

# ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ  
ΝΙΚΟΣ ΠΑΠΑΜΑΝΩΛΗΣ

10/16

# ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

Στάδια Βιώσιμου Ηλιακού Σχεδιασμού  
& Συγκριτική Θεωρητική Ανάλυση Επιλεγμένων  
Κτηρίων του Πολυτεχνείου Κρήτης

**Εκπόνηση Ερευνητικής Εργασίας Φοιτητή**

Στέφανου Κωνσταντινίδη

**Υπό την επίβλεψη του διδάσκοντα**

Νίκου Παπαμανώλη

**Με μέλη της εξεταστικής επιτροπής**

Μαρία Σταυρουλάκη

Ουγγρίνης Κωνσταντίνος-Αλκέτας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α

### ΑΝΘΡΩΠΟΤΗΤΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

[Α][3-6] Φως, Άνθρωπος & Αρχιτεκτονική

[Β][7-12] Οικολογικό Αποτύπωμα

[Γ][13-14] Θερμική Άνεση

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β

### ΒΙΩΣΙΜΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

#### Α. ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - Επιλογή Περιοχής Σχεδιασμού

[Α.1][15-16] Μακρο/Μεσο/Μικρο-κλίμα

[Α.2][17-19] Αρχιτεκτονική τοπίου

#### Β. ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ – Σύνθεση Κτηριακής Μορφολογίας

[Β.1][20] Κτηριακές Αναλογίες

[Β.2][21] Προσανατολισμός

[Β.3][22] Διάταξη εσωτερικών χώρων

#### Γ. ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - Σχεδιασμός Κελύφους

[Γ.1][23] Η έννοια του κελύφους & τα βασικά γνωρίσματα

##### ΕΝΟΤΗΤΑ Α- ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

[Γ.Α.1][24-26] Διατάξεις Άμεσης Δέσμευσης Ηλιακού Φωτός

[Γ.Α.2][27-32] Διατάξεις Ανάκλασης Ηλιακού Φωτός

##### ΕΝΟΤΗΤΑ Β- ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

[Γ.Β.1][33-35] Επιλογή κατάλληλων Υλικών Δόμησης & Επικάλυψης

[Γ.Β.2][36-37] Ανοίγματα

[Γ.Β.3][38-42] Συστήματα Έμμεσου Ηλιακού Κέρδους

[Γ.Β.4][43-44] Ηλιακοί Θερμικοί συλλέκτες

##### ΕΝΟΤΗΤΑ Γ- ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

[Γ.Γ.1][45-49] Σκiasμός

[Γ.Γ.2][50-52] Αξιοποίηση υπεδάφους

[Γ.Γ.3][53-54] Σύγχρονα συστήματα θερμικής αποθήκευσης

[Γ.Γ.4][55-60] Φυσικός Αερισμός

[Γ.Γ.5][61] Τεχνητός Αερισμός

[Γ.Γ.6][62-65] Ψύξη με Εξάτμιση

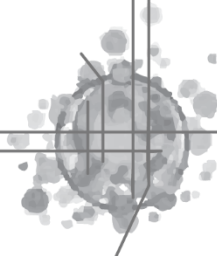
[Γ.Γ.7][66-67] Ψύξη με Ακτινοβολία

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ

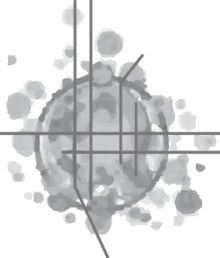
### ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

[Α] Ανάγνωση θερμικών συνθηκών και συνθηκών φωτισμού επιλεγμένων κτηρίων του πολυτεχνειακού συγκροτήματος.

[Β] Προτάσεις



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 'Α  
ΑΝΘΡΩΠΟΤΗΤΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ





# Α. Φως, Άνθρωπος, Αρχιτεκτονική

*"Lighting is not an exact science, but also an art that affects humans and objects."*  
Guide on Interior Lighting, International Commission on illumination, 1986

*"Designing with daylight is appealing in ways that working with artificial light can never be."*  
Christian Schittich, In DETAIL: Solar Architecture, 2003

