)

### 2.2.1. Μονόπλευρος αερισμός

---

Μονόπλευρος θεωρείται ο αερισμός όταν το κτίσμα έχει μία ή παραπάνω εισόδους και εξόδους αέρα, αλλά μόνο σε μία πλευρά του. Πραγματοποιείται κυρίως λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου του κτίσματος. Σημαντικό χαρακτηριστικό του μονόπλευρου αερισμού είναι ότι εξαρτάται από τη διαμόρφωση του χώρου, από το μέγεθος και τη

θέση των ανοιγμάτων. Όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα και όσο μικρότερο είναι το βάθος του χώρου που πρέπει να αεριστεί, τόσο πιο αποτελεσματικός είναι ο αερισμός. Σε σύγκριση με τις επόμενες δύο κατηγορίες έχει τη μικρότερη απόδοση, αλλά είναι μία λύση για μη διαμπερείς χώρους.



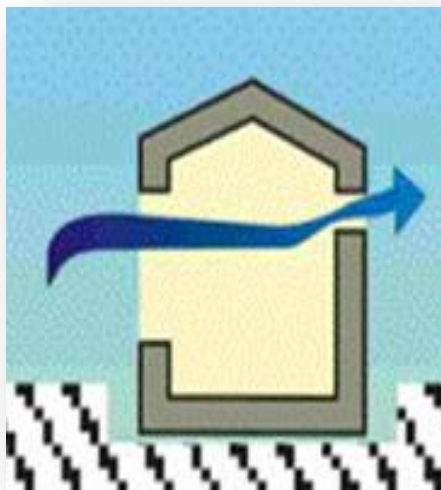
Εικόνα 2.2. Μονόπλευρος αερισμός.

### 2.2.2. Κατακόρυφος αερισμός

Ο κατακόρυφος αερισμός βασίζεται σε ανοίγματα που μπορούν να δημιουργηθούν στις οροφές των κτιρίων, πύργους ή καμινάδες αερισμού. Οι κατασκευές αυτές θα αναλυθούν στην ενότητα των τεχνικών φυσικού αερισμού, και των δομικών διατάξεων υποστήριξης φυσικού αερισμού. Ο κατακόρυφος αερισμός εκμεταλλεύεται το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Δηλαδή, καθώς ο θερμός αέρας έχει τη τάση να κινείται προς τα πάνω, δημιουργείται ρεύμα αέρα στο εσωτερικό, το οποίο μεταφέρει τη θερμότητα εκτός του κτίσματος. Βασικό του γνώρισμα αποτελεί το γεγονός πως είναι εντονότερο κατά κόρον σε ψηλά κτίσματα.

### 2.2.3. Διαμπερής αερισμός

Διαμπερή αερισμό έχουμε όταν σε τοιχώματα τα οποία βρίσκονται απέναντι το ένα από το άλλο υπάρχουν ανοίγματα. Επιτυγχάνεται με το σωστό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό σχετικά με τα ανοίγματα στο κέλυφος και στους εσωτερικούς τοίχους. Η ροή του εξαρτάται τόσο από την εσωτερική διαρρύθμιση χώρου όσο και από την εξωτερική. Η τοποθεσία του κτίσματος, ο πολεοδομικός ιστός καθώς και τα εξωτερικά εμπόδια που υπάρχουν, βοηθούν ή εμποδίζουν την εισχώρηση του αέρα στο εσωτερικό του. Όταν τα ανοίγματα εισόδου του αέρα είναι μικρότερα συγκριτικά με εκείνα της εξόδου, τότε η ταχύτητα του αέρα είναι μέγιστη. Σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους αερισμού είναι η επικρατέστερη.



Εικόνα 2.3. Διαμπερής φυσικός αερισμός.

Ο διαμπερής αερισμός κατορθώνεται με σωστό σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στα εσωτερικά τοιχώματα. Θα πρέπει να υπάρχουν θυρίδες στο επάνω αλλά και στο κάτω κομμάτι των διαχωριστικών εσωτερικών τοιχωμάτων, οι οποίες θα αφήνουν τον αέρα να εισέρχεται και να απομακρύνει τη θερμότητα.

Ο εν λόγω αερισμός δέχεται σημαντικές επιρροές και επιδράσεις από την εξωτερική και την εσωτερική διαρρύθμιση του κτίσματος, συγκριτικά με τους ανέμους που υπάρχουν στην περιοχή. Πλαϊνά τοιχώματα τα οποία είναι εγκατεστημένα στα ανοίγματα και καλούνται ανεμοπτερύγια έχουν την ικανότητα εκτροπής του ανέμου στο εσωτερικό του κτίσματος, βοηθώντας με το τρόπο αυτό τη διαδικασία του φυσικού αερισμού.

Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός, ο οποίος υλοποιείται κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών είναι εξαιρετικά αποτελεσματικός κυρίως τις ζεστές ημέρες και ώρες, όπου ο αερισμός τη διάρκεια της ημέρας δεν είναι εφικτός. Κατά τη διάρκεια της νύχτας ο αερισμός αυτός βοηθάει παράλληλα στην αποθήκευση δροσιάς στη θερμική μάζα του κτίσματος, σαρώνοντας τις επιφάνειές του με δροσερό αέρα.

Ο διαμπερής ημερήσιος αερισμός είναι κατάλληλος κυρίως για ζεστό και υγρό κλίμα, είτε για ήπιο το οποίο όμως έχει ζεστούς καλοκαιρινούς μήνες. Η συγκεκριμένη τακτική εστιάζει περισσότερο στην άμεση διείσδυση του ατμοσφαιρικού αέρα στο κτίσμα, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο εσωτερικός αέρας αντικαθίσταται από τον εξωτερικό και αυτό είναι κάτι το οποίο κατορθώνεται με την τοποθέτηση ανοιγμάτων στο βόρειο ή στο νότιο άξονα. Επίσης, χρησιμοποιούνται θυρίδες στο πάνω αλλά και στο κάτω κομμάτι των διαχωριστικών εσωτερικών τοιχωμάτων και θυρών, σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες για μεγαλύτερη κινητικότητα του αέρα στο εσωτερικό του κτίσματος.

Στη περίπτωση ξηρού ή υγρού κλίματος κρίνεται απαραίτητη η μείωση της θερμικής μάζας. Αυτό έχει σαν στόχο, η θερμότητα να απομακρύνεται γρηγορότερα από το κέλυφος. Σε διαφορετική περίπτωση, όταν υπάρχει ήπιο κλίμα, η θερμική μάζα πρέπει να είναι μεγαλύτερη. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει ελάττωση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Για την καλύτερη ροή του αέρα, απαιτείται επιπλέον χρησιμοποίηση ανεμιστήρων, αφού στα ζεστά και υγρά κλίματα εμφανίζονται τις περισσότερες φορές μικρές ταχύτητες ανέμου. Το κυριότερο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τακτικής κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι το γεγονός ότι προάγει άμεσα την ανθρώπινη άνεση. Το κυριότερο μειονέκτημα αυτής της τακτικής είναι πως η δράση της επηρεάζεται σημαντικά από την κατεύθυνση που έχει ο άνεμος και από τη σωστή τοποθέτηση των ανοιγμάτων.

Από την άλλη πλευρά, σε ότι έχει να κάνει με το νυχτερινό αερισμό θα πρέπει να επισημανθεί πως είναι χρήσιμος και συνιστάται σε περιπτώσεις ζεστού κλίματος, με μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Αυτή η τεχνική είναι παρόμοια με την τεχνική του ημερήσιου διαμπερή αερισμού. Το κτίσμα θα πρέπει να αερίζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας όπου υπάρχει κρύος αέρας, ελαττώνοντας με το τρόπο αυτό τη θερμότητα η οποία αποθηκεύεται στη θερμική του μάζα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για να επιτευχθούν όλοι οι βασικοί στόχοι της συγκεκριμένης τακτικής, θα πρέπει να αερίζεται το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας των τοίχων του κτιρίου και να κλείνουν τα παράθυρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Πρόβλημα αποτελούν τα πιθανά ζητήματα ασφαλείας που μπορεί να προκύψουν, αφού τα παράθυρα του κτίσματος είναι ανοικτά για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Σε ότι έχει να κάνει με τις κτιριακές πρακτικές της τακτικής αυτής, θα πρέπει να τονιστεί πως αυτή είναι η πιο συνηθισμένη πρακτική σε κτίσματα γραφείων. Με μεγάλη επιτυχία έχει πραγματοποιηθεί και σε διάφορες σχολικές εγκαταστάσεις.

Πίνακας 2.1. Ενδεικνυόμενες ταχύτητες αέρα.

Ταχύτητα αέρα (m/s) *	Επίδραση	Συνιστώμενη χρήση
0 έως 0,08	Παράπονα για έλλειψη κίνησης του αέρα.	Καμία.
0,125	Ιδανική κατάσταση.	Για όλες τις εφαρμογές.
0,125 έως 0,250	Πολύ ικανοποιητική κατάσταση αλλά η ταχύτητα των 0,250 m/s πλησιάζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη για άτομα που κάθονται.	Για όλες τις εφαρμογές.
0,325	Οχι ικανοποιητική για χώρους γραφείων. Ο αέρας παρασύρει ελαφριά χαρτιά από τα γραφεία.	
0,375	Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα για άτομα που κινούνται.	Εμπορικά καταστήματα.
0,375 έως 1,500	Επιτρεπόμενη μόνο για βιομηχανικές εφαρμογές.	

## 2.3. Τεχνικές φυσικού αερισμού

Για να υπάρχει σωστός αερισμός, θα πρέπει ο σχεδιασμός του κτιρίου να προβλέπει την είσοδο νωπού αέρα, τη διαδρομή και την έξοδο του αέρα, καθώς επίσης και κάποια μέσα ελέγχου της ροής του.

Στην είσοδο συγκαταλέγονται τα ανοίγματα που υπάρχουν σε ένα κτίριο, όπως είναι οι πόρτες και τα παράθυρα, αλλά και τα πιο εξειδικευμένα δομικά στοιχεία (όπως είναι για παράδειγμα οι καμινάδες, οι αεραγωγοί κλπ). Η επιλογή της ορθής θέσης και του είδους της εισόδου έχει άμεση σχέση με τις εξωτερικές αλλά και τις εσωτερικές συνθήκες που επικρατούν. Στις εξωτερικές συνθήκες συγκαταλέγονται η διεύθυνση που έχει ο αέρας, πιθανή ρύπανση που υπάρχει στην περιοχή (όπως είναι για παράδειγμα το καυσαέριο), ο θόρυβος αλλά και η βλάστηση. Αντίστοιχα, στις εσωτερικές συνθήκες κατατάσσεται η εσωτερική αρχιτεκτονική του χώρου, οι πιθανές ενοχλήσεις από ρεύματα αέρα, και η ασφάλεια. Το μέγεθος των ανοιγμάτων που απαρτίζουν την είσοδο του αέρα εξαρτάται από τη ποσότητα αέρα που χρειάζεται το εσωτερικό περιβάλλον.

Η έξοδος του αέρα πραγματοποιείται διαμέσου των ανοιγμάτων που υπάρχουν στο περίβλημα, τα οποία είναι ανάλογα με αυτά που υπάρχουν και στην είσοδο. Προκειμένου ένα άνοιγμα να αποτελεί έξοδο αέρα, πρέπει η εξωτερική πίεση στη θέση που είναι τοποθετημένο να είναι πιο μικρή συγκριτικά με την εσωτερική πίεση. Το μέγεθος των ανοιγμάτων εξόδου πρέπει να είναι σύμφωνο με τα ανοίγματα της εισόδου, με στόχο την πιο ομαλή ροή του αέρα.

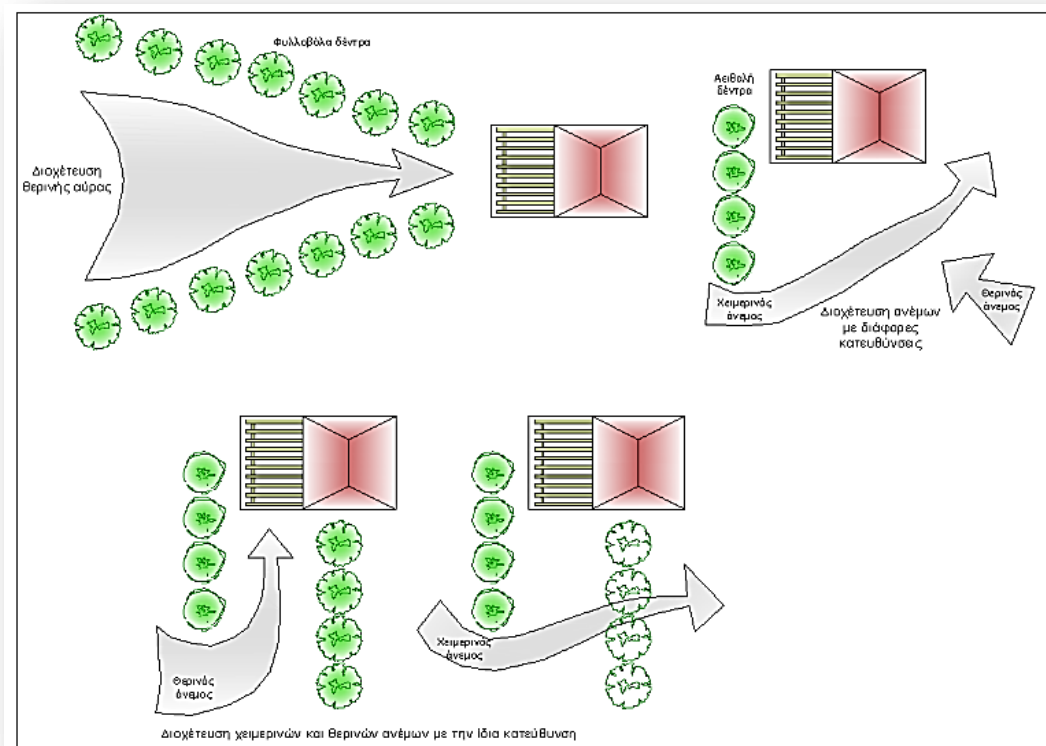
Ο έλεγχος της ροής του αέρα πραγματοποιείται με την τοποθέτηση δομικών στοιχείων. Αυτά παρεμβάλλονται στην κατεύθυνση του αέρα και επηρεάζουν σημαντικά την κινητικότητά του. Τέτοια δομικά στοιχεία είναι οι περσίδες, τα *dampers*, τα πτερύγια, οι ανακλαστήρες κ.α. Με αυτά τα μέσα ελέγχου είναι δυνατή η αυξομείωση της ροής και πιθανά και ο καθορισμός της διαδρομής του αέρα.

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα παρατεθούν οι βασικότερες τεχνικές για την εφαρμογή φυσικού αερισμού.



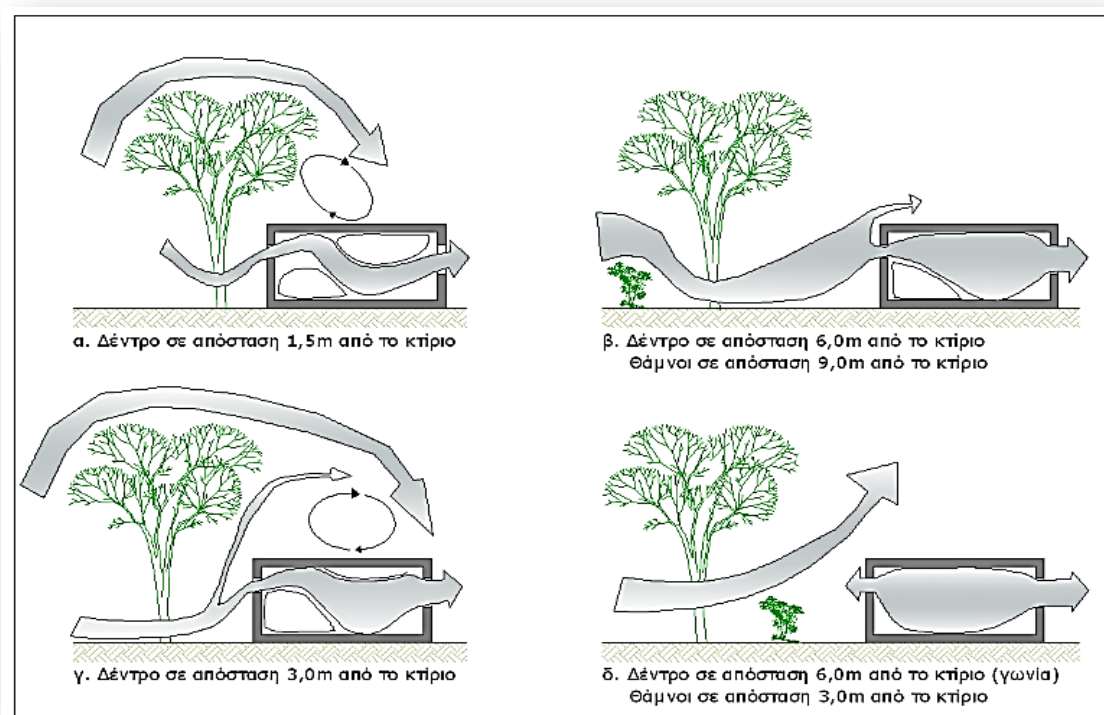
## 2.3.1. Φύτευση

Η τεχνική αυτή, εάν και έχει άμεση επίδραση και στο δροσισμό του κτιρίου, αναφέρεται στο τρέχων υποκεφάλαιο καθώς η επίδρασή της σε ζητήματα αερισμού είναι καθοριστική. Η βλάστηση στον εξωτερικό χώρο του κτιρίου, όταν είναι σε σωστή διάταξη μπορεί να βοηθήσει την εισχώρηση των δροσερών ανέμων στο εσωτερικό του κτίσματος (εικόνα 2.4). Η τοποθέτηση δένδρων είτε θάμνων σε σωστή απόσταση από το κτίσμα, επιτρέπει τη διέλευση του δροσερού ανέμου στο εσωτερικό του κτίσματος. Ταυτόχρονα, ο συνδυασμός φύτευσης και ύπαρξης προεξοχών σε συγκεκριμένα σημεία πάνω στο κτίριο, συμβάλλει στο φυσικό αερισμό του εσωτερικού χώρου.

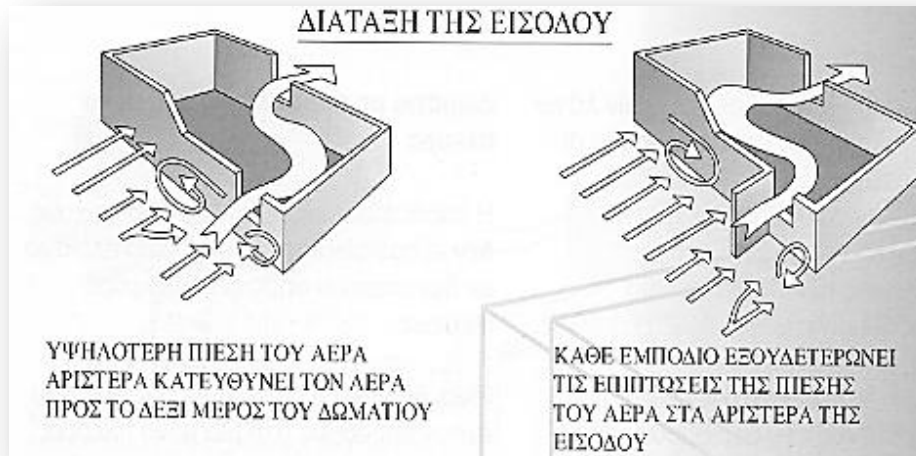


Εικόνα 2.4. Η βλάστηση βοηθάει στη διείσδυση είτε την εκτροπή του ανέμου από το κτίριο.

Η φύτευση και η σωστή κατανομή των φυτών στο χώρο μπορούν να επηρεάσουν την θερμοκρασία. Ο άνεμος σε συνδυασμό με την ακτινοβολία του ήλιου είναι δύο παράγοντες οι οποίοι μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα με τις ανάγκες που έχουμε κάθε φορά. Αυτό μπορούμε να το καταφέρουμε με την σωστή διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου, με φυτά αλλά και με συγκεκριμένο εξοπλισμό. Η σωστή γεωμετρική τοποθέτηση της βλάστησης, σε συνδυασμό με τα δομικά στοιχεία στους ανοικτούς χώρους, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες σκίασης κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και ηλιασμού κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, με ταυτόχρονη χειραγώγηση των ανέμων.



Εικόνα 2.5. Η θέση των δένδρων και των θάμνων οριοθετεί την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου.



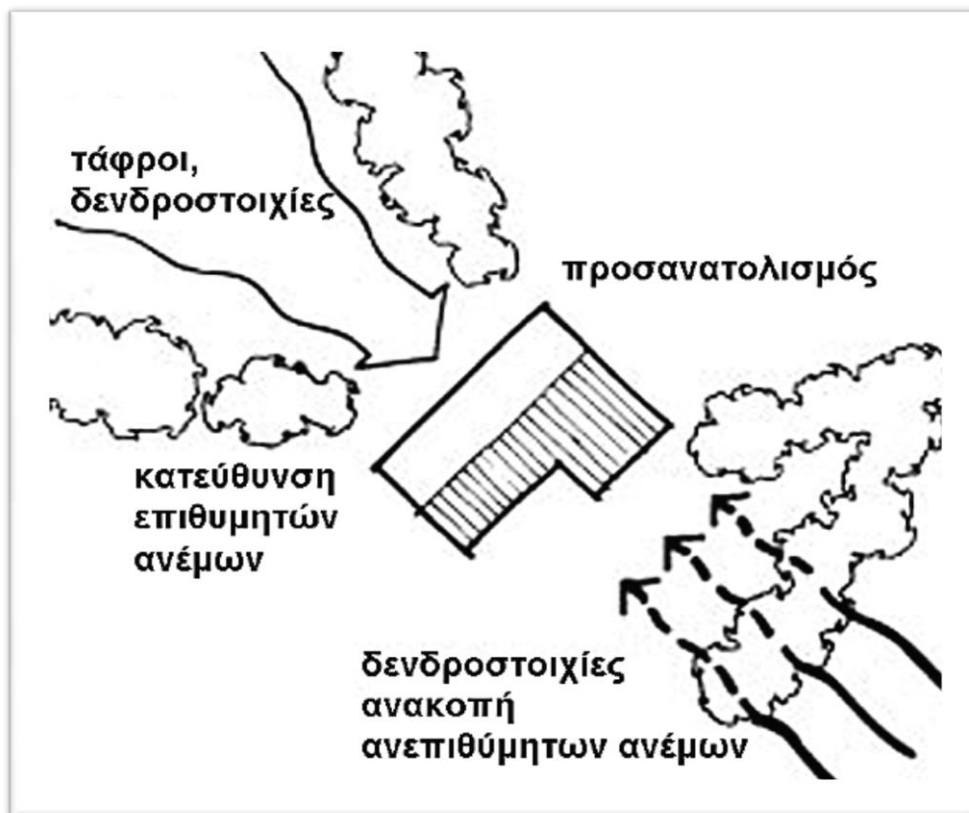
Εικόνα 2.6. Ο ρόλος των εξωτερικών στοιχείων στον αερισμό του εσωτερικού χώρου.