Είναι σημαντικό να αναφερθεί η έντονη σύνδεση ψυχολογίας και φυσικού φωτισμού, ένας διάλογος που καλλιεργείται χιλιάδες χρόνια [Εικ. 1]. Φωτεινά και ηλιόλουστα εσωτερικά κτηρίων έχουν μετρήσιμα θετικά αποτελέσματα στην σωματική και ψυχική υγεία των ανθρώπινων όντων και μετριάζουν τις ανάγκες τεχνητού φωτισμού. <sup>(1)</sup>

**Η απόδοση των χρωμάτων του φυσικού φωτισμού, οι προκαλούμενες σκιάσεις και οι διακυμάνσεις της έντασης είναι τα μέσα με τα οποία οι άνθρωποι αξιολογούν την ποιότητα του φωτισμού.** Τα κριτήρια ικανοποίησης είναι εν μέρει σχετιζόμενα με τις πολιτιστικές καταβολές του εκάστοτε ανθρώπου, τις κλιματολογικές συνθήκες, την τοποθεσία και φυσικά τις προσωπικές εμπειρίες του. Ο βιορυθμός των ανθρώπων βασίζεται στην εναλλαγή μέρας-νύχτας, στην διάρκεια και ένταση της ηλιοφάνειας, καθώς και στην φασματική σύνθεση του φωτός. Αναλογιζόμενοι ότι οι άνθρωποι δεν ζούσαν πάντα σε περικλειστούς χώρους, μπορούμε εύκολα να κατανοήσουμε ότι η εργασία υπό αποκλειστικά τεχνητό φωτισμό μπορεί να οδηγήσει σε ασθένειες. Σε ορισμένα γεωγραφικά πλάτη (π.χ. Κεντρική-Βόρεια Ευρώπη), ενέχεται ο κίνδυνος ανεπαρκούς έκθεσης σε ηλιοφάνεια, ειδικά την χειμερινή περίοδο, να προκληθεί η πλήρως τεκμηριωμένη Εποχιακή Συναισθηματική Διαταραχή (Seasonal Affective Disorder) [Εικ. 2]. Γνωρίζουμε ότι προκειμένου να συγχρονιστεί το βιολογικό ρολόι του ανθρώπου απαιτούνται αρκετές ώρες έκθεσης του ματιού σε κάθετη ακτινοβολία, φωτεινής ισχύος τουλάχιστον 2500 Lux (ls/m<sup>2</sup>). <sup>(2)</sup>

**Η ελάχιστη οριζόμενη ένταση φωτισμού σε χώρους εργασίας είναι προδιαγεγραμμένη για οπτική επάρκεια και όχι για την ικανοποίηση του κερκαδικού συστήματος, που είναι το σύστημα που επηρεάζει ως επί το πλείστον τον βιορυθμό του ανθρώπου.** Η καθιερωμένη φωτεινή ισχύς των 500 Lux σε χώρους εργασίας απέχει πολύ από τις απαιτήσεις της ικανοποίησης του κερκαδικού συστήματος. Στο υποθετικό σενάριο όπου οι χώροι εργασίας παρείχαν τον απαραίτητο φωτισμό με την αποκλειστική χρήση τεχνητού φωτισμού, θα παρουσιαζόταν μια δραματική αύξηση του μέσου όρου κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό και κατά συνέπεια, της κατανάλωσης ενέργειας για δροσισμό. Επιπροσθέτως, η ποιότητα του φωτισμού μειώνεται αισθητά με την χρήση τεχνητού φωτισμού, διότι αποδίδει τμήματα του φάσματος, αλλοιώνοντας την εμφάνιση των χρωμάτων στους εσωτερικούς χώρους.



Εικ. 1: Μέγαρο του Σωκράτη, 469–397 π.Χ. Αποτελεί το πρώτο μοντέλο ηλιακής κατοικίας, με άνοιγμα στραμμένο προς το Νότο, κωνικής μορφής και με χώρους ανάσχεσης



Εικ. 2: Συμπτώματα της Εποχιακής Συναισθηματικής Διαταραχής την χειμερινή περίοδο (βουλιμία, αδικαιολόγητη αύξηση βάρους, εκτεταμένος ύπνος, κατάθλιψη) και την καλοκαιρινή περίοδο (απουσία διάθεσης διατροφής, ανεξήγητη απώλεια βάρους, αυπνία, οξυθυμία).