Ο προγραμματισμός φύτευσης με δέντρα και θάμνους, είτε η χαμηλή βλάστηση στις υπαίθριες τοποθεσίες, αλληλεπιδρά με τα κτίσματα όπως στις παρακάτω περιπτώσεις:

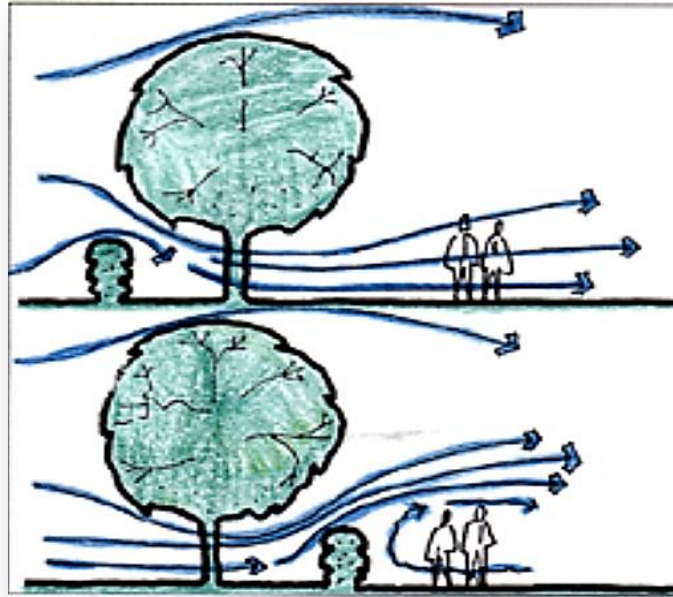
- Σαν ανεμοφράκτης για τις χειμερινές περιόδους, βοηθώντας έτσι σημαντικά στην προστασία του κτίσματος
- Σαν μέσο κατεύθυνσης της ροής του δροσερού ανέμου κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών
- Σαν πηγή δροσισμού τους θερινούς μήνες προσφέροντας δροσιά διαμέσου της εξατμισοδιαπνοής
- Σαν ρυθμιστής της θερμικής άνεσης, ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ηλιακή ακτινοβολία
- Σαν φίλτρο του φυσικού φωτός κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους
- Σαν φίλτρο σκόνης και μικροσωματιδίων
- Παρέχει προστασία στο κτίσμα από τη διάβρωση λόγω του αέρα/ακτινοβολίας
- Ελαττώνει σημαντικά το θόρυβο από τον περιβάλλοντα χώρο
- Βελτιώνει αισθητά την ποιότητα του αέρα και περιορίζει παράλληλα τη μόλυνση του περιβάλλοντος
- Ελαττώνει την τοπική όχληση

Μεγάλη προσοχή χρειάζεται στην διαδικασία επιλογής φυτών. Τον χειμώνα για παράδειγμα, επιλέγονται συνήθως αειθαλή δέντρα ή φυτά για την προστασία των υπαίθριων τοποθεσιών και κτισμάτων από τους κρύους ανέμους.

Σε διαφορετική περίπτωση, για τη διευκόλυνση της διείσδυσης του ήλιου σε συγκεκριμένους χώρους κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, προτιμούνται δέντρα ή φυτά τα οποία είναι συνήθως φυλλοβόλα. Το είδος του φυτού, το μέγεθός του, το σχήμα που έχει, η αναλογία του ανάμεσα στον κορμό και την κόμη, η πυκνότητα των φύλων, η ταχύτητα της ανάπτυξής του, κλπ είναι οι παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή τους. Παράλληλα καθοριστικό ρόλο παίζει το κλίμα και η ποιότητα του εδάφους της περιοχής του κτίσματος, για την επιλογή του είδους φύτευσης.



Εικόνα 2.7. Σημαντικότητα καλής διάταξης κατά τη διάρκεια της φύτευσης.



Εικόνα 2.8. Βλάστηση και κατεύθυνση ανέμου.



Εικόνα 2.9. Βλάστηση σε κτίριο για φυσικό δροσισμό.



## 2.3.2. Διαχείριση των ανοιγμάτων του κτιρίου

---

Ως διαχείριση των ανοιγμάτων εννοούμε την επιλογή και τον βαθμό/τρόπο ανοίγματος των ανοιγμάτων ώστε να ευνοείται ο φυσικός αερισμός. Η κατάλληλη επιλογή σχετίζεται άμεσα με τις εξωτερικές συνθήκες, όπως με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος, αλλά και ιδιαίτερα με τον αέρα στον εξωτερικό χώρο. Σε συγκεκριμένες εξωτερικές συνθήκες, και υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μεταξύ διαφόρων διαθέσιμων ανοιγμάτων, ο φυσικός αερισμός μπορεί να ευνοηθεί. Βέβαια, για να υπάρχει αυτή η δυνατότητα πρέπει εξ αρχής να έχει γίνει σωστή μελέτη στα ανοίγματα του κτίσματος, σε άμεση σχέση με όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1.5.2.

Η ορθή επιλογή του βαθμού και της θέσης των ανοιγμάτων που θα χρησιμοποιηθούν, μπορεί να καθορίσει παραμέτρους της φυσικής ροής του αέρα, όπως είναι η ταχύτητα του δημιουργούμενου ρεύματος και η θερμοκρασία του αέρα που εισρέει στο κτίσμα (για παράδειγμα ανάλογα με τον προσανατολισμό του ανοίγματος εισόδου), καθώς και τον τύπο του αερισμού (μονόπλευρος, διαμπερής, ή κατακόρυφος, σε συμφωνία με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω). Ως τεχνική μπορεί να πραγματοποιηθεί και εμπειρικά, ενώ με χρήση ενός συστήματος (αυτοματισμού) η επιλογή θα μπορούσε να βελτιστοποιείται. Ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να ελέγχει τις εξωτερικές συνθήκες αλλά και τις εσωτερικές (για να καθορίσει τις ανάγκες αερισμού), και να υποδεικνύει αυτόματα τη βέλτιστη θέση και βαθμό ανοίγματος στα ανοίγματα εισόδου – εξόδου του αέρα.

## 2.4. Δομικές διατάξεις υποστήριξης φυσικού αερισμού

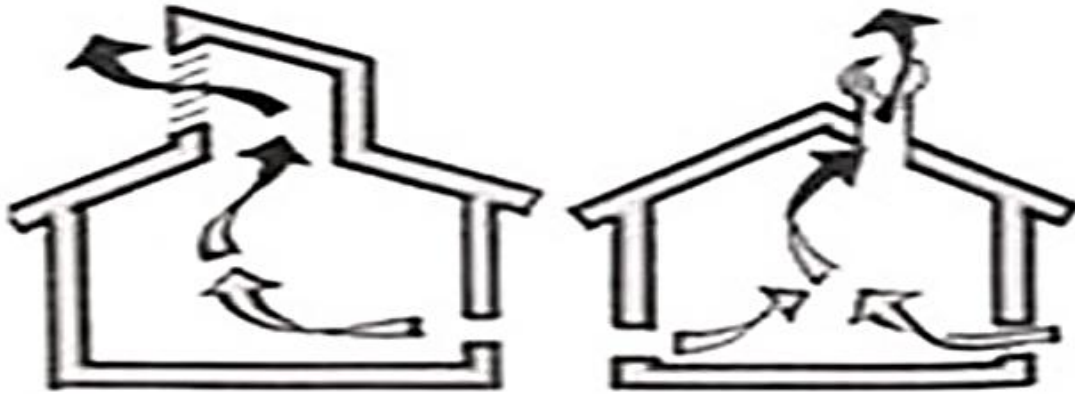
---

Η εξασφάλιση του φυσικού αερισμού στο εσωτερικό περιβάλλον είναι εφικτό να υλοποιηθεί και μέσα από την κατασκευή έργων, με σωστή ένταξη στο κέλυφος του κτίσματος. Τέτοιες τακτικές είναι η καμινάδα αερισμού, η ηλιακή καμινάδα, και η διπλή επιδερμίδα, όπου θα αποτελέσουν τις επόμενες ενότητες.

### 2.4.1. Καμινάδα αερισμού

---

Οι καμινάδες αερισμού, ή πύργοι αερισμού όπως αλλιώς ονομάζονται, παρέχουν την ευχέρεια συλλογής και μεταφοράς της θερμότητας έξω από το κτίσμα. Ταυτόχρονα, ανανεώνουν τον εσωτερικό αέρα και βοηθούν στην απομάκρυνση επιβλαβών και ανεπιθύμητων αερίων και ουσιών, καθώς και της υγρασίας. Βασίζονται στο φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, και ως τεχνική έχουν άμεση σχέση με αυτό. Όπως είναι γνωστό, ο θερμός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα από τον ψυχρό, και παρουσιάζει κινητικότητα συνήθως με κατεύθυνση προς τα πάνω. Δηλαδή ο ζεστός αέρας κινείται προς τα επάνω και αναπτύσσει με το τρόπο αυτό ρεύματα στο εσωτερικό του κτίσματος, διώχνοντας την θερμότητα προς τα έξω. Η δράση της εν λόγω καμινάδας πραγματοποιείται συνδυαστικά με τα κατάλληλα ανοίγματα/εισόδους αέρα. Επίσης δρουν με τη χρήση ειδικά διαμορφωμένων κλιμακοστασίων, είτε με εσωτερικά αίθρια, είτε μέσα από φωταγωγούς κτισμάτων. Παράδειγμα καμινάδας αερισμού φαίνεται στην εικόνα 2.10.

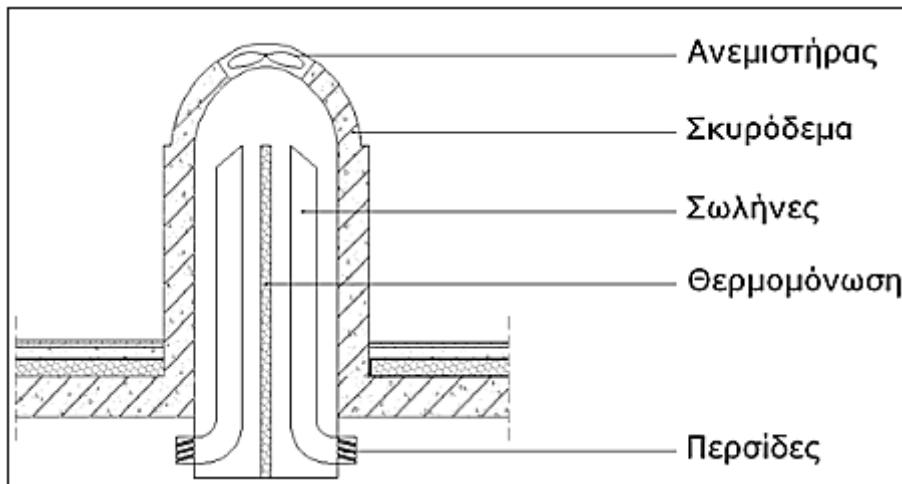


Εικόνα 2.10. Καμινάδα αερισμού.

Στο πιο ψηλό σημείο της καμινάδας μπορεί να τοποθετηθεί ανεμιστήρας που ενσωματώνεται σε αυτήν, ώστε να υπάρξει διασφάλιση της συνεχόμενης εναλλαγής του αέρα και του συνεχόμενου αερισμού (υβριδικός αερισμός). Αυτό μπορεί να απαιτείται σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει ισχυρό ρεύμα αέρα γύρω από το κτίσμα.

Σε περιοχές με ισχυρό άνεμο χρησιμοποιούνται παρόμοιοι πύργοι. Αυτοί προεξέχουν αρκετά από την οροφή του κτίσματος και έχουν άνοιγμα προς συγκεκριμένη κατεύθυνση. Αναλόγως τη κατεύθυνση που έχει ο άνεμος, υπάρχει η δυνατότητα συγκέντρωσης κρύων ρευμάτων αέρα και κατεύθυνσής τους μέσα στο κτίριο. Εάν υπάρχει και βοηθητικός ανεμιστήρας, αυτός ενεργοποιείται όποτε χρειαστεί, βοηθώντας έτσι τη διαδικασία αυτή. Η καμινάδα αερισμού επικεντρώνεται κυρίως στη φυσική κίνηση του αέρα, ενώ δεν είναι σπάνιο (ακόμα και προαιρετικά) να χρησιμοποιείται ένας μικρός ανεμιστήρας που θα είναι τοποθετημένος στο άνοιγμα της καμινάδας.





Εικόνα 2.11. Ενδεικτική μορφή καμινάδας αερισμού.



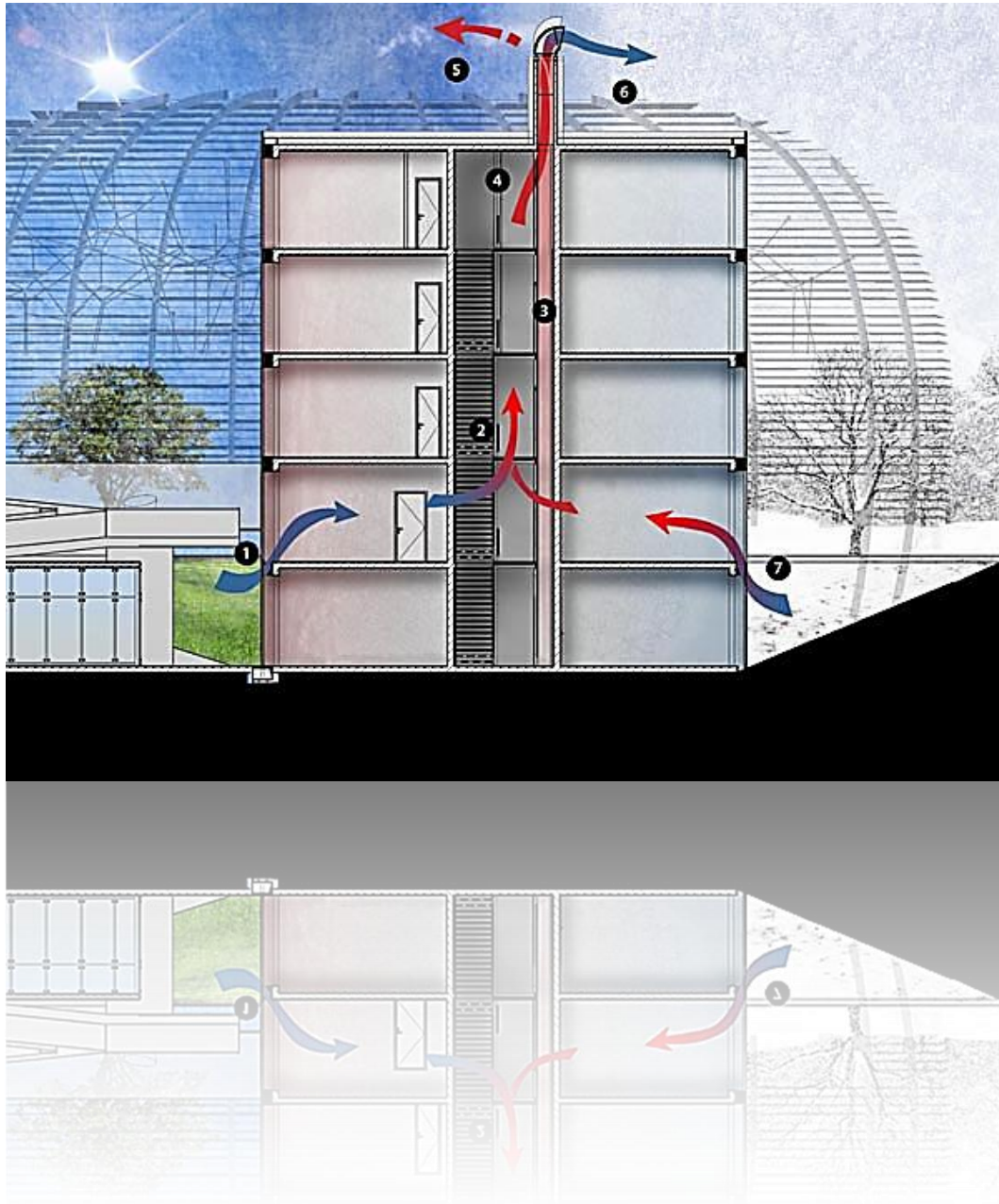
Εικόνα 2.12. Καμινάδα αερισμού σε κτίριο γραφείων στο Cambridge (Ionica).

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για ζεστά κλίματα με μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και για κτίρια που βρίσκονται σε ψυχρά κλίματα και έχουν μεγάλα εσωτερικά θερμικά οφέλη. Κυρίως χρησιμοποιείται στην τρίτη και στην τέταρτη κλιματική ζώνη σύμφωνα με το άρθρο 6 του Κ.Εν.Α.Κ.

Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να υιοθετηθεί και σε ζεστό αλλά και σε υγρό κλίμα για την πρώτη αλλά και τη δεύτερη κλιματική ζώνη, έχοντας σαν βασικό κριτήριο την ελάττωση της θερμικής μάζας. Η εν λόγω τακτική σχετίζεται με την απευθείας μεταφορά του ζεστού αέρα στο περιβάλλον με το φαινόμενο του φυσικού

ελκυσμού. Ο αέρας περνάει μέσα από τα ανοίγματα που βρίσκονται στο επάνω κομμάτι του πύργου, καταφέροντας τις περισσότερες φορές να δροσίσει τη θερμική μάζα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η καμινάδα αερισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά μαζί με άλλες τακτικές, όπως είναι για παράδειγμα ο πύργος άμεσου αερισμού με εξάτμιση, όπου ο αέρας ο οποίος εισχωρεί στο κτίσμα ψύχεται μέσω της εξάτμισης. Ο συγκεκριμένος συνδυαστικός τύπος λειτουργεί αποδοτικά σε ανεμώδεις αλλά και ήρεμες συνθήκες. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται πιο πολύ σε αστικές περιοχές, όπου η κίνηση του αέρα μεταξύ των κτιρίων είναι ιδιαίτερα ακανόνιστη. Το κυριότερο όφελος της μεθόδου αυτής είναι πως υπάρχουν χαμηλά επίπεδα ρύπανσης από γειτονικά κτίσματα ή από το έδαφος, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τη σκόνη η οποία συλλέγεται σε μικρές ποσότητες.

Οι πρακτικές της μεθόδου αυτής έχουν υιοθετηθεί με μεγάλη επιτυχία σε διώροφα συνήθως κτίρια και σε γραφεία. Παραλλαγή της μεθόδου που στηρίζεται στην εκμετάλλευση αίθριων χώρων, έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα επιτυχημένη πρακτική σε ότι έχει να κάνει με εμπορικά κέντρα και σχολικές εγκαταστάσεις.



Εικόνα 2.13. Ο αερισμός του κτιρίου.

## 2.4.2. Ηλιακή καμινάδα

Η ηλιακή καμινάδα μοιάζει με τον πύργο αερισμού, αλλά διαφοροποιείται στη φιλοσοφία κατασκευής και στον τρόπο με τον οποίο προκύπτει η ροή του αέρα. Πρόκειται για μία κατασκευή που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια, και τη χρησιμοποιεί ως κινητήριο δύναμη για την ανάπτυξη της ροής του αέρα. Αυτό πραγματοποιείται με τον ακόλουθο τρόπο.

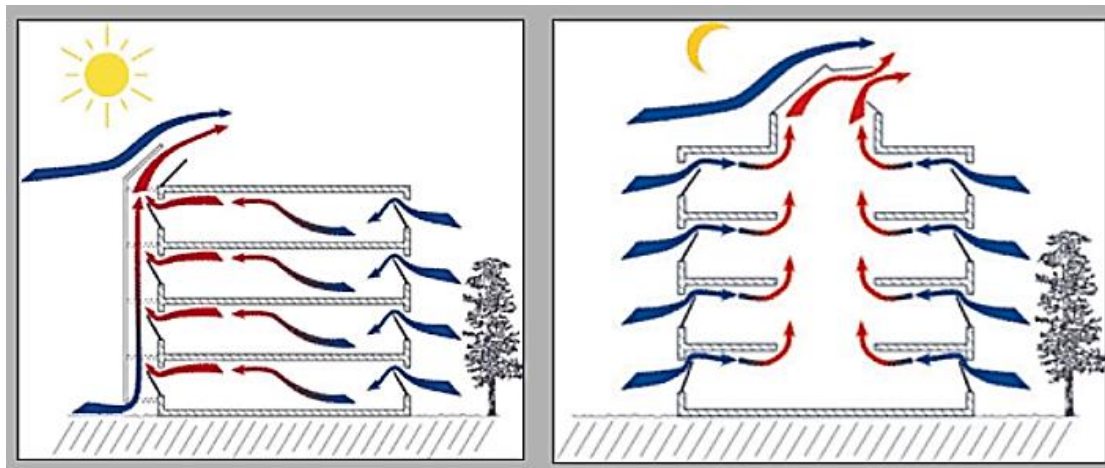
Η ηλιακή καμινάδα κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο, που τα ανώτερα τμήματα των εξωτερικών επιφανειών της είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία. Ιδανικά, επιλέγονται τα τμήματα που έχουν νότιο ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό, καθώς με αυτό τον τρόπο μεγιστοποιείται η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε αυτά. Μάλιστα, οι συγκεκριμένες επιφάνειες συνηθίζεται να κατασκευάζονται με χρήση υαλοπινάκων εξωτερικά (διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας) και μαύρης μεταλλικής λαμαρίνας εσωτερικά (μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή ενέργειας), έναντι της κοινής τοιχοποιίας. Αποτέλεσμα της διάταξης αυτής, είναι η θέρμανση του επάνω μέρους της καμινάδας και κατ' επέκταση η θέρμανση του περιεχόμενου αέρα. Φυσικό επακόλουθο είναι η ενίσχυση του φαινομένου του φυσικού ελκυσμού και η ανάπτυξη τάσης ανωστικής ροής του εσωτερικού αέρα της καμινάδας.

Στο πιο ψηλό κομμάτι της καμινάδας τοποθετείται θυρίδα αερισμού με κατεύθυνση προς τα έξω. Στην διεπιφάνεια καμινάδας – εσωτερικού χώρου υπάρχει κατάλληλο άνοιγμα, και συνηθέστερα περσίδες αερισμού στο ανώτερο τμήμα του εσωτερικού τοίχου. Καθώς ο αέρας στην καμινάδα έχει τάση για ανωστική ροή, ο αέρας του εσωτερικού χώρου διοχετεύεται μέσω των περσίδων στην καμινάδα, και έπειτα στο περιβάλλον. Έτσι δημιουργείται ρεύμα αέρα, και φυσικός αερισμός. Βάσει του τρόπου λειτουργίας της, η ηλιακή καμινάδα προσφέρει τη δυνατότητα παθητικού αερισμού ακόμα και όταν επικρατεί άπνοια.