Η θερμοκρασία των χρωμάτων του πεδίου μικρού μήκους κυμάτων του ηλιακού φάσματος έχει θετική επιρροή στην παραγωγή ορμονών και οι εποχιακές αλλαγές του φωτός έχουν θετική επιρροή στην ψυχολογική διάθεση. Με δεδομένη την ισχύ φωτισμού, ο φυσικός φωτισμός έχει τον διπλάσιο αντίκτυπο στον κirkάδιο ρυθμό σε σύγκριση με τον τεχνητό φωτισμό προερχόμενο από λαμπτήρες πυρακτώσεως. Επιτυγχάνουμε θετική ψυχολογική επιρροή όταν τα δωμάτια εμφανίζονται φωτεινά και άνετα, καθώς υπάρχει άμεση σύνδεση με τις επιφάνειες που περιστοιχίζουν και περιορίζουν τον χώρο σε ένα δωμάτιο. Κατά συνέπεια ένα δωμάτιο που καλύπτεται κυρίως από σκουρόχρωμες επιφάνειες έχει ολοκληρωτικά διαφορετικό αντίκτυπο, από ένα δωμάτιο με ανοιχτόχρωμες επιφάνειες και ίδια ισχύ φωτισμού. <sup>(3)</sup>

Οι κατευθυντήριες γραμμές κτιριακού σχεδιασμού περιλαμβάνουν την τοποθέτηση ανοιγμάτων με απρόσκοπτη θέα, διότι οι πληροφορίες που εκλαμβάνει ο χρήστης εκ των έσω (σχετικά με την εποχή, τον καιρό κλπ) είναι απαραίτητα για την άνεση του στον χώρο. Οι εποχιακές και ημερήσιες μεταβολές του φωτός είναι απρόβλεπτες και συνεπώς παρακινούν το ενδιαφέρον του χρήστη. Στην περίπτωση νεφελώδους ουρανού κατευθύνεται ηλιακή ακτινοβολία ισχύος 10 000 Lx κατά μέσο όρο, ενώ το καλοκαίρι αυξάνεται η τιμή σε 100 000 Lx με καθαρό ουρανό. Το ηλιακό φως δεν είναι μόνο δωρεάν και δίχως αντί-περιβαλλοντολογικά παράγωγα, είναι και μακράν αποδοτικότερο με φωτεινή αποτελεσματικότητα (Luminous Efficacy) 110 Lumens ανά Watt, συγκρίνοντας με την λάμπα πυρακτώσεως 12 Lm/W ή την λάμπα φθορίου αποτελεσματικότητας 80 Lm/W.

Η αρχιτεκτονική που παρέχει βελτιστοποιημένες συνθήκες φυσικού ηλιακού φωτισμού, δύναται να μειώσει δραστικά τα λειτουργικά κόστη μη οικιστικών κτηρίων, χωρίς αξιοσημείωτη αύξηση του κόστους της κατασκευής. Συγκριτική παρατήρηση επιλεγμένων κτηρίων γραφείων έχει δείξει ότι στις περιπτώσεις όπου η λειτουργία του τεχνητού φωτισμού και των συστημάτων σκίασης εξαρτώνται από την θέση και παρουσία του ήλιου, η ενεργειακή εξοικονόμηση ετησίως μεταφράζεται σε 25 kW/m<sup>2</sup> ή προσεγγιστικά σε 2,5 €/m<sup>2</sup>.<sup>(4)</sup> Η δυνατότητα εξοικονόμησης ακόμη μεγαλύτερη σε όρους εργασιακού κόστους αν συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς η μείωση των παθήσεων και η αύξηση παραγωγικότητας των χρηστών. Σύμφωνα μάλιστα με ερευνητές, το όφελος από την ανάκτηση μίας πλήρους ημέρας εργασίας ανά εργαζόμενο ετησίως, ανταποκρίνεται σε 25 €/m<sup>2</sup>.<sup>(5)</sup> Όσο πιο άμεσα ενταχθεί η μεθοδευμένη χρήση ηλιακού φωτισμού στην σύγχρονη αρχιτεκτονική, τόσο συντομότερα θα μειώσουμε στο ελάχιστο τα μέσα τεχνητού φωτισμού, το κόστος της παρασκευής και της λειτουργίας τους [Εικ. 3 & 4].