Η λειτουργία της ηλιακής καμινάδας δε στηρίζεται μόνο στο φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, αλλά και στο φαινόμενο Venturi, καθώς όλο το σύστημα της

καμινάδας αλληλεπιδρά και επηρεάζεται και από τους εξωτερικούς ανέμους της περιοχής, τα μεγέθη των ανοιγμάτων, και τις αλλαγές πίεσης σε αυτά.

Η δράση της ηλιακής καμινάδας βοηθάει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους. Η ηλιακή καμινάδα αφορά περισσότερο τοποθεσίες με σχετικά μεγάλο ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια των καλοκαιριών μηνών.



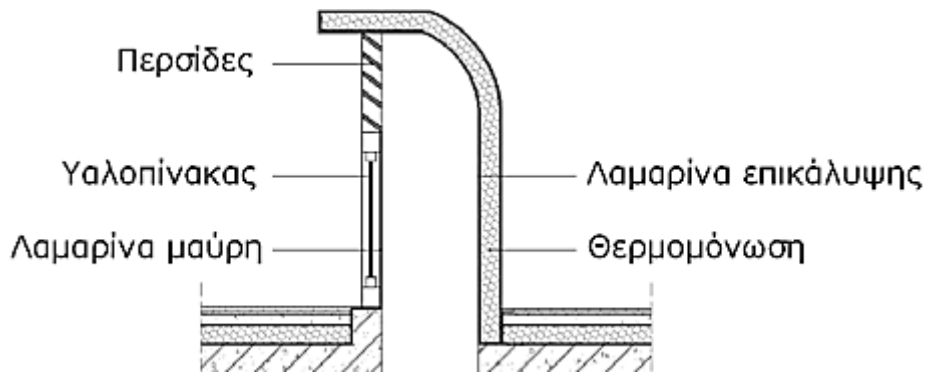
Εικόνα 2.14. Φαινόμενο ηλιακής καμινάδας.

Η συνηθισμένη εικόνα μιας τέτοιας καμινάδας είναι μια κατασκευή που τμήμα της προεξέχει από το ανώτερο μέρος του κελύφους του κτίσματος, ενώ λοιπά τμήματά της ενδεχομένως να μην είναι ορατά, και να ενσωματώνονται στην αρχιτεκτονική του κτίσματος (εικόνα 2.14). Αυτό συμβαίνει κυρίως στα κτίσματα που έχουν εξ αρχής μελετηθεί να έχουν ηλιακή καμινάδα. Αντίθετα, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής ορθογωνικής διατομής, η οποία τις περισσότερες φορές προσαρτάται στην εξωτερική μεριά του τοίχου, και επικοινωνεί με το εσωτερικό περιβάλλον μέσω κατάλληλων ανοιγμάτων. Έτσι, η ηλιακή καμινάδα μπορεί να εφαρμοστεί και σε παλαιότερα κτίρια.

Για ημερήσιο αερισμό, η τακτική που ακολουθείται είναι αυτή που περιγράφηκε πιο πάνω. Για απογευματινό αερισμό, είτε για αερισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας, η τακτική είναι σχετικά διαφορετική. Αρχικά, η καμινάδα είναι σταθερά



κλειστή κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έτσι κατορθώνεται η αποθήκευση θερμότητας στο κτίσμα, όπου με το ξεκίνημα του αερισμού αποδίδεται στην ατμόσφαιρα. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η συγκεκριμένη διαδικασία η οποία αναφέρθηκε παραπάνω. Αυτή η διαδικασία γίνεται συνεχώς, έχοντας σαν επακόλουθο τη συνεχόμενη ανανέωση του εσωτερικού αέρα και το φυσικό δροσισμό του κτίσματος.



Εικόνα 2.15. Ενδεικτική τομή ηλιακής καμινάδας.

Η τακτική της ηλιακής καμινάδας είναι κατάλληλη για ζεστό και για υγρό κλίμα, ως επί το πλείστον για την πρώτη αλλά και την τρίτη κλιματική ζώνη, σύμφωνα με το 6<sup>ο</sup> άρθρο του Κ.Εν.Α.Κ. Επίσης, σχετίζεται με την άμεση μεταφορά του ζεστού αέρα στο περιβάλλον με το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού.

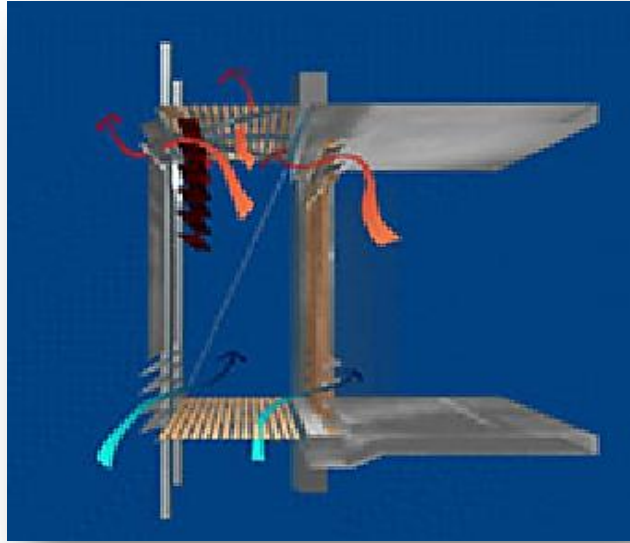
Στα μειονεκτήματα της τακτικής αυτής περιλαμβάνεται η πιθανή ενεργειακή απώλεια τους χειμερινούς μήνες, κάτι το οποίο μπορεί να ξεπεραστεί καθώς μπορεί να πραγματοποιηθεί απομόνωση ορόφων, διαδρόμων, είτε κλιμακοστασίων που εμπλέκονται στο σύστημα της ηλιακής καμινάδας.

### 2.4.3. Διπλή επιδερμίδα

Αυτή η κατασκευή καλείται επίσης και διπλό κέλυφος και είναι μια καινούρια μέθοδος που πραγματοποιείται σε κτίσματα τα οποία έχουν κατασκευαστεί από γυαλί. Αναφέρεται εδώ ως τεχνική φυσικού αερισμού καθώς τις περισσότερες φορές χρησιμοποιείται με στόχο την ανανέωση του εσωτερικού αέρα ή την απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτίσματος, μέσω των ρευμάτων αέρα που αναπτύσσονται στους εσωτερικούς χώρους και στο διάκενο των δύο επιδερμίδων. Φυσικά προσφέρει και λοιπά οφέλη. Για παράδειγμα το βασικό κέλυφος του κτιρίου προστατεύεται από τα καιρικά φαινόμενα, ενώ η μέθοδος συνεισφέρει ακόμη και στη θερμομόνωση του κτιρίου και την απαγωγή (μέσω των ρευμάτων αέρα) της θερμότητας που αποθηκεύεται στο εσωτερικό/βασικό κέλυφός του.

Η διπλή επιδερμίδα περιλαμβάνει δύο επιφάνειες οι οποίες είναι από γυαλί και ανάμεσά τους υπάρχει κενό, ώστε να μπορεί να διέρχεται από εκεί ο αέρας. Η δράση της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi όπως και στην περίπτωση της ηλιακής καμινάδας. Για την ενεργειακή απόδοση του συγκεκριμένου μηχανισμού είναι απαραίτητη η παρουσία θυρίδων στη βάση των ανοιγμάτων, ώστε να εισέρχεται φρέσκος αέρας, αλλά και στην οροφή, για την απαγωγή του θερμού αέρα. Ο αέρας ο οποίος κινείται στο συγκεκριμένο κέλυφος έχει πιο χαμηλή ταχύτητα συγκριτικά με τον εξωτερικό.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί σε ότι έχει να κάνει με τη σκίαση του εσωτερικού χώρου, έτσι ώστε να μην υπάρξει άμεση πρόσπτωση του ήλιου σε συγκεκριμένες επιφάνειες. Για το λόγο αυτό, είναι αναγκαία η πρόβλεψη σκιάστρων-περσίδων στο κενό μεταξύ 2 γυάλινων επιφανειών σε σχέση με την εσωτερική παρειά από γυαλί.



Εικόνα 2.16. Φυσική κυκλοφορία του αέρα (θερμού ή ψυχρού) στο διάκενο της διπλής επιδερμίδας.



Εικόνα 2.17. Κτίριο με διπλό κέλυφος στην Γαλλία.

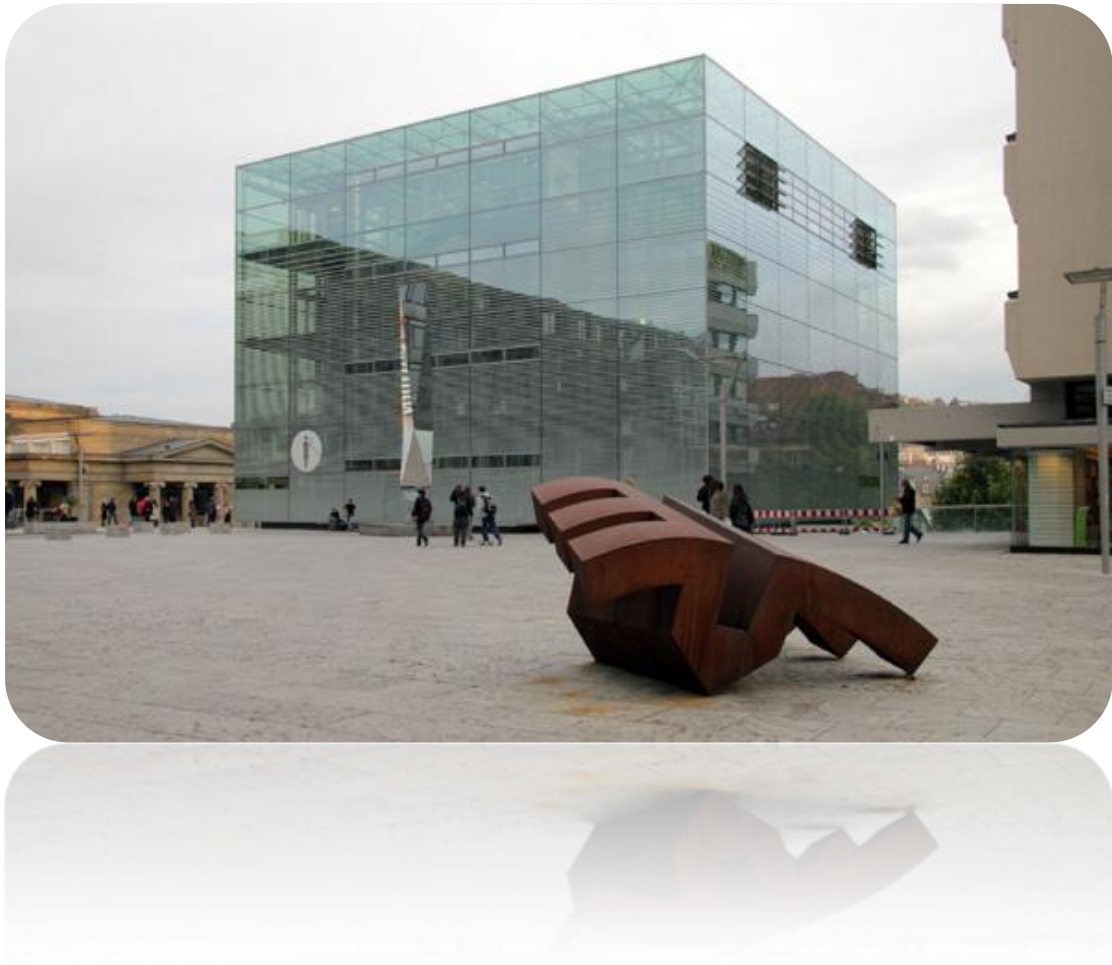


Ένα βασικό πλεονέκτημα του διπλού κελύφους αποτελεί η ηχομόνωση, αφού ελαττώνεται με το τρόπο αυτό η μετάδοση του εξωτερικού θορύβου προς το εσωτερικό, αλλά και μεταξύ των δωματίων. Αυτό είναι κάτι εξαιρετικά σημαντικό, ειδικά για κτίσματα τα οποία βρίσκονται σε αστικές περιοχές. Το πιο ουσιαστικό όμως όφελος της τακτικής αυτής αποτελεί η θερμομόνωση.

Με το διπλό κέλυφος, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται αισθητά. Ο περιορισμός αυτός, επιτυγχάνει βελτίωση της θερμομονωτικής ικανότητας του κελύφους. Τους θερινούς μήνες ο αέρας διαφεύγει από συγκεκριμένα ανοίγματα στο υψηλότερο κομμάτι του κελύφους, με συνέπεια να απολαμβάνουμε πιο καλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό του κτίσματος και να αποφεύγονται οι υπερθερμάνσεις. Ένας, λοιπόν, ακόμη στόχος της συγκεκριμένης κατασκευής είναι η θερμομόνωση του εσωτερικού τμήματος του αεριζόμενου κελύφους.

Σοβαρά μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης καθώς επίσης και ο ειδικός σχεδιασμός που απαιτείται σε ότι αφορά την πυρασφάλεια η οποία χρειάζεται, με στόχο να αποφευχθεί η μετάδοση καπνού σε περίπτωση φωτιάς.

Σε ότι αφορά το συγκεκριμένο κέλυφος, θα πρέπει να τονιστεί πως συνιστάται για ζεστό ή υγρό κλίμα, είτε για ήπιο κλίμα με ζεστούς καλοκαιρινούς μήνες και για κτίσματα με μεγάλα εσωτερικά θερμικά πλεονεκτήματα. Οι συγκεκριμένες τακτικές ακολουθούνται κυρίως σε κτίρια τα οποία χρησιμοποιούνται για γραφεία, ενώ πρέπει να επισημανθεί πως έχει υλοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία γενικότερα σε κτίσματα με αρκετούς ορόφους, τα οποία συνήθως βρίσκονται σε αστικές περιοχές.



Εικόνα 2.18. Κτίριο με διπλό κέλυφος.

## Κεφάλαιο 3

---

### Φυσικός Δροσισμός

---

### 3.1. Εισαγωγή

---

Ο φυσικός δροσισμός αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες σε μία βιοκλιματική οικία, όντας εξαιρετικά σημαντικός και καθοριστικός. Είναι μία εναλλακτική μέθοδος που αφορά την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης στα κτίρια κατά τους θερινούς μήνες. Βασίζεται στην εκμετάλλευση των φυσικών φαινομένων που επικρατούν εντός και εκτός του κτιρίου, αποσκοπώντας στη μείωση της θερμοκρασίας του.

Ο φυσικός δροσισμός έρχεται σαν απάντηση στην αλόγιστη εγκατάσταση και χρησιμοποίηση κλιματιστικών μονάδων και συστημάτων κατά τους θερινούς μήνες, η οποία έχει σαν συνέπεια τεράστια ενεργειακά, περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά προβλήματα. Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια, η ανάγκη βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, σε συνδυασμό με την μείωση της τιμής των κλιματιστικών, προκάλεσε αύξηση της χρήσης τους κατά περίπου 90%.

Γενικότερα, η τακτική του φυσικού δροσισμού στοχεύει στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτίσματος. Αρχικό στάδιο για την επιτυχή αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτίσματος είναι η προστασία του από την πρόσπτωση των ακτίνων του ήλιου, και κυρίως των ανοιγμάτων που υπάρχουν σε αυτό. Το επόμενο στάδιο είναι η εκτόπιση της πλεονάζουσας θερμότητας από τους εσωτερικούς χώρους προς το περιβάλλον.

Στις εφαρμογές του φυσικού αερισμού και φυσικού δροσισμού, συμπεριλαμβάνονται οι καινούριες κατασκευές κτιρίων αλλά και η αναδιαμόρφωση παλαιότερων κατασκευών. Ακόμα, στις εφαρμογές αυτές συγκαταλέγονται η ανακαίνιση και η τροποποίηση ιστορικών κτιρίων, καθώς επίσης και διάφορα άλλα έργα τα οποία κατασκευάζονται από την αρχή σε ιστορικές τοποθεσίες. Άξιο αναφοράς επίσης, είναι το γεγονός πως σε ήπια, εύκρατα αλλά και μεσογειακά κλίματα, τα κτίρια έχουν τη δυνατότητα να θερμαίνονται από τον ήλιο σε μεγάλο ποσοστό. Αυτό το ποσοστό, μπορεί να φτάσει το 60% μέχρι και 70% κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών.

Στα ήδη κατασκευασμένα κτίσματα η μετατροπή του κελύφους τους είναι εξαιρετικά δαπανηρή και συνήθως μη εφικτή. Εντούτοις, υπάρχουν τακτικές τις οποίες μπορούμε να εφαρμόσουμε με στόχο την ελάττωση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς τους χώρους, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, και σε χώρες όπως η δική μας, η οποία παρουσιάζει πάρα πολύ υψηλές θερμοκρασίες τους συγκεκριμένους μήνες.

Πιο συγκεκριμένα, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός προσπαθεί μέσω διαφόρων μεθόδων να επιτύχει το φυσικό δροσισμό των κτισμάτων. Επίσης, έχει στόχο να μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ή τουλάχιστον να καταφέρει να τη σταθεροποιήσει τη περίοδο που η θερμοκρασία φτάνει στα υψηλότερα επίπεδα. Επιπλέον, στοχεύει στο περιορισμό της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον.

## 3.2. Στάδια φυσικού δροσισμού

Ο φυσικός δροσισμός μπορεί να διακριθεί σε δύο κύρια τμήματα. Το πρώτο τμήμα του φυσικού δροσισμού αφορά την προστασία του κτιρίου, ως επί το πλείστον των ανοιγμάτων που υπάρχουν σε αυτό, από την πρόσπτωση της ισχυρής ακτινοβολίας η οποία προέρχεται από τον ήλιο. Το δεύτερο τμήμα αφορά την απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας από το εσωτερικό κομμάτι του κτίσματος προς το περιβάλλον. Ως ενιαία διαδικασία, ο φυσικός δροσισμός μπορεί να περιγραφεί με τα ακόλουθα στάδια.

Το πρώτο στάδιο αφορά τη διαδικασία η οποία πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Στο στάδιο αυτό, γίνεται προσπάθεια επίτευξης της πλήρους αντικατάστασης (με συνεχόμενη ροή αέρα) του συνολικού όγκου του θερμού εσωτερικού αέρα, από τον πιο ψυχρό του περιβάλλοντος. Έτσι, η θερμότητα η οποία έχει συσσωρευτεί στα δομικά στοιχεία ολόκληρη την ημέρα, μεταφέρεται μέσω του ψυχρού νυκτερινού αέρα στο περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με αργό ρυθμό μέχρι να ξημερώσει.

Το δεύτερο στάδιο της διαδικασίας που ακολουθεί ο φυσικός δροσισμός αφορά τις πρωινές ώρες. Η διαδικασία αυτή αρχίζει από πολύ νωρίς το πρωί, την ώρα που ανατέλλει ο ήλιος και αρχίζει να θερμαίνεται το περιβάλλον. Τότε θα πρέπει να κλειστούν όλα τα εξωτερικά ανοίγματα τα οποία υπάρχουν, με στόχο να μειωθεί η εισροή του θερμού εξωτερικού αέρα στον εσωτερικό χώρο. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η θέρμανση του εσωτερικού περιβάλλοντος, και τα δομικά στοιχεία τα οποία υπάρχουν σε αυτό κρατούν τη χαμηλή τους θερμοκρασία.

Το τρίτο στάδιο αφορά τη διαδικασία που γίνεται κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ημέρας. Σε αυτήν την περίοδο, η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα παρουσιάζει μεγάλη ανοδική τάση. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην εισχώρηση έμμεσης αλλά και άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά σε ένα βαθμό και σε εισχώρηση θερμού αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον, μέσω των ανοιγμάτων που υπάρχουν στο κτίριο, υπό τη θεώρηση ότι αυτά δεν είναι πλήρως αεροστεγή.

Τα ψυχρά εσωτερικά δομικά στοιχεία έχουν την ικανότητα να απορροφούν θερμότητα κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου, από τον εσωτερικό αέρα τον οποίο καλούνται να διατηρήσουν ψυχρό. Καθώς όμως απορροφούν θερμότητα, φυσικό αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται σιγά-σιγά και η δική τους θερμοκρασία. Η θερμική μάζα του κτίσματος πρέπει να είναι συγκεκριμένη, με στόχο τα δομικά στοιχεία να παραμένουν έστω και σε μικρό βαθμό ψυχρά, και παράλληλα να κατορθώνουν να ψύχουν τον εσωτερικό αέρα μέχρι να έρθει και πάλι το βράδυ.

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας του φυσικού δροσισμού είναι όταν αρχίζει να νυχτώνει. Κατευθείαν μετά από τη δύση του ηλίου, την ώρα όπου η εξωτερική αλλά και η εσωτερική θερμοκρασία έρχονται στα ίδια επίπεδα, θα πρέπει να ανοιχθούν όλα τα εξωτερικά ανοίγματα του κτίσματος. Αυτό έχει βασικότερο στόχο, να αρχίσει και πάλι ο καινούριος κύκλος ψύξεως των εσωτερικών δομικών στοιχείων, και έτσι η διαδικασία φυσικού δροσισμού να ξεκινήσει και πάλι από το πρώτο στάδιο, κάνοντας ξανά τον κύκλο της.

Τα ανοίγματα που ήδη έχουν αναφερθεί παραπάνω, βοηθούν στη δημιουργία των αέριων ρευμάτων μέσα στο κτίριο, με βασικότερο στόχο τον αερισμό του, ειδικότερα κατά τη διάρκεια της νύκτας. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που ο εξωτερικός χώρος είναι πιο δροσερός. Ταυτόχρονα, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, ευνοείται και ο φυσικός δροσισμός.

Γενικότερα, σε ολόκληρη τη διαδικασία του φυσικού δροσισμού, σημαντικό ρόλο έχει η θερμική μάζα. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι η διαδικασία αυτή στα κτίσματα επικεντρώνεται κατά κόρον στην ψύξη των δομικών στοιχείων κατά τη διάρκεια της νύχτας. Κατά αντίστοιχο τρόπο, η θερμική μάζα παίζει επίσης καθοριστικό ρόλο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου γίνεται απορρόφηση της θερμότητας του εσωτερικού αέρα από τα ψυχρά δομικά στοιχεία. Για να γίνει όμως κάτι τέτοιο σε ένα κτίσμα, χρειάζεται να υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.

### 3.3. Τεχνικές φυσικού δροσισμού

Οι τεχνικές οι οποίες συντελούν στον φυσικό του δροσισμό, είναι οι εξής:

- Φυσικός αερισμός του εσωτερικού χώρου του κτιρίου, για την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμότητας από τα δομικά του στοιχεία
- Θερμομόνωση στο κέλυφος του κτιρίου, η οποία μειώνει το ψυκτικό του φορτίο (δηλαδή το ποσό της θερμότητας που προστίθεται σε αυτό)
- Ηλιοπροστασία του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως σκίαση των ανοιγμάτων του, αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου
- Διαμόρφωση μικροκλίματος, αναβάθμιση των συνθηκών του εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, χρησιμοποιώντας βλάστηση, υδάτινες επιφάνειες και κατάλληλων υλικών επίστρωσης δαπέδων (ψυχρών υλικών, υδατοδιαπερατών υλικών, κλπ)
- Νυχτερινή ακτινοβολία θερμότητας προς τον ουρανό
- Χρώμα και υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους
- Επάρκεια θερμικής μάζας του κτιρίου, ώστε να περιορίζονται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του εσωτερικού αέρα

Από τα παραπάνω, η πρώτη περίπτωση, δηλαδή ο φυσικός αερισμός, δε θα αναλυθεί στο παρόν κεφάλαιο, καθώς έχει ήδη αναλυθεί σε αντίστοιχο κεφάλαιο.

### 3.3.1. Θερμομόνωση

Θερμομόνωση στον κτιριακό τομέα ορίζεται το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων που λαμβάνονται για τη μείωση της μετάδοσης θερμότητας, μεταξύ των εσωτερικών χώρων του κτιρίου και της ατμόσφαιρας ή μεταξύ εσωτερικών χώρων με διαφορετική θερμοκρασία. Την περίοδο των θερινών μηνών όπου η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από εκείνη στο εσωτερικό ενός κτιρίου, προκαλείται ροή θερμότητας από τον εξωτερικό χώρο προς τον εσωτερικό. Η θερμομόνωση στο κέλυφος συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό της εισχώρησης θερμότητας, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.



Εικόνα 3.1. Η θερμική απώλεια των κτιρίων.



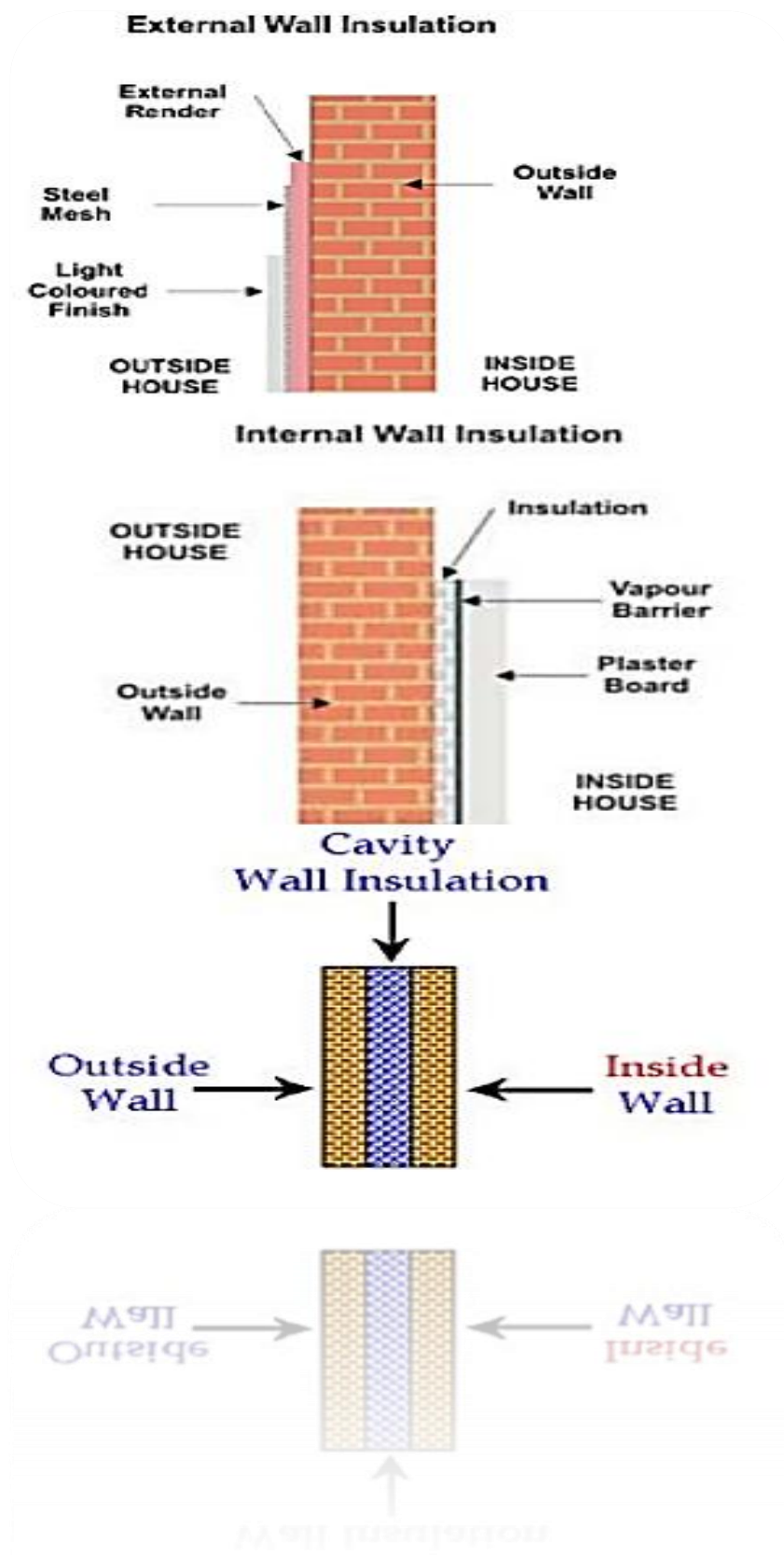
Για να έχει καλύτερη απόδοση, η θερμομόνωση είναι προτιμότερο να εγκαθίσταται στην εξωτερική μεριά του κελύφους του κτίσματος. Με το τρόπο αυτό το κέλυφος προστατεύεται από φθορές ή ζημιές που προέρχονται από τις αλλαγές των καιρικών συνθηκών. Η εξωτερική θερμομόνωση θα πρέπει να έχει επικάλυψη από επίχρισμα ή από κάποιο διαφορετικό προστατευτικό υλικό. Αυτό είναι απαραίτητο για την προστασία της από την επίδραση των καιρικών συνθηκών και από την υπερϊώδη ακτινοβολία.

Σε ότι αφορά την εξωτερική θερμομόνωση, θα πρέπει να επισημανθεί ακόμη πως έχει την ικανότητα να διατηρεί για μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου, ακόμη και μετά τη διακοπή λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης ή ψύξης. Το χρονικό αυτό διάστημα εξαρτάται και από τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας, η θερμική μάζα της οποίας, στη συγκεκριμένη περίπτωση, δρα προς όφελος του εσωτερικού χώρου (βρίσκεται μέσα από τη θερμομόνωση). Με τον τρόπο αυτό βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Σαν τεχνική δρα το ίδιο ικανοποιητικά και τους χειμερινούς μήνες.

Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης υπάρχει συσσώρευση θερμότητας στα τοιχώματα. Το γεγονός αυτό προκαλεί στέρηση θερμοχωρητικότητας στο εσωτερικό του κελύφους, με συνέπεια να υπάρχουν μεγαλύτερες και πιο απότομες μεταβολές στην εσωτερική θερμοκρασία. Αυτός είναι και ο λόγος που συνίσταται η εξωτερική θερμομόνωση.

Ο βαθμός θερμομόνωσης και η ποσότητα της θερμικής μάζας ενός κτίσματος έχουν άμεση εξάρτηση από το κλίμα. Για την εύκρατη ζώνη, από 35° - 42° Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος, κλιματική τοποθεσία όπου ανήκει και η χώρα μας, η θερμομόνωση και η θερμική μάζα αποτελούν σχεδόν ισοδύναμους παράγοντες στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Τέλος, θα πρέπει να επισημανθεί πως η θερμική προστασία είναι απαραίτητη για τη βορεινή πλευρά, ενώ στη δυτική πλευρά, αλλά και στα δώματα, χρειάζεται μεγάλη θερμική μάζα. Αυτό ισχύει γιατί η δυτική πλευρά και τα δώματα δέχονται μεγάλη ποσότητα θερμότητας κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, εξαιτίας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας του ήλιου.



Εικόνα 3.2. Εξωτερική και εσωτερική θερμομόνωση.

### 3.3.2. Ηλιοπροστασία

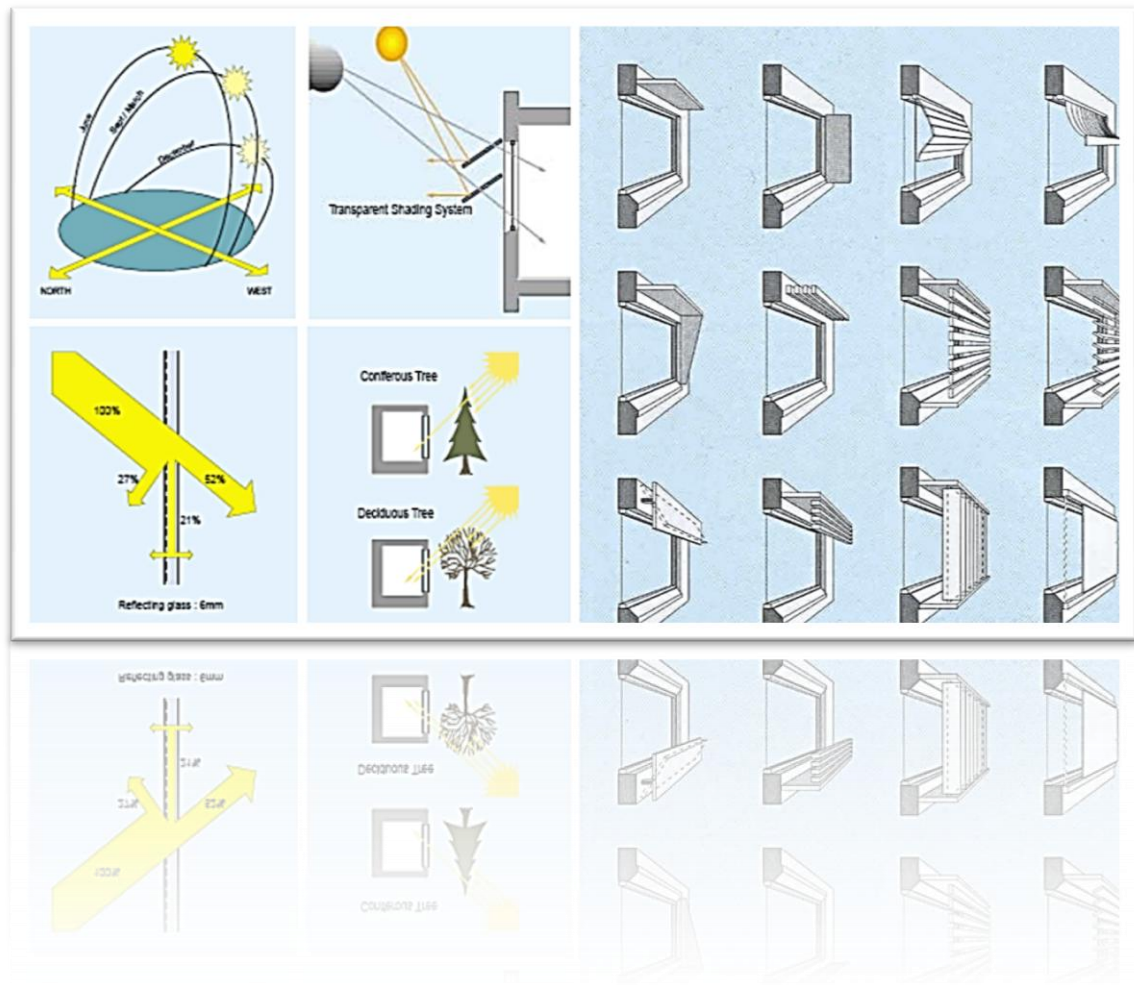
---

Τα τελευταία 10 χρόνια στην Ελλάδα, στα πλαίσια των προβληματισμών για την αιεφόρο ανάπτυξη και τον περιβαλλοντικό προγραμματισμό δίνεται έμφαση στις ονομαζόμενες «καλές» εφαρμογές του βιοκλιματικού προγραμματισμού. Μια από αυτές είναι και η εφαρμογή συστημάτων ηλιοπροστασίας, η μελέτη και εξέλιξη των οποίων προχωρά με εξαιρετικά γρήγορους ρυθμούς, συνεισφέροντας σημαντικά σε ότι έχει να κάνει με τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος.

Ηλιοπροστασία καλείται η ηθελημένη αποφυγή της άμεσης έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, για ορισμένη χρονική περίοδο ή μόνιμα, τόσο των ανοιγμάτων όσο και του κελύφους ενός κτίσματος.

Η προστασία των ανοιγμάτων είναι βασικό κομμάτι στον κλάδο της αρχιτεκτονικής, ιδιαίτερα στις Μεσογειακές χώρες. Εκεί, οι ηλιακοί πρόσοδοι κατά τους θερινούς μήνες, κυρίως λόγω της μεγάλης έντασης και διάρκειάς τους, δημιουργούν πολύ έντονες συνθήκες θέρμανσης και φωτισμού σε ολόκληρο τον εσωτερικό χώρο. Αυτό έχει σαν επίπτωση να δημιουργείται δυσφορία και να υπάρχουν προβλήματα άνετης διαβίωσης.

Η σκίαση των ανοιγμάτων είναι σημαντική και θα πρέπει να υλοποιείται από την εξωτερική μεριά του κουφώματος, έτσι ώστε να αποφευχθεί η εισχώρηση της ακτινοβολίας του ήλιου και κατ' επέκταση η υπερθέρμανση του χώρου. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σκίαστρα στην εσωτερική μεριά των κουφωμάτων. Για παράδειγμα θα μπορούσε να γίνει χρήση κάποιας κουρτίνας είτε διαφόρων περσίδων. Με τον τρόπο αυτόν θα υπάρξει ελάττωση της θάμβωσης από τον ισχυρό ηλιακό φωτισμό.



Εικόνα 3.3. Περιορισμός μετάδοσης θερμικών προσόδων από στοιχεία του κελύφους.

Κατά τη διάρκεια των θερμών μηνών, η εξωτερική θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή και η ηλιακή ακτινοβολία πολύ ισχυρή. Αυτό έχει σαν συνέπεια το κτίσμα να απορροφά θερμότητα και πολύ περισσότερο μάλιστα όταν αυτό είναι εκτεθειμένο στον ήλιο, έχοντας αρνητικές συνέπειες στο εσωτερικό περιβάλλον του, καθώς υπάρχει μεγάλος κίνδυνος υπερθέρμανσης.

Η σκίαση και η ηλιοπροστασία του κτίσματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση τεντών, περσίδων (οριζόντιων ή κατακόρυφων σύμφωνα με τον προσανατολισμό), περγκόλων με φύτευση ή ύφασμα, προβόλων ή στεγάστρων. Σε κτίσματα διαφορετικής χρησιμότητας από τις συνηθισμένες οικίες, μπορεί να κατασκευαστεί ένα δεύτερο κέλυφος με σκοπό την αποφυγή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Για παράδειγμα μία δεύτερη όψη, έχοντας παράλληλα εξωτερικές

περσίδες, δύναται να βοηθήσει αισθητά στη σκίαση των εκτεθειμένων όψεων. Η τακτική αυτή είναι εξαιρετικά αποτελεσματική, καθώς προλαμβάνει την εισχώρηση θερμότητας στο εσωτερικό περιβάλλον του κτίσματος, λειτουργεί δηλαδή σαν ένα είδος φράγματος για τις ακτίνες του ήλιου.



Εικόνα 3.4. Μέθοδος Ηλιοπροστασίας.

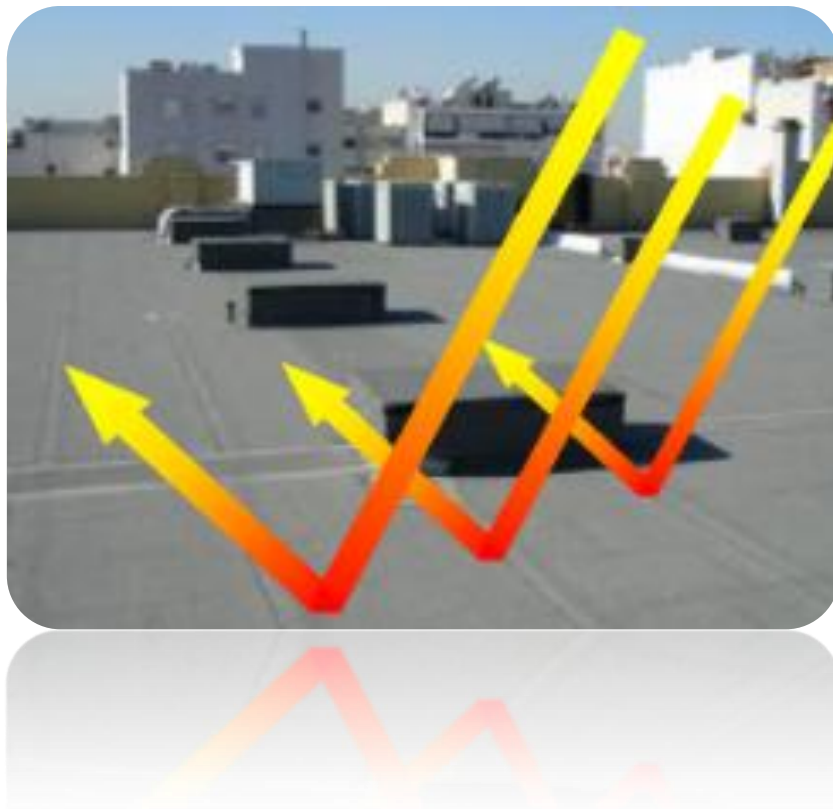
Για τα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας ο σκιασμός κτισμάτων είναι απαραίτητος για τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ για τους μήνες πριν και μετά από αυτούς, όπως είναι ο Μάιος, ο Σεπτέμβριος και ο Οκτώβριος, ο σκιασμός δεν είναι απαραίτητος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, αλλά ενδείκνυται περισσότερο τις μεσημβρινές ώρες. Οι μηχανισμοί σκίασης πρέπει να προσφέρουν δραστική προστασία από τον ήλιο στις παραπάνω περιπτώσεις, δίχως όμως να εμποδίζουν τον ηλιασμό του κτίσματος κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, είτε τον φυσικό αερισμό του.

Ένα ακόμη χρήσιμο εργαλείο που εμπίπτει στα θέματα της ηλιοπροστασίας, είναι η ανακλαστικότητα των δομικών υλικών, και κατ' επέκταση η γενικότερη ανακλαστικότητα του αστικού περιβάλλοντος. Στη σύγχρονη εποχή έχουμε μία αύξηση της ανακλαστικότητας του αστικού περιβάλλοντος σε διεθνές επίπεδο. Αυτό

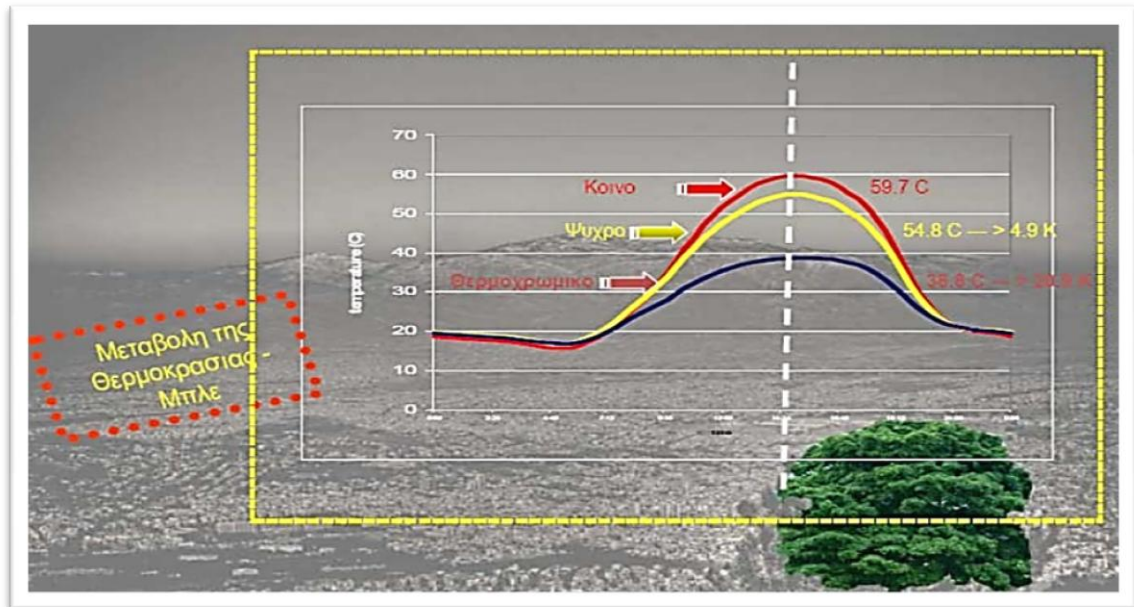


έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει σημαντική μείωση στην απορρόφηση της ακτινοβολίας, ελαττώνοντας τη θερμότητα που αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία, και κυρίως της οροφής.

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει εκτιμηθεί πως η αύξηση της ανακλαστικότητας των επιστρώσεων στις πόλεις διεθνώς, θα μπορούσε να πετύχει μειώσεις του διοξειδίου του άνθρακα κατά σχεδόν 20 Gt, λόγω της μείωσης της ανάγκης για χρήση συσκευών κλιματισμού. Ακόμη, έχει αποδειχθεί πως οι μικρότερες επιφανειακές θερμοκρασίες βοηθούν στην αύξηση της διάρκειας ζωής των υλικών, ελαττώνοντας παράλληλα τον όγκο απορριμμάτων εξαιτίας της συντήρησης. Ανακλαστικές επιστρώσεις σε ανοιχτούς αστικούς χώρους μπορούν επίσης να βοηθήσουν στη βελτίωση των συνθηκών ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας, ελαττώνοντας με το τρόπο αυτό την κατανάλωση αλλά και το κόστος από τον φωτισμό.



Εικόνα 3.5. Τεχνικές ηλιοπροστασίας σε ψυχρά υλικά.



Εικόνα 3.6. Επιφανειακή θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε κοινά, ψυχρά, και θερμοχρωμικά υλικά.



Εικόνα 3.7. Ηλιοπροστασία κτιρίου.

Μια ακόμη υποπερίπτωση της ηλιοπροστασίας είναι ο σκιασμός ολόκληρου ή τμήματος του κτίσματος με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης στα σωστά σημεία. Ταυτόχρονα, η βλάστηση έχει την ικανότητα να απορροφά τη θερμότητα, άρα και να μειώνει την εξωτερική θερμοκρασία.

Ένα πρόβλημα που προκύπτει γενικότερα από τη χρήση σκιάστρων με σκοπό την ηλιοπροστασία, είναι ο εγκλωβισμός θερμού αέρα κάτω από αυτά. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα σε συμπαγείς προεξοχές, προβόλους, μαρκίζες κ.α. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτό το ενδεχόμενο, και να μην υπάρξει κίνδυνος να αυξηθεί η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτίσματος, χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις διάτρητα σκίαστρα, τα οποία επιτρέπουν την απομάκρυνση του ζεστού αέρα από το κτίριο. Τα συγκεκριμένα σκίαστρα μπορεί να είναι κατασκευασμένα από μέταλλο, ξύλο, ή να έχουν συμπαγή μορφή με κενό είτε σχισμή μεταξύ του κτίσματος και του προβόλου, και έτσι δεν εγκλωβίζεται ο ζεστός αέρας.

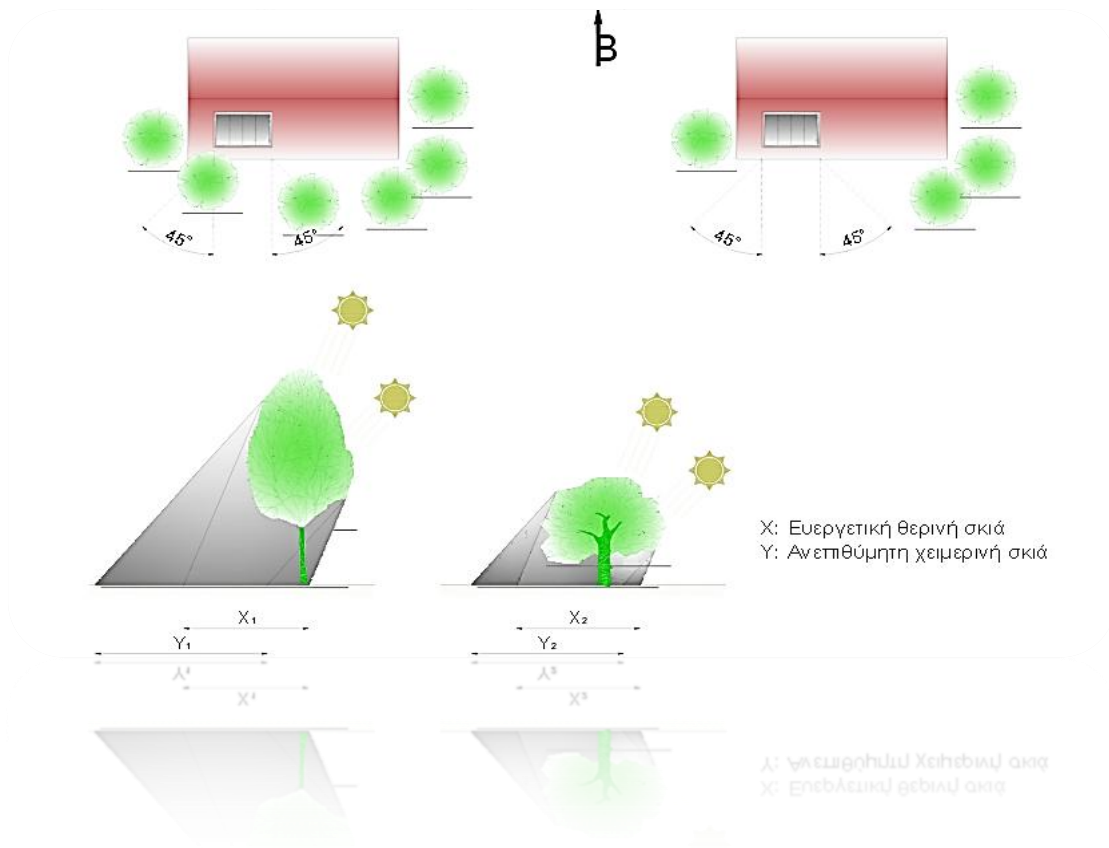
Σημαντικό ρόλο παίζει και το υλικό κατασκευής του ηλιοπροστατευτικού μηχανισμού, το οποίο επηρεάζει σημαντικά την απόδοσή του. Σκίαστρα τα οποία έχουν κατασκευαστεί από υλικά τα οποία έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα, όπως είναι για παράδειγμα το σκυρόδεμα, προάγουν αισθητά την αποθήκευση θερμότητας, ενώ υλικά όπως ξύλο δεν αποθηκεύουν θερμότητα.

Η εφαρμογή συστημάτων ηλιοπροστασίας και σκίασης μπορεί να αποτελεί μια σταθερή ή μια κινητή/μεταβλητή διάταξη. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα που υπάρχουν από αυτούς τους δύο διαφορετικούς τύπους μηχανισμών ηλιοπροστασίας, μπορεί να βγει το συμπέρασμα πως τα μόνιμα προστεγάσματα είτε τα σκίαστρα παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα αποδοτικότητας. Η ολική σκίαση των ανοιγμάτων που χρειάζεται κατά τους θερινούς μήνες, προκαλεί διακοπή ηλιασμού σε συγκεκριμένους χώρους, όμως κάτι τέτοιο δεν ισχύει σε άλλους μήνες όπως για παράδειγμα τον Απρίλιο, εξαιτίας της διαφοροποιημένης τροχιάς του ήλιου. Επομένως, η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία εμφανίζει οφέλη, καθώς έχει την ευχέρεια να ρυθμίζεται σύμφωνα με τις εποχές και τους μήνες, αλλά και ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών του κτίσματος. Η επιλογή μηχανισμού ηλιοπροστασίας μπορεί να εξαρτηθεί και από αισθητικά κριτήρια.

Η επιλογή του σωστού μηχανισμού σκίασης σε ότι αφορά το είδος και την απόδοση, έχει άμεση εξάρτηση από τη χρήση του κτίσματος, δηλαδή το σκοπό που



χρησιμοποιείται και τις ώρες χρήσης του. Για την ηλιοπροστασία μιας οικίας, η χρήση μιας τέντας ή μίας πέργκολας παρέχει επαρκή κάλυψη. Αντίθετα, για ένα κτίσμα γραφείων, είτε μια βιβλιοθήκη ή ένα σχολείο, η μορφή του σκιάστρου θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των θέσεων απασχόλησης και των ωρών λειτουργίας, και ενδεχομένως να πρόκειται για μια πιο σύνθετη διάταξη.



Εικόνα 3.8. Σκίαση με δένδρα.

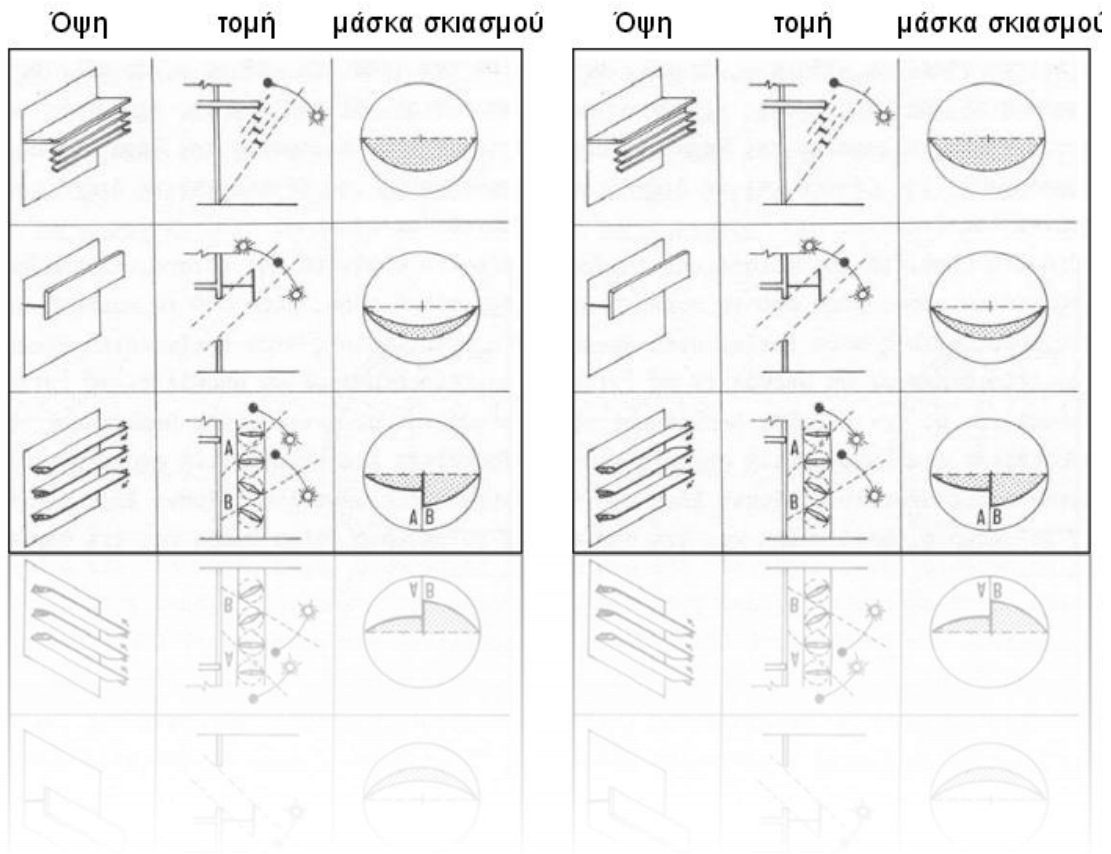
Οι κυριότεροι παράγοντες για την επιλογή του ορθότερου συστήματος προστασίας των ανοιγμάτων είναι οι εξής:

- Ο προσανατολισμός της όψης
- Η χρήση του χώρου, αν είναι για παράδειγμα σπίτι, σχολείο, είτε εργασιακός χώρος
- Η μορφή ανοιγμάτων, καθώς υπάρχουν τα συνεχόμενα ανοίγματα και τα διακοπτόμενα από τοιχώματα
- Η αισθητική του κτίσματος
- Το κόστος

### 3.3.2.1. Προσανατολισμός και συστήματα σκίασης

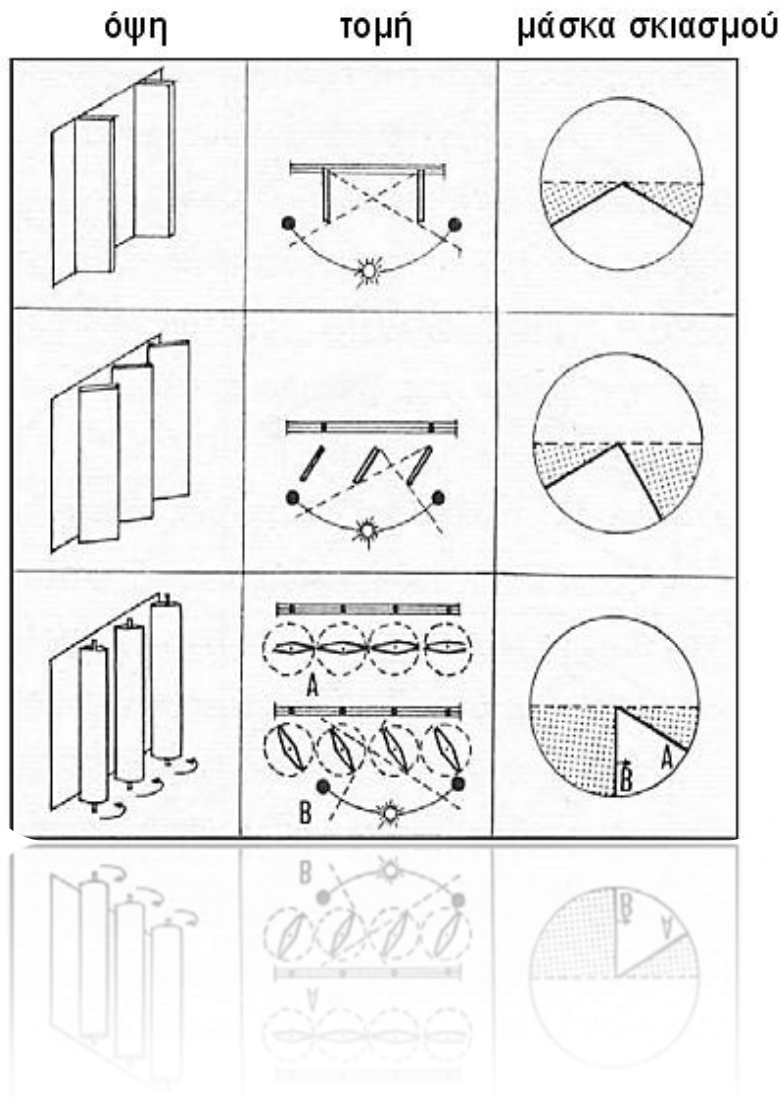
Ο προσανατολισμός διακρίνεται σε νότιο, ανατολικό, δυτικό καθώς επίσης και σε νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Αυτό είναι λογικό, καθώς έτσι καλύπτονται όλοι οι δυνατοί προσανατολισμοί που είναι δυνατή η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας βάσει της τροχιάς που διαγράφει ο ήλιος στο ουρανό.

Για το νότιο προσανατολισμό, θα πρέπει να επισημανθεί πως τα πιο σωστά μέσα σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά είτε κινητά, εξαιτίας της μεγάλης τροχιάς και του ύψους που λαμβάνει ο ήλιος κατά τους θερινούς μήνες (εικόνα 3.9). Το πιο κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής, είτε ότι έχει να κάνει με τον πρόβολο και τις περσίδες, με βασικότερο στόχο τους θερινούς μήνες να εξασφαλίζεται ολικός σκιασμός των ανοιγμάτων. Τους χειμερινούς μήνες πρέπει να συμβαίνει το αντίθετο, να επιτρέπεται δηλαδή η εισχώρηση του ήλιου στο εσωτερικό του κτίσματος.



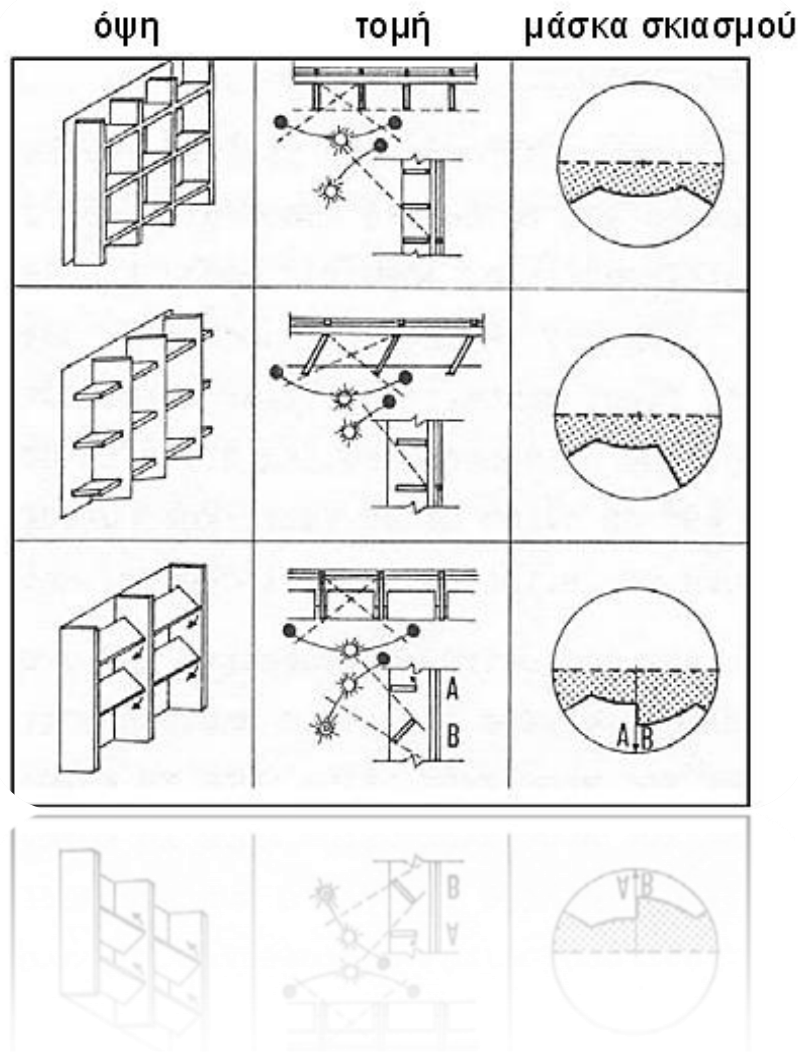
Εικόνα 3.9. Μορφές σταθερών και κινητών οριζόντιων σκιάστρων για νότια όψη.

Σχετικά με τον ανατολικό αλλά και το δυτικό προσανατολισμό, θα πρέπει να τονιστεί πως η σκίαση των ανοιγμάτων γίνεται με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη είτε υπό κλίση στο επίπεδο της τοιχοποιίας. Σε αυτές τις περιπτώσεις η τοποθέτηση αυτή είναι πιο αποδοτική, καθώς ο ήλιος είναι χαμηλά και κοντά στον ορίζοντα (εικόνα 3.10).



Εικόνα 3.10. Μορφές περσίδων για ανατολική και δυτική όψη.

Στο νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό, ο σχεδιασμός των ηλιοπροστατευτικών μέσων ώστε αυτά να είναι πιο αποτελεσματικά, στηρίζεται στη μίξη οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, που συνήθως έχουν τη μορφή εσχάρας όπως φαίνεται στην εικόνα 3.11. Η συγκεκριμένη μορφή των εν λόγω περσίδων ορίζεται από το ύψος του ήλιου τους θερινούς μήνες.

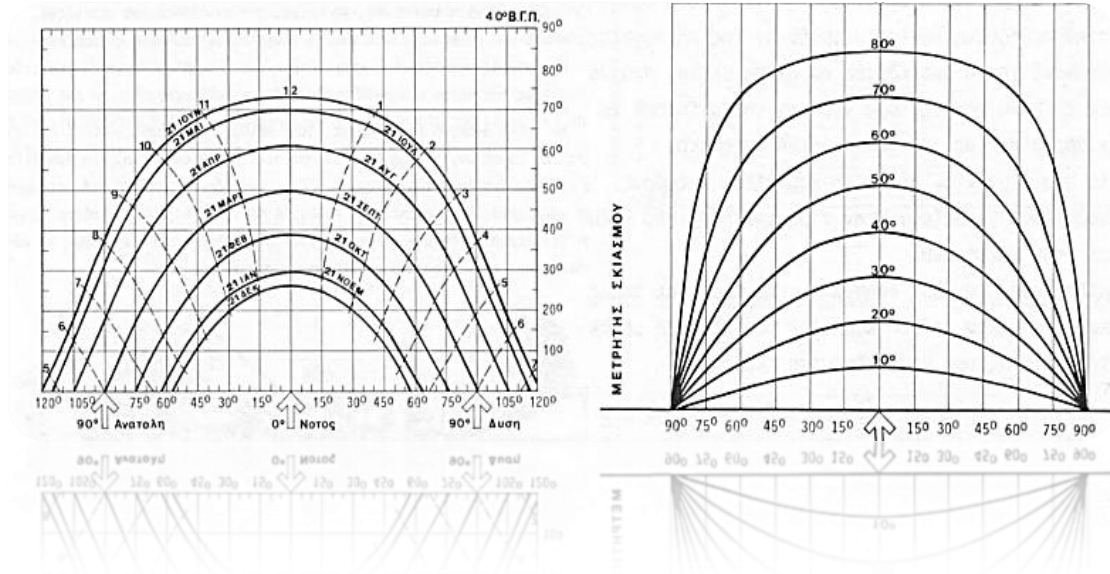


Εικόνα 3.11. Μορφές περσίδων για νοτιοανατολική και νοτιοδυτική όψη.

### 3.3.2.2. Ηλιακοί χάρτες – μετρητής σκιασμού

Για τον καθορισμό του μηχανισμού σκίασης (τύπος, γεωμετρία, τεχνικά χαρακτηριστικά) γίνεται χρήση των ηλιακών χαρτών και του μετρητή σκιασμού όπως φαίνεται και από την εικόνα που ακολουθεί (εικόνα 3.12). Η χρήση των εν λόγω εργαλείων υλοποιείται με βάση την ακόλουθη μεθοδολογία/στάδια εφαρμογής.

Αρχικά, στο πρώτο στάδιο γίνεται επιλογή του ηλιακού χάρτη ο οποίος αναλογεί στο γεωγραφικό πλάτος του χώρου, είτε στην πιο κοντινή γεωγραφική τοποθεσία. Για παράδειγμα στη χώρα μας υπάρχει διαθέσιμος ηλιακός χάρτης που αφορά τα κλιματικά δεδομένα ελληνικών τοποθεσιών για γεωγραφικά πλάτη από 35-40 μοίρες.



Εικόνα 3.12. Ηλιακός χάρτης για 40 Β.Γ.Π. – Μετρητής σκιασμού.

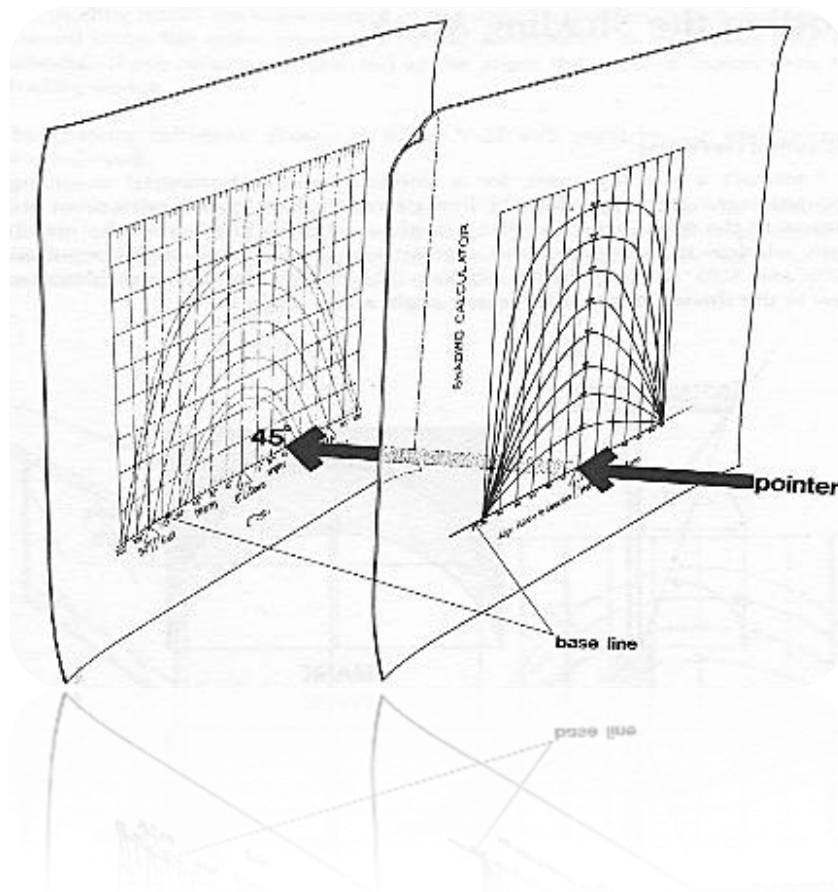
Το δεύτερο στάδιο αφορά τον μετρητή σκιασμού ο οποίος είναι παρόμοιος για όλα τα γεωγραφικά πλάτη. Ο μετρητής αυτός παρουσιάζει τις κατακόρυφες γωνίες σκιασμού των οριζόντιων προεξοχών-σκιάστρων.

Μεγάλη προσοχή χρειάζεται στον προσδιορισμό του προσανατολισμού της όψης που αποτελεί και το τρίτο στάδιο. Σε περίπτωση που είναι νότια, το βέλος στο νότο του ηλιακού χάρτη ορίζεται με το μέσον του μετρητή σκιασμού. Όταν δείχνει προς την ανατολή είτε προς τη δύση, τότε καθορίζεται η απόκλιση σαν γωνία αζιμουθίου. Με τον τρόπο αυτό το κέντρο του μετρητή ορίζεται με τη χρήση του σημείου της γωνίας απόκλισης από το νότο.

Σε ότι έχει να κάνει με τον ακριβή προσανατολισμό της όψης, θα πρέπει να επισημανθεί πως αυτός καθορίζεται με τη χάραξη κάθετης ευθείας στο κέντρο της όψης, σε συνδυασμό με τη βόρεια και νότια κατεύθυνση της τρέχουσας τοποθεσίας.

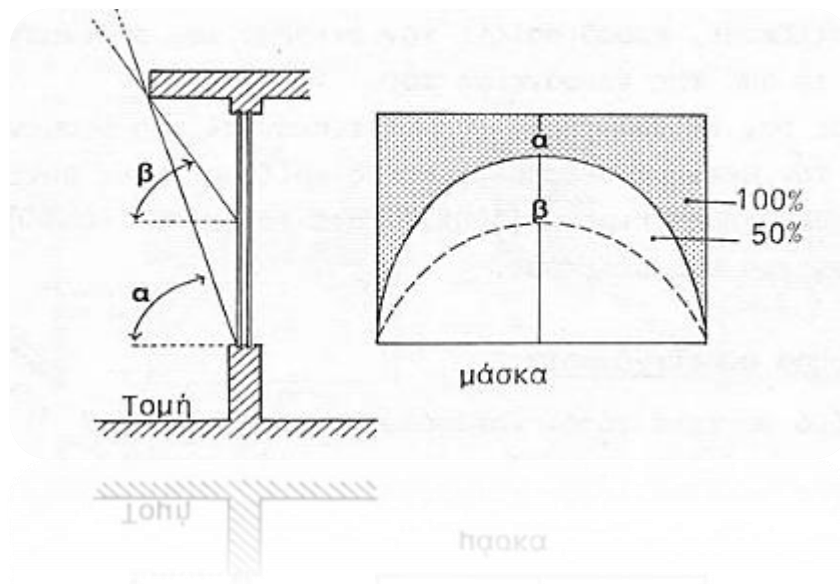


Στη περίπτωση όπου η γωνία που θα δημιουργηθεί είναι στα αριστερά του νότου, τότε η όψη είναι στραμμένη προς την ανατολή. Σε αντίθετη περίπτωση η όψη κοιτάει προς τη δύση.



Εικόνα 3.13. Ταύτιση ηλιακού χάρτη και μετρητή σκιασμού για προσανατολισμό όψης 45 μοιρών προς την δύση.

Για τις οριζόντιες προεξοχές-σκιάστρα γίνεται χρήση της τομής του ανοίγματος, υλοποιώντας μερικά χρήσιμα και βασικά βήματα. Αρχικά, υπάρχει σύνδεση της απόληξης της προεξοχής με το κατώφλι του παραθύρου, καθορίζοντας με τον τρόπο αυτόν την κατακόρυφη γωνία  $\alpha$ , η οποία δημιουργείται ως προς την οριζόντια ευθεία. Η συγκεκριμένη προεξοχή παρέχει σκίαση σε ολόκληρο το ύψος του παραθύρου, στη περίπτωση που η γωνία ύψους ηλίου είναι πιο μεγάλη από την παραπάνω γωνία (εικόνα 3.14).

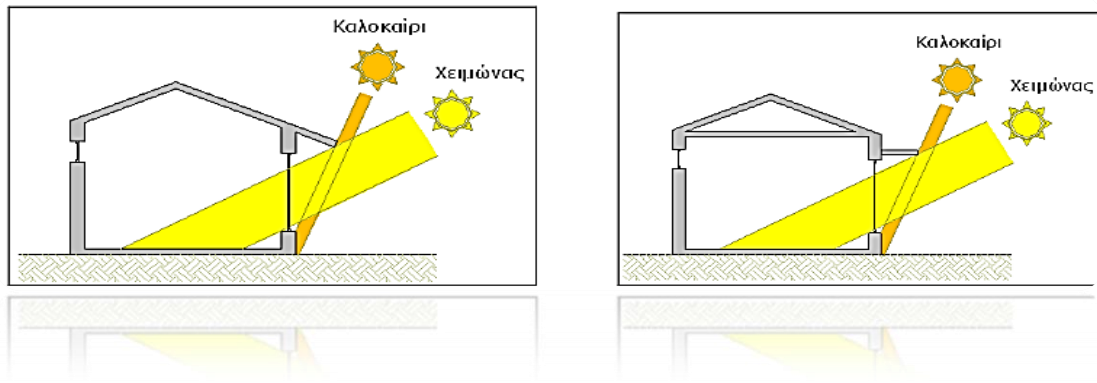


Εικόνα 3.14. Προσδιορισμός των κατακόρυφων γωνιών.

Σε περίπτωση που επιθυμούμε τη σκίαση μόνο του μισού ανοίγματος, τότε θα πρέπει να υπάρξει σύνδεση της απόληξης της προεξοχής με το μισό του παραθύρου, καθορίζοντας με τον τρόπο αυτόν τη γωνία  $\beta$  ως προς την οριζόντια ευθεία. Το τρίτο βήμα αφορά τον μετρητή σκιασμού με τη χρήση του οποίου καθορίζονται οι καμπύλες οι οποίες αναλογούν στις γωνίες  $\alpha$  και  $\beta$ .

Μετάπειτα, επάνω στο μετρητή σκιασμού τοποθετείται ο ηλιακός χάρτης και έτσι σχηματίζεται η καμπύλη με τον τρόπο που προαναφέρθηκε. Η επιφάνεια η οποία σκιάζεται είναι πάνω από το όριο των γωνιών, ενώ εκείνη που είναι κάτω από αυτό δέχεται τις ακτίνες του ήλιου. Στις περιπτώσεις που δεν είναι εφικτό να εισχωρήσουν σε κάποιο χώρο οι ακτίνες του ήλιου κατά τους θερινούς μήνες, τότε θεωρείται πως η προεξοχή ή το σκίαστρο αρκούν για την ηλιοπροστασία του συγκεκριμένου ανοίγματος, όπως διακρίνεται και από την εικόνα που ακολουθεί (εικόνα 3.15).





Εικόνα 3.15. Οριζόντιες προεξοχές για τη σκίαση νότιας όψης.

### 3.3.3. Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτίσματος καθορίζουν την ποσότητα της ακτινοβολίας του ήλιου η οποία απορροφάται αλλά και τη ποσότητα της θερμότητας η οποία αποβάλλεται κατά τη διάρκεια της νύχτας προς το περιβάλλον. Με το τρόπο αυτό ρυθμίζουν τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτίσματος, η οποία κατ' επέκταση επηρεάζει και την εσωτερική του θερμοκρασία.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ένα δωμάτιο το οποίο είναι βαμμένο με σκούρα χρώματα, όπου μπορεί να εμφανίσει επιφανειακή θερμοκρασία έως και 32 βαθμούς Κελσίου υψηλότερη συγκριτικά με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Σε αντίθετη περίπτωση, η επιφανειακή θερμοκρασία ενός δωματίου το οποίο είναι βαμμένο με ανοιχτά χρώματα, ξεπερνά μονάχα κατά 1 βαθμό Κελσίου τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ή αλλιώς του αέρα.

Θα πρέπει να τονιστεί επίσης, πως οι επιφάνειες που έχουν δυτικό ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό, αλλά και οι οριζόντιες επιφάνειες (όπως για παράδειγμα οι οροφές) ταλαιπωρούνται αρκετά από την ισχυρή ακτινοβολία του ήλιου κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να

προτιμάται βαφή σε ανοιχτά χρώματα, με σκοπό να αυξηθεί η ανακλαστικότητα τους, αποτρέποντας έτσι την ανάπτυξη πολύ υψηλών θερμοκρασιών στους αντίστοιχους χώρους. Μια ακόμη τεχνική για τις συγκεκριμένες κατηγορίες δωματίων αφορά στην επικάλυψη με άλλων τύπων ανακλαστικές επιφάνειες, όπως είναι για παράδειγμα τα φύλλα αλουμινίου, είτε πιο γενικά στη χρησιμοποίηση ψυχρών υλικών, είτε φυτών.

Τέλος, η υφή των εξωτερικών επιφανειών, που μπορεί να είναι αδρή είτε λεία, επιφέρει σημαντικές επιδράσεις σε ότι αφορά την ανακλαστική τους ικανότητα, αλλά και την απορρόφηση ή όχι της θερμότητας. Γενικά, λείες και στιλπνές επιφάνειες παρουσιάζουν μεγάλη ανακλαστικότητα και μικρή απορρόφηση θερμότητας. Το αντίθετο συμβαίνει με τις αδρές και τραχιές επιφάνειες.

### 3.3.4. Θερμική μάζα

Ένα σοβαρό θέμα για τη βιοκλιματική δράση του κτίσματος κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, είναι η εξασφάλιση επαρκούς θερμικής μάζας στα δομικά του στοιχεία, όπως είναι τα τοιχώματα, τα δάπεδα, οι οροφές κλπ. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, αποθηκεύεται σε αυτά θερμότητα, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται η επιθυμητή θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον του κτίσματος, κάνοντας πιο άνετη τη διαμονή των χρηστών. Αντίστροφα, κατά τη διάρκεια της νύχτας, η αποθηκευμένη θερμότητα μεταφέρεται από τα εσωτερικά δομικά υλικά στον εσωτερικό αέρα, ο οποίος θερμαίνεται και στη συνέχεια διοχετεύεται προς τον εξωτερικό χώρο. Με αυτόν τον τρόπο η αποθηκευμένη θερμότητα απελευθερώνεται προς το περιβάλλον.

Στην περίπτωση που η θερμική μάζα είναι επαρκής, οι θερμοκρασιακές αλλαγές στους εσωτερικούς χώρους κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ημέρας ελαττώνονται. Αυτό υλοποιείται συνδυαστικά με το βραδινό αερισμό και βοηθάει στην εξασφάλιση και στη διατήρηση χαμηλών εσωτερικών θερμοκρασιών, αλλά και στην αποθήκευση δροσιάς. Γενικότερα, η θερμική μάζα σχετίζεται με τη χρήση

υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας, ως επί το πλείστον στο δάπεδο και στα τοιχώματα, όπου δε χρειάζεται να είναι καλυμμένα.

### **3.3.5. Διαμόρφωση μικροκλίματος**

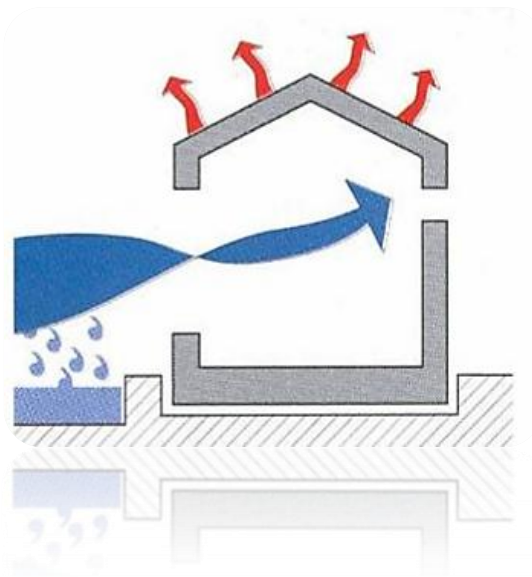
Με την έννοια της διαμόρφωσης μικροκλίματος νοείται η τροποποίηση χαρακτηριστικών του πλησιέστερου εξωτερικού περιβάλλοντος σε ένα κτίριο. Αυτά τα χαρακτηριστικά αποτελούν κυρίως χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος αέρα (θερμοκρασία – υγρασία) καθώς και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας εδαφικής μάζας. Τέτοιες τροποποιήσεις δρουν θετικά στο φυσικό δροσισμό, και επιτυγχάνονται κυρίως με τους ακόλουθους τρόπους:

- Με χρήση υδάτινων επιφανειών
- Με χρήση βλάστησης

#### **3.3.5.1. Υδάτινες επιφάνειες – Άμεσος και έμμεσος εξατμιστικός δροσισμός**

Κατά τη μεταβολή της φυσικής κατάστασης ενός υλικού από υγρό σε αέριο (εξάτμιση), απορροφάται θερμότητα από το άμεσο περιβάλλον. Αυτή η ιδιότητα των υλικών μπορεί υπό κατάλληλες συνθήκες να χρησιμοποιηθεί για τους σκοπούς του φυσικού δροσισμού. Για παράδειγμα κατά την εξάτμιση του νερού κατορθώνεται δροσισμός, αλλά και αύξηση της υγρασίας, του περιβάλλοντος αέρα. Με χρήση κατάλληλων διατάξεων, ο εν λόγω ψυχρός και υγρός αέρας μπορεί να συνεισφέρει

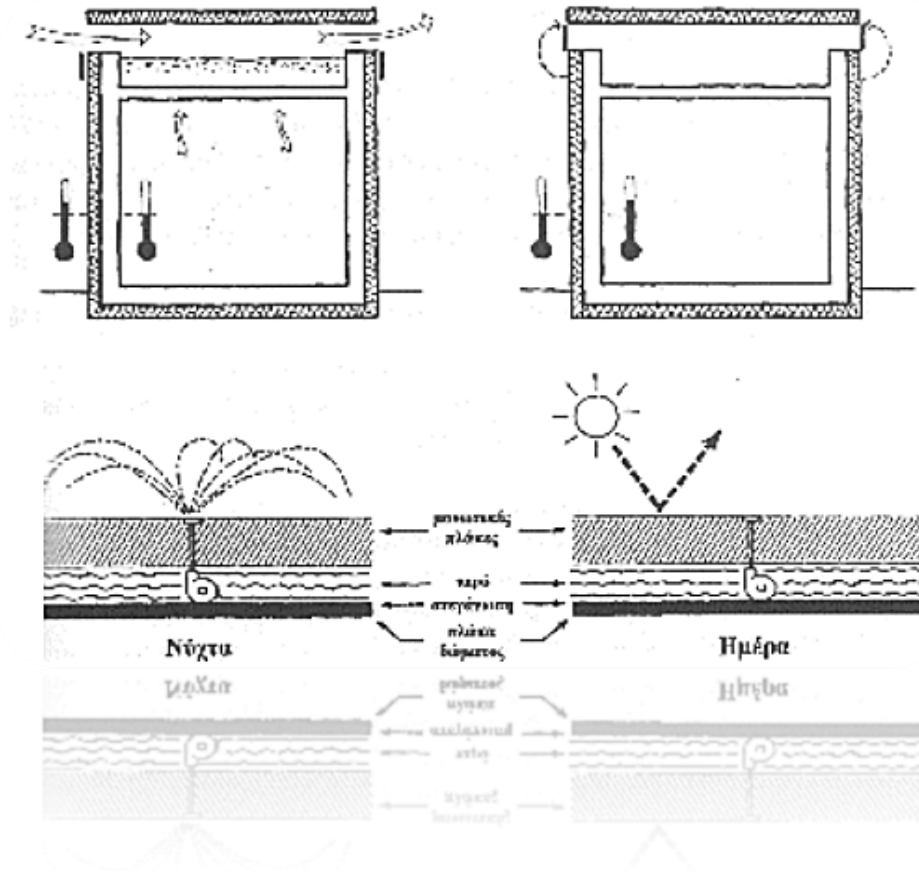
στο δροσισμό των κτιρίων. Η διαδικασία κατά την οποία ο εν λόγω αέρας διοχετεύεται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου με σκοπό την ψύξη του, καλείται άμεσος εξατμιστικός δροσισμός (εικόνα 3.16). Ο δροσισμός μέσω της εξάτμισης δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, και δεν συνιστάται σε υγρά κλίματα.



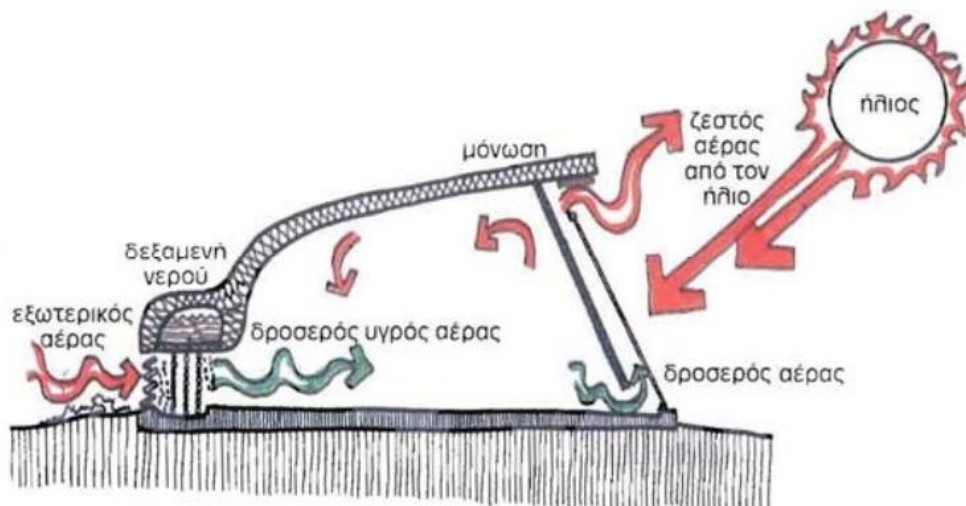
Εικόνα 3.16. Άμεσος εξατμιστικός δροσισμός.

Ο έμμεσος εξατμιστικός δροσισμός, αναφέρεται στην περίπτωση όπου ο πιο δροσερός και υγρός αέρας δεν εισέρχεται στο εσωτερικό περιβάλλον. Επιφέρει δροσισμό στο εξωτερικό κέλυφος του κτίσματος μέσω της απαγωγής θερμότητας από αυτό, και κατ' επέκταση σταδιακή ελάττωση της θερμοκρασίας των εσωτερικών δομικών στοιχείων του κτίσματος, άρα και του εσωτερικού αέρα.

Τεχνική εφαρμογής του άμεσου και έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού αποτελεί η εγκατάσταση υδάτινων επιφανειών (λίμνες, στέρνες) σε κατάλληλα επιλεγμένα σημεία περιμετρικά του κτιρίου, αλλά και πιο σύνθετες διατάξεις όπως οι επιπλέουσες θερμομονωτικές πλάκες οι οποίες διαβρέχονται κατά τη διάρκεια της νύχτας (εικόνα 3.17). Ακόμη, γίνονται και συνδυαστικές μέθοδοι όπως είναι η χρήση άμεσου εξατμιστικού δροσισμού και ηλιακής καμινάδας (εικόνα 3.18).



Εικόνα 3.17. Επιπλέονσες θερμομονωτικές πλάκες που διαβρέχονται κατά τη διάρκεια της νύκτας.



Εικόνα 3.18. Φυσικός δροσισμός με χρήση συνδυαστικής μεθόδου άμεσου εξατμιστικού δροσισμού και ηλιακής καμινάδας.

### 3.3.5.2. Βλάστηση – Εξατμισοδιαπνοή

---

Πέραν της χρησιμότητας για σκίαση, αλλά και για προώθηση του φυσικού αερισμού, όπως αναφέρθηκαν σε αντίστοιχα υποκεφάλαια, η βλάστηση συνεισφέρει άμεσα και στο φυσικό δροσισμό των κτιρίων. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής, αλλά και μέσω της συγκράτησης νερού στο έδαφος.

Κατά την εξατμισοδιαπνοή γίνεται απελευθέρωση νερού τόσο μέσω φυσικής εξάτμισης όσο και μέσω της διαδικασίας διαπνοής των φυτών. Η εξάτμιση του νερού και η αύξηση της υγρασίας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Η κατάλληλη επιλογή της θέσης φύτευσης των φυτών μπορεί άμεσα να επηρεάσει τη θερμοκρασία των κτιρίων και να εξυπηρετήσει στο φυσικό δροσισμό τους.

Κατά παρόμοιο τρόπο, η συγκράτηση νερού στο έδαφος, μέσω εξάτμισης, βοηθάει στην αύξηση της υγρασίας του περιβάλλοντος αέρα και κατ' επέκταση στο φυσικό δροσισμό. Η συγκράτηση νερού οφείλεται στο ριζικό σύστημα αλλά και στην ανάγκη άρδευσης των φυτών.

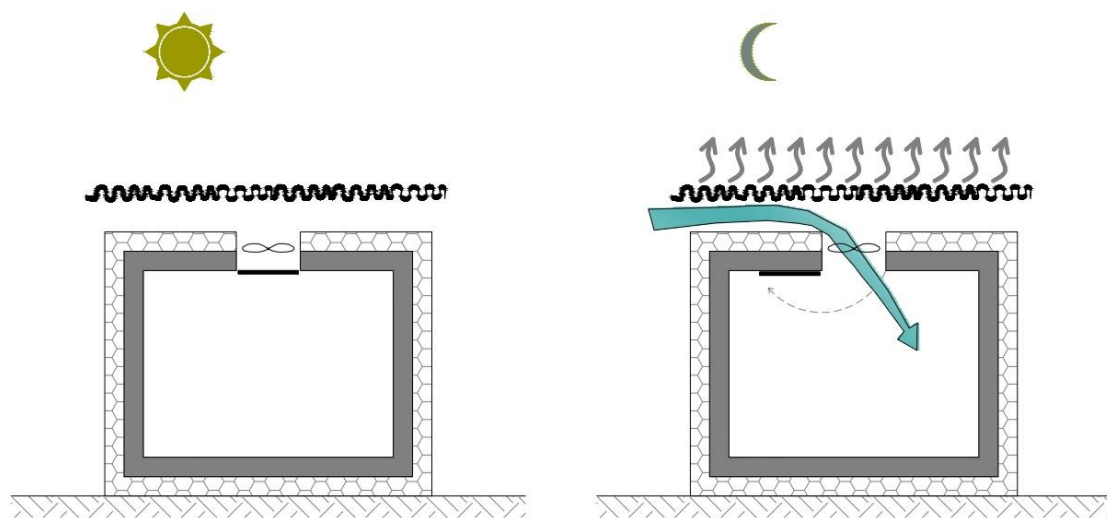
### 3.3.6. Νυχτερινή ακτινοβολία προς τον ουρανό

---

Ως γνωστό, όλα τα σώματα ακτινοβολούν τη θερμότητά τους προς το περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, οι δομικές επιφάνειες, και ιδιαίτερα οι οριζόντιες, ακτινοβολούν τη θερμότητά τους προς τον ουρανό. Έτσι, οι οροφές των κτιρίων, ή άλλες δομικές διατάξεις με οριζόντιο προσανατολισμό, παρουσιάζουν έντονη ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Όμως, η διαδικασία αυτή περιορίζεται ιδιαίτερα όταν οι επιφάνειες αυτές φέρουν θερμομόνωση, κάτι που επί του πρακτέου συμβαίνει πάντα. Έτσι, για να μπορέσει να επιτευχθεί δροσισμός μέσω της νυχτερινής ακτινοβολίας προς τον ουρανό, θα πρέπει να δημιουργηθούν ειδικές κατασκευές. Βασικοί εκπρόσωποι των κατασκευών αυτών είναι ο μεταλλικός ακτινοβολητής και οι λίμνες οροφής.

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής αποτελείται από μια μεταλλική πλάκα που τοποθετείται εξωτερικά της οροφής του κτίσματος. Κάτω από την μεταλλική πλάκα τοποθετείται ένα θερμομονωτικό στρώμα, το οποίο έχει διάκενα σε σχέση με το οπλισμένο σκυρόδεμα της οροφής του κτιρίου. Η μεταλλική πλάκα επιλέγεται να έχει μεγάλη ανακλαστικότητα και έτσι κατά τη διάρκεια της ημέρας απορροφά την ελάχιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμομόνωση προστατεύει θερμικά την οροφή του κτιρίου. Τη νύχτα, η πλάκα ακτινοβολεί τη θερμότητα που έχει αποθηκεύσει και με αυτόν τον τρόπο η οροφή διατηρείται ψυχρή. Τα διάκενα χρησιμεύουν στη διοχέτευση και επανακυκλοφορία του εσωτερικού αέρα του κτιρίου με σκοπό την ψύξη του. Το σύστημα είναι ιδιαίτερα αποδοτικό σε θερμά και ξηρά κλίματα και με χαμηλή σχετική υγρασία. Τυπική τομή συστήματος μεταλλικού ακτινοβολητή φαίνεται στην εικόνα 3.19.



Εικόνα 3.19. Μεταλλικός ακτινοβολητής.

Οι λίμνες οροφής είναι στην ουσία αβαθείς δεξαμενές νερού στην οροφή των κτιρίων οι οποίες ενσωματώνουν μετακινούμενο σύστημα σκίασης. Την ημέρα οι δεξαμενές σκιάζονται (με θερμομονωτικά σκίαστρα) και τη νύκτα ανοίγονται για να εκπέμψει το νερό τη θερμότητα που έχει αποθηκεύσει. Πρόκειται για σύστημα ιδιαίτερα δαπανηρό στην εγκατάσταση, και σπάνια εφαρμόζεται στη χώρα μας.

### 3.4. Δομικές διατάξεις υποστήριξης φυσικού δροσισμού

Οι δομικές διατάξεις υποστήριξης φυσικού δροσισμού που θα αναφερθούν στο παρόν υποκεφάλαιο διαχωρίζονται από τις τεχνικές φυσικού δροσισμού που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, καθώς αφορούν τεχνικά και δομικά έργα μεγαλύτερης έκτασης. Οι διατάξεις αυτές συγκεντρώνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Υπόγειες, υπόσκαφες, και ημιυπόσκαφες κατασκευές
- Υπεδάφια ψύξη – Υπεδάφιοι αγωγοί
- Αεραγωγοί κατακόρυφου αερισμού
- Κλιμακοστάσιο
- Παγίδες ανέμου
- Αεριζόμενο κέλυφος

Από τις παραπάνω κατηγορίες, οι αεραγωγοί κατακόρυφου αερισμού δεν θα αναλυθούν στο παρόν κεφάλαιο, καθώς ομοιάζουν ιδιαίτερα με τους πύργους αερισμού που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο του φυσικού αερισμού.





Εικόνα 3.20. Φυσικός δροσισμός κτηρίου.

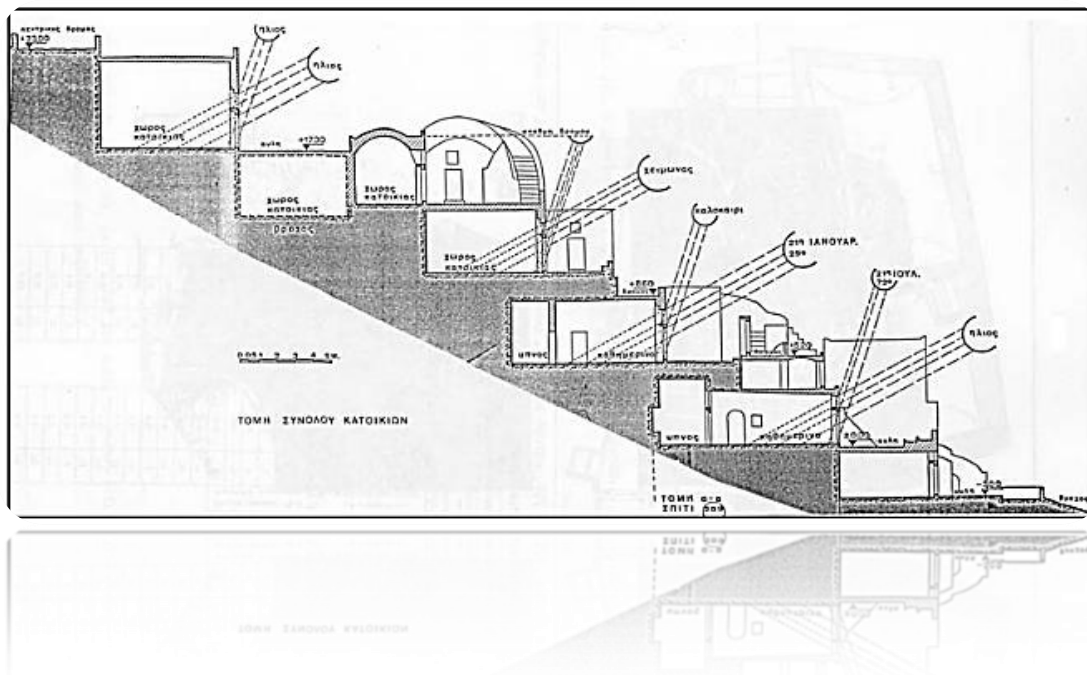
### 3.4.1. Υπόγειες, υπόσκαφες και ημιυπόσκαφες κατασκευές

Το φυσικό έδαφος παρουσιάζει από το βάθος ενός μέτρου και κάτω σταθερή θερμοκρασία, η οποία οφείλεται στη τεράστια μάζα αλλά και τη θερμική αδράνεια των υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας που περιέχει. Στη χώρα μας η μέση θερμοκρασία του φυσικού εδάφους σε ένα χρόνο είναι 12 - 13 βαθμούς Κελσίου.

Οι υπόγειες και οι υπόσκαφες κατασκευές περικλείονται από τη μεγάλη θερμική μάζα της γης, και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση χαμηλών θερμοκρασιών στους εσωτερικούς τους χώρους. Το γεγονός αυτό είναι εξαιρετικά

σημαντικό καθώς προσφέρει φυσικό δροσισμό στα εν λόγω κτίρια, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Η συνδυαστική διοχέτευση ψυχρού αέρα στις συγκεκριμένες κατασκευές βοηθάει ακόμη περισσότερο στον φυσικό τους δροσισμό. Θερμοκρασίες οι οποίες ξεπερνούν τους 26 βαθμούς Κελσίου στο εσωτερικό ενός τέτοιου κτιρίου δεν εμφανίζονται συχνά. Παράδειγμα ημιυπόσκαφων κατασκευών φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί (εικόνα 3.21).

Σε τοποθεσίες όπου επικρατεί ξηρασία και ζέστη, η χρησιμοποίηση του χώματος του εδάφους παρέχει καλύτερα θερμικά αποτελέσματα συγκριτικά με το οπλισμένο σκυρόδεμα, εξαιτίας της τεράστιας θερμικής του αδράνειας. Βασικά κριτήρια για την επιλογή μιας τέτοιας κατασκευής είναι το ανάγλυφο του εδάφους με μεγάλη κλίση, καθώς επίσης και ο λόγος χρήσης του κτιρίου. Εάν το ανάγλυφο έχει κατάλληλη κλίση, η υλοποίηση ημιυπόσκαφων κτιρίων ευνοείται και από κατασκευαστικής πλευράς.



Εικόνα 3.21. Τομή τμήματος του οικισμού Οία στη Σαντορίνη.

### 3.4.2. Υπεδάφια ψύξη και υπεδάφιοι αγωγοί

---

Η χαμηλή θερμοκρασία που έχει το έδαφος αξιοποιείται μέσω της εγκατάστασης δικτύου σωληνώσεων κάτω από το δάπεδο του χαμηλότερου ορόφου. Ο ζεστός εσωτερικός αέρας διοχετεύεται στις συγκεκριμένες σωληνώσεις, ψύχεται και στη συνέχεια εισχωρεί ξανά ψυχρός στο κτίριο. Σε υγρά κλίματα υπάρχει ο κίνδυνος υγραποίησης των υδρατμών του ζεστού αέρα που διοχετεύεται μέσα στις σωληνώσεις, και έτσι υπάρχει σοβαρό ενδεχόμενο ανάπτυξης μυκήτων και μούχλας.

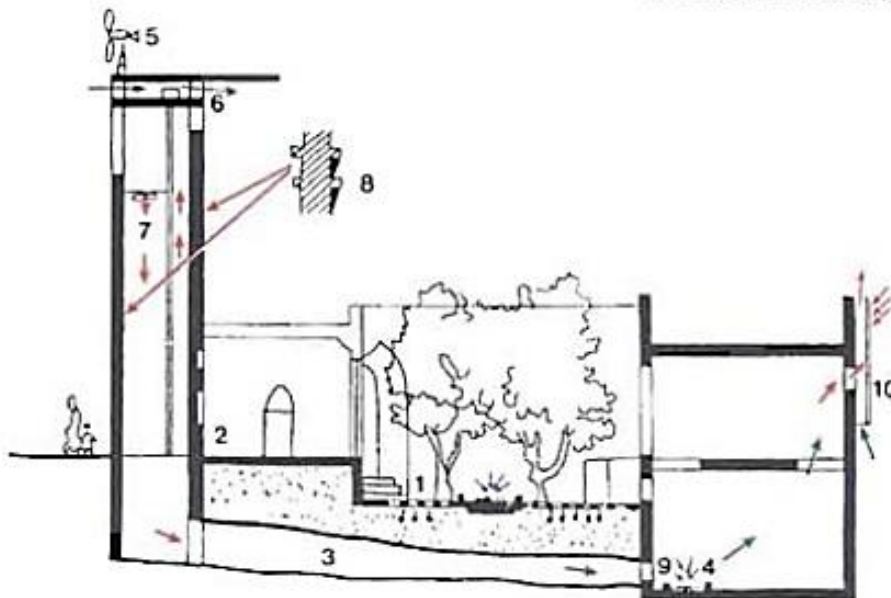
Οι ενσωματωμένοι εντός του εδάφους αγωγοί αποτελούν έναν παθητικό μηχανισμό, ο οποίος μπορεί να τροφοδοτεί το κτίσμα με δροσερό αέρα κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Αυτό μπορεί να γίνει με φυσικό τρόπο σε συνδυασμό με καμινάδα αερισμού, ή με μηχανικό τρόπο, δηλαδή με εξαναγκασμένη κινητικότητα του αέρα διαμέσου των αγωγών με χρήση ανεμιστήρων. Η δράση του συγκεκριμένου υπεδάφιου συστήματος εστιάζεται στη ψύξη του εισαγόμενου στους αγωγούς θερμού αέρα, εξαιτίας της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους. Μερικά βασικά παραδείγματα είναι τα κτίσματα της Μέσης Ανατολής (εικόνα 3.22).

παραδοσιακά στοιχεία

1. δεξαμενή νερού στο αιθρίο
2. χειμωνιάτικο δωμάτιο
3. στοά, γύξη με εξάτμιση
4. πηγή

πρόσθετα στοιχεία

5. αερογεννήτρια
6. διπλή οροφή
7. ανεμιστήρας
8. λεπτομέρεια σκιάς
9. φαινόμενο Venturi
10. τοίχος συλλέκτης



Παραδοσιακή κατοικία της Ανατολής.  
Φυσική γύξη του κελύφους με τη χρήση υγρού αέρα.

Φυσική γύξη του κελύφους με τη χρήση υγρού αέρα.  
Παραδοσιακή κατοικία της Ανατολής.



Εικόνα 3.22. Φυσική ψύξη κελύφους ανακαινισμένης παραδοσιακής κατοικίας με υπεδάφιο σύστημα αγωγού και φυσικό αερισμό.

### 3.4.3. Κλιμακοστάσιο

---

Ο συγκεκριμένος χώρος επικοινωνεί με το σύνολο των επιπέδων ενός κτιρίου. Έχει τη δυνατότητα να γίνει ο πιο καθοριστικός αγωγός κατακόρυφου αερισμού. Για να συμβεί αυτό όμως πρέπει να βρίσκεται σε κεντρική θέση μέσα στο κτίριο, να έχει απόληξη με μεγάλο άνοιγμα, η οποία να βρίσκεται υψηλότερα συγκριτικά με τα πιο πάνω επίπεδα του κτίσματος. Το κλιμακοστάσιο αποτελεί τον πιο σημαντικό σε απόδοση σε σχέση με τους άλλους αγωγούς αερισμού, καθώς η μεγάλη διατομή την οποία έχει, βοηθάει στην μείωση των τριβών της φυσικής ροής του αέρα, διευκολύνοντας την κυκλοφορία του. Επίσης, όσο πιο μεγάλο είναι το ύψους του κλιμακοστασίου, τόσο πιο ισχυρός είναι ο ελκυσμός που δημιουργείται.

### 3.4.4. Παγίδες ανέμου

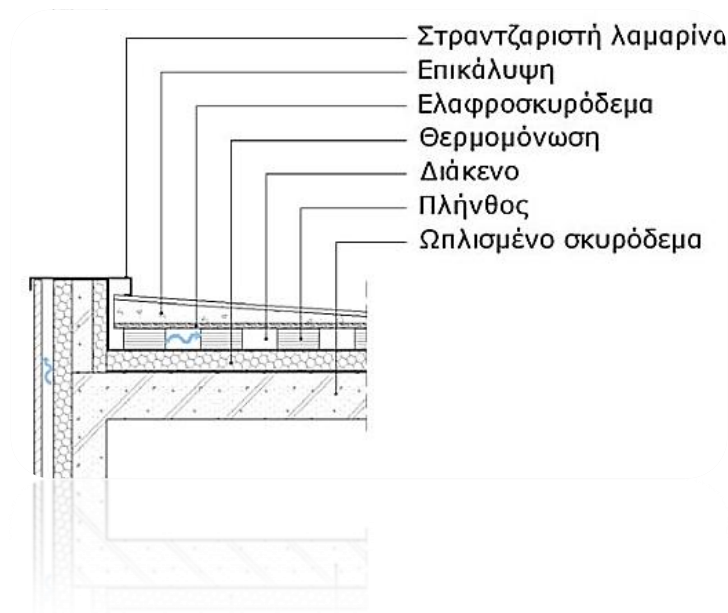
---

Αφορά τα θερμά κλίματα όπου οι ανάγκες ψύξης είναι μεγάλες. Για το λόγο αυτό, έχουν αναπτυχθεί ειδικές διατάξεις και μηχανισμοί που αφορούν την εισχώρηση ζεστού αέρα και τη ψύξη του μέσω σταγονιδίων νερού (δροσισμός με εξάτμιση), ή μέσω διοχέτευσής του σε χώρους κάτω από το έδαφος. Αυτά τα συστήματα καλούνται παγίδες ανέμου, και αποτελούν βασικά γνωρίσματα της περσικής αλλά και της αιγυπτιακής αρχιτεκτονικής.

### 3.4.5. Αεριζόμενο κέλυφος

Το αεριζόμενο κέλυφος ως κατασκευή αφορά στην τροποποίηση του κελύφους του κτιρίου, και δημιουργείται με τη χρήση διπλού κελύφους στην οροφή ή στα εξωτερικά τοιχώματα του κτίσματος. Στο εσωτερικό της κατασκευής υπάρχει ένα ενδιάμεσο κενό όπου περνάει ο εξωτερικός αέρας. Τους θερινούς μήνες, το συγκεκριμένο κέλυφος βοηθάει σημαντικά στη σκίαση του κτίσματος, και κατ' επέκταση στην ελάττωση της θερμικής επιβάρυνσής του από την ισχυρή ακτινοβολία του ήλιου, αλλά και στη μεταφορά θερμότητας από μέσα προς τα έξω.

Το κέλυφος αυτό έχει τη δυνατότητα να βοηθήσει ακόμα και στην θερμική προστασία του κτίσματος κατά τη διάρκεια του χειμώνα, καθώς ελαττώνει τις θερμικές απώλειες προς τον εξωτερικό χώρο, επειδή ο αέρας ανάμεσα στο διπλό κέλυφος έχει χαμηλή ταχύτητα. Σε ότι έχει να κάνει με τη κατασκευή του αεριζόμενου κελύφους, χρειάζεται ενδιάμεσα να τοποθετηθεί θερμομόνωση. Τυπική μορφή αεριζόμενου κελύφους φαίνεται στην εικόνα 3.23.



Εικόνα 3.23. Τομή σε αεριζόμενο δώμα.

## Κεφάλαιο 4

---

### Συμπεράσματα και Συζήτηση

---



## 4.1. Εισαγωγή

---

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας θα γίνει αρχικά μια αναφορά στα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τεχνικών του φυσικού αερισμού και φυσικού δροσισμού. Θα ακολουθήσει παράθεση των συμπερασμάτων και συζήτηση επί του θέματος. Τέλος, θα γίνουν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## 4.2. Τα πλεονεκτήματα του φυσικού αερισμού – δροσισμού

---

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα του φυσικού αερισμού και δροσισμού είναι ο περιορισμός στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό συνεπάγεται τεράστια οικονομικά, αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Κατά τη χρήση συστημάτων φυσικού αερισμού – δροσισμού στα κτίρια, η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης επιφέρει μεγάλα οικονομικά οφέλη, είτε μεμονωμένα (σε ιδιωτικό επίπεδο), είτε ευρύτερα (π.χ. σε εταιρικό επίπεδο). Υπό μια ευρύτερη οπτική, τα οικονομικά οφέλη μπορούν να είναι ακόμη μεγαλύτερης κλίμακας.

Η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σημαίνει και μείωση της κατανάλωσης φυσικών πόρων. Καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται κατά βάση στην καύση λιγνίτη (ή πετρελαίου σε απομακρυσμένες περιοχές, π.χ. στις νησιωτικές), ο περιορισμός στη χρήση ενεργοβόρων ηλεκτρικών συσκευών με σκοπό τον κλιματισμό οδηγεί έμμεσα και στη μείωση της κατανάλωσης των φυσικών πόρων. Έτσι, επιτυγχάνεται παράταση του χρόνου ζωής των φυσικών αποθεμάτων, με συνέπεια μια πιο βιώσιμη εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου μιας χώρας, φέρνοντας ταυτόχρονα και ιδιαίτερα οικονομικά οφέλη σε αυτήν.

Από πλευράς περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η μείωση της κατανάλωσης των φυσικών πόρων και ιδιαίτερα στην περίπτωση της καύσης λιγνίτη, έχει σαν αποτέλεσμα και τη μείωση των εκπομπών οξειδίων του άνθρακα ( $\text{CO}_2, \text{CO}$ ) στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα περιορίζονται και οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ). Ακόμη, ο περιορισμός στη χρήση κλιματιστικών συσκευών συνεπάγεται και μείωση εκπομπής χλωροφθορανθράκων (CFCs).

Ένα ακόμη πλεονέκτημα του φυσικού αερισμού και δροσισμού είναι η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης για τους ανθρώπους. Ένας τρόπος βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης. Διαμέσου του φυσικού αερισμού και δροσισμού των κτιρίων εξασφαλίζονται σε μεγάλο βαθμό συνθήκες θερμικής άνεσης για τους ανθρώπους, ενώ ο φυσικός τρόπος με τον οποίο αυτές επιτυγχάνονται υπόσχεται και κατάλληλες συνθήκες στο εσω-κλίμα.

Ειδικά στην περίπτωση του φυσικού αερισμού, κατορθώνονται κατάλληλες συνθήκες υγρασίας, αλλά και γενικότερη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Η απομάκρυνση βλαβερών, ενοχλητικών, και ανεπιθύμητων ουσιών από τους εσωτερικούς χώρους ευνοεί της υγεία και την άνεση των ανθρώπων. Φυσικά αυτό συμβαίνει στις περιπτώσεις όπου τα κτίρια βρίσκονται σε τοποθεσίες οι οποίες έχουν καθαρή ατμόσφαιρα.

### **4.3. Τα μειονεκτήματα του φυσικού αερισμού – δροσισμού**

Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα των συστημάτων φυσικού αερισμού – δροσισμού, είναι ότι η εφαρμογή τους σε κτίρια τα οποία έχουν ήδη κατασκευαστεί δεν είναι καθόλου εύκολη, και συνήθως είναι αρκετά δαπανηρή. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή των συστημάτων φυσικού αερισμού – δροσισμού σε αυτές τις περιπτώσεις συνοδεύεται από μια σειρά περιορισμών.

Ένας τέτοιος περιορισμός είναι η αρχιτεκτονική των κτιρίων, αλλά και της ευρύτερης περιοχής. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η εφαρμογή μεθόδων φυσικού αερισμού – δροσισμού έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση του αρχιτεκτονικού γνωρίσματος της τοποθεσίας που βρίσκεται το κτίριο, εγείροντας ζητήματα οπτικής όχλησης.

Ένας ακόμη περιορισμός εντοπίζεται στον προσανατολισμό του κτίσματος, ο οποίος είναι ένας από τους παράγοντες που συνυπολογίζεται κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού αερισμού – δροσισμού. Στα ήδη κατασκευασμένα κτίρια, ο προσανατολισμός τους είναι μια παράμετρος που δεν μπορεί να τροποποιηθεί. Έτσι, η χρήση συστημάτων φυσικού αερισμού – δροσισμού ενδέχεται εξαρχής να είναι απαγορευτική. Όμως, ακόμη και στην περίπτωση που η εφαρμογή είναι δυνατή, ενδέχεται και πάλι η απόδοση των συστημάτων να είναι χαμηλότερη.

Η εξάρτηση της λειτουργίας και αποδοτικότητας των συστημάτων φυσικού αερισμού – δροσισμού από τις περιβαλλοντικές και καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή, αποτελεί έναν ακόμη περιορισμό. Για παράδειγμα, αν σε μια τοποθεσία το περιβάλλον είναι επιβαρυνμένο με ρύπους και θόρυβο, ο αερισμός ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Όσον αφορά στις καιρικές συνθήκες, εάν σε μια τοποθεσία δεν πνέουν οι κατάλληλοι άνεμοι ενδέχεται να μην είναι αποδοτικός ο φυσικός αερισμός. Ακόμη, η ηλιοφάνεια επηρεάζει δραστικά ορισμένες μεθόδους αερισμού και δροσισμού. Με τον ίδιο τρόπο δρουν και λοιπές κλιματικές συνθήκες όπως η υγρασία, αλλά ακόμη και εδαφικές παράμετροι, όπως ο τύπος του εδάφους, η υγρασία του, κλπ.

## 4.4. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής αυτής εργασίας, έχουν κατανοηθεί πλήρως όλες οι πτυχές του θέματος που αφορούν τον φυσικό αερισμό και δροσισμό των κτιρίων. Μέσα από διεξοδική έρευνα και εκτενή μελέτη που πραγματοποιήθηκε,

παρουσιάστηκε το σύνολο των μεθόδων και των τακτικών που ακολουθούνται στη σημερινή εποχή για την υλοποίηση του φυσικού δροσισμού και αερισμού στα κτίρια.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για να γίνει αυτό, ήταν η έρευνα κυρίως μέσα από ελληνική αλλά και ξένη βιβλιογραφία, ενώ ένα μικρό μέρος της έρευνας έγινε μέσω διαδικτύου. Ερευνήθηκε πληθώρα ακαδημαϊκών συγγραμμάτων, επιστημονικών περιοδικών, τεχνικών οδηγιών, αλλά και νομικών κειμένων, το σύνολο των οποίων συνέβαλλε στη διεκπεραίωση της πτυχιακής αυτής εργασίας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Στόχος ήταν η πλήρης παρουσίαση και ανάλυση των μεθόδων του φυσικού δροσισμού και του φυσικού αερισμού, και ως εκ τούτου το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας αποτελείται από τα αντίστοιχα κεφάλαια. Χρησιμοποιήθηκαν αρκετές φωτογραφίες και πληροφορίες, οι οποίες βοήθησαν στην βέλτιστη κατανόηση του θέματος, του τρόπου λειτουργίας των συστημάτων φυσικού αερισμού – δροσισμού, αλλά και της σημαντικότητάς τους για τα νέα αλλά και για τα ήδη υφιστάμενα κτίρια.

Επίσης, σημαντικό κομμάτι της εργασίας αυτής αφιερώθηκε στον αναλυτικό χαρακτηρισμό, στην ερμηνεία, και στους λόγους εφαρμογής του φυσικού δροσισμού και του φυσικού αερισμού. Δόθηκε έμφαση στη σημασία και στη σπουδαιότητά τους για τη σύγχρονη εποχή, ενώ αναδείχτηκαν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που υπάρχουν στις δυο αυτές διαδικασίες.

Σχολιάζοντας τα συστήματα φυσικού αερισμού και δροσισμού, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο σχεδιασμός τους αποτελεί μια ιδιαίτερη περίπτωση μελέτης. Η ορθότητα της μελέτης καθορίζει την επιτυχή λειτουργία και το βαθμό αποδοτικότητας των συστημάτων αυτών. Συνοπτικά, κατά τον σχεδιασμό τους πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε μια σειρά από παραμέτρους. Αυτές αφορούν στον προσανατολισμό του κτίσματος, στους ανέμους που υπάρχουν σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία, στις ανάγκες χρήσης του κτίσματος, και στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

Οι παράμετροι αυτοί προφανώς ισχύουν και στην περίπτωση μελέτης συστημάτων φυσικού αερισμού και δροσισμού σε υφιστάμενα κτίρια. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., κατά τη διαδικασία βελτίωσης των υφισταμένων κτιρίων, οι δυνατότητες οικοδομικής παρέμβασης που μπορούν να γίνουν προς όφελος του φυσικού αερισμού/δροσισμού αφορούν τους εξής τομείς:

- Στη μείωση της θερμικής αγωγιμότητας μέχρι και 70% από τα δομικά στοιχεία με τη προσθήκη αναδρομικής θερμομόνωσης
- Στην μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας 20-30% κατά τη θερινή περίοδο με τη πρόβλεψη της κατάλληλης ηλιοπροστασίας
- Στην αύξηση του φυσικού αερισμού – δροσισμού με ανώτερο όριο 20%, με την σωστή χρήση των ανοιγμάτων για τα οποία πιθανώς να χρειαστούν νέα κουφώματα με τα κατάλληλα ανοιγόμενα τμήματα
- Στην κατάλληλη διαμόρφωση του άμεσου περιβάλλοντα χώρου, με στόχο την αντιμετώπιση του ανέμου, και κατά συνέπεια την αύξηση του φυσικού δροσισμού (π.χ. δένδροφύτευση που οδηγεί τους δροσερούς ανέμους προς το κτίριο για το καλοκαίρι μέχρι και 20%)

Στατιστικά δεδομένα που αντλήθηκαν από τη βιβλιογραφία, και αφορούν γενικότερα τα βιοκλιματικά κτίρια επιβεβαιώνουν ότι:

- Τα βιοκλιματικά κτίρια παρουσιάζουν 30-50% μικρότερο λειτουργικό κόστος σε σχέση με τα συμβατικά κτίρια
- Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα βιοκλιματικό κτίριο μπορεί να φτάσει μέχρι και 70% σε σχέση με ένα συμβατικό
- Το επιπλέον κόστος μελέτης, κατασκευής, και εγκατάστασης ενεργών και παθητικών συστημάτων σε ένα βιοκλιματικό κτίριο είναι της τάξης του +7% σε σχέση με το κόστος ενός συμβατικού κτιρίου

Εστιάζοντας στα συστήματα παθητικού αερισμού και δροσισμού όπως έχουν εφαρμοστεί σε βιοκλιματικά κτίρια, αναφέρεται ότι:

- Το 71% των βιοκλιματικών κτιρίων κάνει χρήση συστημάτων φυσικού αερισμού - δροσισμού
- Το 30% των ως άνω κτιρίων χρησιμοποιεί την τεχνική της καμινάδας αερισμού ή της ηλιακής καμινάδας για τους σκοπούς του φυσικού αερισμού
- Το 28% των ως άνω κτιρίων κάνει χρήση ηλιοπροστασίας/σκίασης για τους σκοπούς του φυσικού δροσισμού.

Από βιβλιογραφικά δεδομένα φαίνεται ότι η χρήση φυσικού αερισμού μπορεί να μειώσει τις ανάγκες για ψύξη σε ποσοστά της τάξης του 75%, ενώ συνδυαστικά με μεθόδους φυσικού δροσισμού το ποσοστό αυτό μπορεί να είναι και 100%. Όσον αφορά σε κτίρια που εφαρμόζεται ηλιοπροστασία, στο 29% των περιπτώσεων γίνεται χρήση εξωτερικών ή εσωτερικών σκιάστρων, ενώ στο 9% των περιπτώσεων με φύτευση του περιβάλλοντος χώρου. Ακόμη, στην περίπτωση δενδροφύτευσης για τους σκοπούς του φυσικού δροσισμού, αναφέρεται ότι ένα πλήρως ανεπτυγμένο δέντρο μπορεί να μειώσει το ψυκτικό φορτίο ενός κτιρίου κατά 12-24%, ενώ τρία όμοια δέντρα κατά 17-57%. Τέλος, σχετικά με το χρώμα του εξωτερικού κελύφους ενός κτιρίου, αναφέρεται ότι κτίρια με ανοιχτά χρώματα μπορούν να έχουν μείωση του ψυκτικού φορτίου έως και 25%.

Δυστυχώς, παρά τη διεξοδική μελέτη στην παρούσα εργασία, δεν έχουν βρεθεί στατιστικά δεδομένα που να αφορούν στο ποσοστό μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης ή του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου, αποκλειστικά και μόνο λόγω χρήσης τεχνικών φυσικού αερισμού ή/και δροσισμού (είτε συνολικά, είτε για κάθε μια τεχνική), σε σχέση με:

- την ενεργειακή κατανάλωση μηχανικών/ενεργών μέσων για τους ίδιους σκοπούς
- τη συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου

Συνεχίζοντας το σχολιασμό όσον αφορά στα συστήματα φυσικού αερισμού – δροσισμού, ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται η δημιουργία και ο καθορισμός κανόνων

και νομοθετικών πλαισίων. Αυτά συντάσσονται και θεσμοθετούνται από αρμόδια όργανα και επιτελεία μηχανικών, που έχουν το απαραίτητο γνωστικό υπόβαθρο και τα εφόδια να επιτελέσουν αυτό το έργο. Μέσω των οδηγιών και των νομικών πλαισίων δίδεται η δυνατότητα στους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες να έχουν υπεύθυνη και ορθή καθοδήγηση. Τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας, η διάθεση τέτοιων κανόνων και νομικών πλαισίων αποτελεί ένα ιδιαίτερα θετικό γεγονός.

Καταλήγοντας, βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν σε αυτή την εργασία, τα συστήματα φυσικού αερισμού – δροσισμού κρίνονται ως μια απαραίτητη πρακτική και προσέγγιση. Αυτό ισχύει τόσο γενικότερα όσο και ειδικά στη περίπτωση της χώρας μας, όπου οι κλιματικές συνθήκες, το εύκρατο και μεσογειακό κλίμα, ευνοούν την αποδοτικότητα και λειτουργικότητα των συστημάτων αυτών. Τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά, και οικονομικά οφέλη, αποδείχθηκαν ότι είναι ιδιαίτερα μεγάλης έκτασης, ενώ το κόστος εγκατάστασης δεν είναι ιδιαίτερα αυξημένο, ειδικά εάν πρόκειται για νέα, υπό κατασκευή, κτίρια. Συνεπώς, η μελέτη και η απόφαση ενσωμάτωσης συστημάτων φυσικού αερισμού και δροσισμού στα κτίρια θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη, είτε πρόκειται για πλήρως βιοκλιματικά κτίρια, είτε και ως αυτόνομα συστήματα.

## 4.5. Προτάσεις περαιτέρω μελέτης

Το θέμα της παρούσας εργασίας ήταν η θεωρητική προσέγγιση του ζητήματος του φυσικού αερισμού και δροσισμού. Εάν και σε θεωρητικό επίπεδο η παρούσα εργασία θεωρείται ιδιαίτερα πλήρης, η μελέτη, η ανάλυση, και ο χαρακτηρισμός συστημάτων φυσικού αερισμού και δροσισμού σε πραγματικές συνθήκες είναι κάτι που εκ των πραγμάτων απουσιάζει.

Έτσι, μια πρώτη πρόταση περαιτέρω μελέτης πάνω στο συγκεκριμένο ζήτημα αποτελεί η συγκέντρωση πραγματικών στοιχείων/δεδομένων/μετρήσεων από υλοποιήσεις συστημάτων φυσικού αερισμού και δροσισμού. Με τα δεδομένα αυτά, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί συγκριτική συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών μεθόδων φυσικού αερισμού και διαφορετικών μεθόδων φυσικού δροσισμού.



Στατιστικές παράμετροι που θα προέκυπταν, ενδεχομένως να μπορούσαν να υποδείξουν τη βέλτιστη επιλογή τεχνικών που θα αφορούσαν μελλοντικές μελέτες και εγκαταστάσεις συστημάτων φυσικού αερισμού και δροσισμού.

Μια δεύτερη πρόταση για περαιτέρω μελέτη αποτελεί η σύγκριση μεθόδων φυσικού αερισμού και δροσισμού σε σχέση με την κατηγορία των κτιρίων, δηλαδή τα νέα και τα υφιστάμενα. Με αυτόν τον τρόπο πιθανό να μπορούσε να εκτιμηθεί ποια τεχνική ή ποιες τεχνικές ταιριάζουν περισσότερο σε κάθε περίπτωση.

Μία τελευταία πρόταση για περαιτέρω μελέτη θα ήταν η συγκέντρωση στατιστικών στοιχείων από τους χρήστες συστημάτων φυσικού δροσισμού και αερισμού. Οι μετρήσεις φυσικών χαρακτηριστικών όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα ρευμάτων αέρα, η θερμοκρασία του αέρα που ρέει σε ένα χώρο, κλπ, όπως περιγράφηκαν σε όλη την έκταση της εργασίας, αποτελούν έναν απόλυτο δείκτη χαρακτηρισμού και μετρήσεων. Καθώς η σκοπιμότητα των συστημάτων φυσικού αερισμού και δροσισμού είναι η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης του ανθρώπου, μια μελέτη που θα συγκέντρωνε στατιστικά στοιχεία από τους χρήστες τέτοιων συστημάτων ενδεχομένως να είχε κάποιο νόημα. Για παράδειγμα, μια τέτοια έρευνα είναι πιθανό να έδινε αποτελέσματα που να τροποποιούσαν, έστω και σε μικρό βαθμό, πάγιες θεωρήσεις όσον αφορά το σχεδιασμό, τη λειτουργία, ή τις παραμέτρους λειτουργίας ενός συστήματος, καθιστώντας το ακόμη πιο αποδοτικό και ευχάριστο για τον άνθρωπο.

Τέλος, όλες αυτές οι προτάσεις περαιτέρω έρευνας θα είχαν σαν αποτέλεσμα να εξαχθούν ακόμη πιο εμπειριστατωμένα και χρήσιμα συμπεράσματα για το πως δρουν οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν σε αυτή την πτυχιακή εργασία.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

---

## Ξένη βιβλιογραφία

- Amer, E.H. (2006). *Passive options for solar cooling of buildings in arid areas*. *Energy* 31 (8-9): 1332–1344, July.
- Allard, F., Santamouris, M. and Alvarez, S. (1998). *Natural ventilation in buildings*. London: James and James (Science Publishers) Ltd.
- American Institute of Architects, (2016). *Passive Cooling - American Institute of Architects*. [online] Available at: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab082771.pdf> [Accessed 16 Sep. 2016].
- Atkinson, J. (2009). *Natural ventilation for infection control in health-care settings*. Geneva: World Health Organization.
- Awbi, H. (2010). *Technologies for Sustainable Built Environments Centre University of Reading, UK*. [online] Cibse.org CIBSE BSG Seminar: Natural and Mixed-Mode Ventilation Modelling. Available at: [http://www.cibse.org/getmedia/666bde70-b039-4f35-8d85-93733a14bc2e/01-Hazim-Awbi-\(University-of-Reading\)-Basic-Concepts-for-Natural-Ventilation-of-Buildings\(1\).pdf.aspx](http://www.cibse.org/getmedia/666bde70-b039-4f35-8d85-93733a14bc2e/01-Hazim-Awbi-(University-of-Reading)-Basic-Concepts-for-Natural-Ventilation-of-Buildings(1).pdf.aspx) [Accessed 17 Sep. 2016].
- Awbi, H. (2003). *Ventilation of buildings*. London: Taylor & Francis.
- Brager, G. and de Dear, R. (2000). A standard for natural ventilation. *ASHRAE journal*.
- Dehghan, A., Esfeh, M. and Manshadi, M. (2013). Natural ventilation characteristics of one-sided wind catchers: experimental and analytical evaluation. *Energy and Buildings*, 61, pp.366-377.
- Li, Y. and Delsante, A. (2001). Natural ventilation induced by combined wind and thermal forces. *Building and Environment*, 36(1), pp.59-71.
- Jiang, Y., Alexander, D., Jenkins, H., Arthur, R. and Chen, Q. (2003). Natural ventilation in buildings: measurement in a wind tunnel and numerical simulation with large-eddy simulation. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 91(3), pp.331-353.
- Linden, P. (1999). THE FLUID MECHANICS OF NATURAL VENTILATION. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 31(1), pp.201-238.
- Malone, G. and Wicklen, G. (2016). *Poultry Digest Online Volume 3, Number 1 TREES AS A VEGETATIVE FILTER*. [online] Available at: <http://www.nrem.iastate.edu/research/vcb/link.treesfilter.pdf> [Accessed 17 Sep. 2016].
- Schulze, T. and Eicker, U. (2013). Controlled natural ventilation for energy efficient buildings. *Energy and Buildings*, 56, pp.221-232.
- Wheeler, M. (2012). *Natural Ventilation*. [online] Systems, Sites, and Building 2012. Available at: <https://ssb2012marcywheeler.wordpress.com/2012/10/13/107/> [Accessed 16 Sep. 2016].

- Wood, A. and Salib, R. (n.d.). *Natural ventilation in high-rise office buildings*.
- ANSI/ASHRAE Standard 55-2010, (2010), *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE Handbook, (2009), *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*. Atlanta, GA.
- Brown, G.Z. DeKay, M. (2001). *Sun, wind, and light: architectural design strategies (2nd ed.)*. 605 Third Avenue, New York, NY 10158-0012, USA: John Wiley & Sons.
- Caldas, L. (2008). *Generation of energy-efficient architecture solutions applying GENE\_ARCH: An evolution-based generative design system*. *Advanced Engineering Informatics* 22 (1): 54–64, January.
- Digital Info, (2012), *Φυσικός αερισμός, ηλεκτρονικός τομέας, Αερισμός*, σελ. 33-37, Θεσσαλονίκη.
- Grapsas, K. (2003), *Intermediate Space in Architecture*. Proceedings of Passive and Low Energy Architecture Conference (PLEA), Santiago, Chile.
- Haojie, W., Qingyan C. (2012). *A New Empirical Model for Predicting Single-Sided, Wind-Driven Natural Ventilation in Buildings*. *Energy and Buildings* 54.
- Kwok, A.G. Grondzik, W. T. (2011). *The Green Studio Handbook. Environmental strategies for schematic design (2nd ed.)*. 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA: Architectural Press.
- Lechner, N. (2009). *Heating, Cooling, Lighting: sustainable design methods for architects (3rd ed.)*. 605 Third Avenue, New York, NY 10158-0012, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Samuel, L. Nagendra, S. Maiya, M.P. (2013). *Passive alternatives to mechanical air conditioning of building: A review. Building and Environment* 66: 54–64. August.
- Score, (2012), *Natural Ventilation- Cooling, Sustainable Construction in Rural and Fragile Areas for Energy efficiency*, Αθήνα.

## Ελληνική βιβλιογραφία

- Αλεξανδρή, Ε. Αξαρή, Κ. Γράβας, Κ. Δημούδη, Α. Λαμπροπούλου, Ε. Χρονάκη, Ε. (2011), *Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων*, Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και κλιματικής αλλαγής, ΥΠΕΚΑ, Α' Έκδοση, Αθήνα.
- Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε. (2011), *Φυσικός Δροσισμός στα Ξενοδοχεία-Κυκλάδες. Έκδοση του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)*, Πρόγραμμα SAVE, 17η Γενική Διεύθυνση για την ενέργεια.
- Ανδρεαδάκη, Ε. (2006), *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 61.
- Αξαρή, Κ. (2009), *Φυσικός δροσισμός: ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων το καλοκαίρι*, περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ, Νο 129, Αύγουστος, - αφιέρωμα «Αρχιτεκτονική και Ενέργεια, σελ. 41-48.
- Αξάρη, Κ. (2013), *Φυσικός Αερισμός*, περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ, Νο 129, Αύγουστος, - αφιέρωμα «Αρχιτεκτονική και Ενέργεια, Αθήνα.
- Καλογιαννίδου, Β. (2013), *Ηλιοπροστασία και σκιασμός στις κατασκευές της Μεσογείου*, Αρχιτέκτων μηχανικός DPLG-PARIS, ΕΑΠ, Αθήνα.
- ΚΑΠΕ, (2014), *Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα*, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας, [www.cres.gr](http://www.cres.gr).
- ΚΑΠΕ, (2012), *Παθητικά συστήματα δροσισμού*, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, Enforce, Αθήνα.
- Κατσαρού, Μ. Κεφάλαια, Μ. (2011), *Συμβολή του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων μέσω σύγκρισης προγραμμάτων προσομοίωσης*, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής, Ιούλιος, Αθήνα.
- Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας (ΚΑΠΕ), (2014), *Παθητικά συστήματα δροσισμού*, Enforce, Intelligent energy Europe, Αθήνα.
- Μαρκάκη, Ζ. (2010), *Βιοκλιματικός και Οικολογικός Σχεδιασμός Κτιρίων*, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά.
- Νόμος 3661, *Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων*, Σχέδιο κανονισμού για την Ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων, ΚΕΝΑΚ.
- Οξυζίδης, Σ. (2009), *Τεχνικές Βελτίωσης Ενεργειακής Συμπεριφοράς Υφιστάμενων Κτιρίων – Τεχνικές και συστήματα δροσισμού χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας – Παρουσίαση μελετών περιπτώσεων*, Θ' Κύκλος Σεμιναρίων Μικρής Διάρκειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας / Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.
- Παναγόπουλος, Γ. (2006), *Σχεδίαση και κατασκευή μακέτας βιοκλιματικού σπιτιού*, Εργασία στο μάθημα της τεχνολογίας, Αθήνα.

- Προμπονάς, Γ. (2014), *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην Ελλάδα*, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας, Οκτώβριος, Ηράκλειο.
- Ρήγα, Μ. (2012), *Τεχνικές φυσικού δροσισμού υπαρχόντων κτιρίων*, Ιωνική, Εταιρεία Μηχανικών και Συμβούλων, Σάββατο 25 Αυγούστου, Θεσσαλονίκη.
- Σανταμούρης, Μ. (2012), *Εξοικονόμηση ενέργειας και ΑΠΕ στα κτίρια*, Τεχνική Ημερίδα για ενεργειακούς επιθεωρητές, Θεσσαλονίκη.
- Σπυροπούλου, Σ. (2013), *Τεχνικές φυσικού αερισμού ανάλογα με το κλίμα και το είδος των κτιρίων*, Μηχανικός περιβάλλοντος, [www.ktirio.gr](http://www.ktirio.gr), Αθήνα.
- Στασινόπουλος, Θ. (2001), *Φυσικός αερισμός*, Σημειώσεις για το μεταπτυχιακό μάθημα «Βιοκλιματικός σχεδιασμός», Τμήμα αρχιτεκτόνων ΕΜΠ, Αθήνα.
- Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας, (2011), Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, *Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων*, Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο, Ιανουάριος Αθήνα.
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. *Κλιματισμός κτιριακών χώρων* – 2423/1986 παράγραφος 203.2.2, πίνακας 2.

## Διαδικτυακές πηγές

---

- [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)
- [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos.htm)
- [http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1\\_41/df-b-aerismos.pdf](http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-b-aerismos.pdf)
- [http://news.ioniki.net/index.php/katoikia/adeies-kai-meletes/bioklimatikes-kataskeyes-kai-egkatakastaseis/item/182-technikes-fisikou-drosismou-iparxonton-ktirion#.VCZxdFdv\\_ER](http://news.ioniki.net/index.php/katoikia/adeies-kai-meletes/bioklimatikes-kataskeyes-kai-egkatakastaseis/item/182-technikes-fisikou-drosismou-iparxonton-ktirion#.VCZxdFdv_ER)
- [http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/eksoikononmhsh-energeias/stratigikes\\_exoikononmisis/drosismos/](http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/eksoikononmhsh-energeias/stratigikes_exoikononmisis/drosismos/)