Εικ. 3 & 4: Mt Airy Public Library, N. Carolina

Pease & Associates, E. Marzia, 1982

Αριστερά, ο χώρος ανάγνωσης και δεξιά, η όψη της κεντρικής εισόδου. Σε σύγκριση με ένα μικρό εμπορικό κτήριο με ενεργειακή κατανάλωση 20.000 Btu/feet<sup>2</sup> ετησίως για φωτισμό, η δημόσια βιβλιοθήκη του Mt Airy καλύπτει τα ανάγκες φωτισμού με 2.691 Btu/feet<sup>2</sup> Δηλαδή πάνω από 86% εξοικονόμηση ενέργειας με φωτισμό ελκυστικό και αισθησιακά ανώτερο.



Ο φωτισμός μπορεί να βοηθήσει ένα άτομο να ξεναγηθεί σε έναν καινούργιο χώρο. Ο φωτισμός μπορεί να βοηθήσει την συγκρότηση συναισθημάτων ενθουσιασμού σε έναν θεματικό χώρο ή γαλήνης και ηρεμίας σε έναν ιερό χώρο. Μπορεί επίσης να προσδώσει το συναίσθημα μυστηρίου μίας θεατρικής παράστασης, όπως επίσης το συναίσθημα της απέχθειας σε έναν χώρο όπου υπό διαφορετικές συνθήκες φωτισμού θα ήταν ευχάριστος.

Ο John Flynn <sup>(6)</sup> εξέτασε την ανθρώπινη ανταπόκριση στον φωτισμό, μελετώντας μία σειρά υποκειμενικών εντυπώσεων σχετιζόμενων με αρχιτεκτονικές διατάξεις, προκειμένου να προσδιορίσει ποιες από αυτές τις εντυπώσεις επηρεάζονται από εναλλαγές των ερεθισμάτων φωτισμού. Σύμφωνα με την έρευνα του, οι εντυπώσεις άνεσης χώρου, οπτικής ευκρίνειας, ιδιωτικότητας, ευχαρίστησης, χαλάρωσης, πολυπλοκότητας, επηρεάζονται ριζικά από τα ερεθίσματα του φωτός. Με την σύνδεση συναισθημάτων και φωτισμού, ο Flynn απέδειξε ότι ο αρχιτεκτονικός φωτισμός παίζει μακράν σημαντικότερο ρόλο στην ανθρώπινη εμπειρία από απλά ένα μέσο παραγωγής σε χώρους εργασίας.

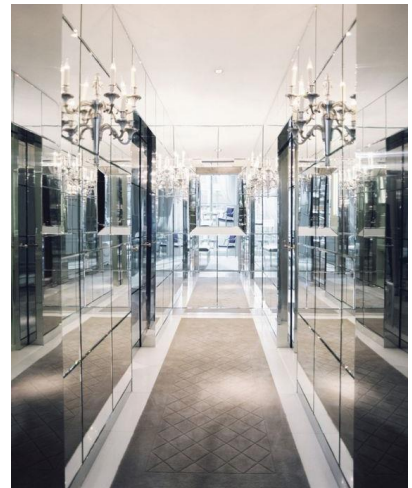
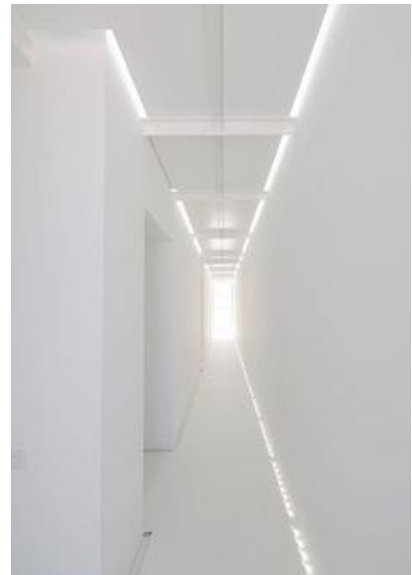
Ο Flynn αναγνώρισε 4 παραμέτρους τις οποίες αποκάλεσε «καταστάσεις φωτισμού» και αποτελούν δίπολα μεταξύ ακραίων συνθηκών. Οι σχεδιαστικές παράμετροι βοηθούν τους σχεδιαστές να διαμορφώσουν τα περιβάλλοντα που επιθυμούν και να εκμαιεύσουν συγκεκριμένες εντυπώσεις είτε εκούσια είτε ακούσια:

- Έντονος-χαμηλός φωτισμός
- Ενιαίος-τμηματικός φωτισμός
- Κεντρικός-περιμετρικός φωτισμός
- Ζεστός-ψυχρός φωτισμός

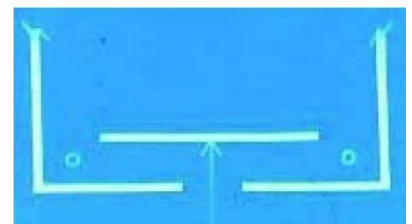
Σε δίπολα κατατάσσονται, κατά Flynn, και οι εκμαιευμένες χωρικές εντυπώσεις του επισκέπτη που θεωρούν τον χώρο ως:

- Ευχάριστο ή Δυσάρεστο
- Δημόσιο ή Ιδιωτικό
- Άνετο ή Περιορισμένο
- Οπτικά ευκρινή ή Αμυδρού φωτισμού
- Ξεκούραστο ή Κινητοποίησης.

Προφανώς, υπάρχουν πολλά στοιχεία στον χώρο που επηρεάζουν την αίσθηση που αποπνέει στους χρήστες, σχεδιάζοντας παρόλα αυτά τον φωτισμό σε αρμονία με τα στοιχεία αυτά, επισημαίνεται στο μέγιστο η αίσθηση που θέλει να προσδώσει ο σχεδιαστής. Παρακάτω παρουσιάζονται οι προδιαγραφές του φωτισμού στον χώρο αναλόγως με το ύψος που είναι επιθυμητό να επιτευχθεί. Για την επίτευξη αντίθετου ύψους, αντιστρέφονται και οι αντίστοιχες προδιαγραφές.<sup>(7)</sup>



Εικ. 6 & 7: Πάνω, η απόχρωση και η ένταση φωτισμού των οριζόντιων και κάθετων επιφανειών είναι σχεδόν όμοιες. Αυτό αποτελεί πρόβλημα, ιδιαίτερα για έναν ηλικιωμένο, και είναι ο λόγος που ο σχεδιαστής τονίζει τις ακμές με μεγαλύτερη ένταση φωτισμού. Κάτω, το πρόβλημα που εντοπίζεται είναι όμοιας φύσεως αλλά με αιτία τις περιμετρικές ανακλαστικές επιφάνειες.



Εικ. 8: Σε μελέτη που διεξήχθη από τους Taylor & Suncn (1974) ζητήθηκε από ανθρώπους να περπατήσουν ως τον τοίχο που φαίνεται στην κάτωψη και να διαβάσουν τις οδηγίες που βρίσκονται σε αυτόν. Οι οδηγίες τους προέτρεπαν να πάνε πίσω από τον τοίχο και να συμπληρώσουν μία άσκηση στο χαρτί που τους περίμενε στον επόμενο χώρο. Στην πρώτη φάση της έρευνας, οι διάδρομοι δεξιά και αριστερά του τοίχου οδηγίων φωτίζονταν εξίσου με αποτέλεσμα το 69% των ατόμων να πορευθούν από την δεξιά πλευρά. Όταν όμως η αριστερή διαδρομή διέθετε μεγαλύτερη ένταση φωτισμού, το 75% των ατόμων επέλεξε την φωτεινότερη πορεία. Στην ουσία, η έρευνα κατέληξε ότι οι άνθρωποι λειτουργούν ως σκώροι, ελκόμενοι από την φωτεινότητα.

### ➤ Ευχάριστος Χώρος

Χρήση φωτισμού τοίχων, αντί να παρέχεται η πλειονότητα του φωτισμού από την οροφή του χώρου. Χρήση σημειακού φωτισμού περιμετρικά. Η συνολική φωτεινότητα πρέπει να αντιστοιχεί στο οπτικό έργο που επιτελείται στον χώρο και να μην αποτελεί τροχοπέδη αυτού.

### ➤ Δημόσιος Χώρος

Κατανομή φωτισμού από κεντρική, υπερυψωμένη στάθμη σε μεγάλη ένταση.

### ➤ Άνετος Χώρος

Υψηλά επίπεδα ενιαίου φωτισμού, με ίση κατανομή στις επιφάνειες του χώρου.

### ➤ Χώρος Ανάπαυσης/Ξεκούρασης

Χρήση σημειακού φωτισμού, έμμεσος φωτισμός από τους περιμετρικούς τοίχους και χαμηλή ένταση φωτισμού.

### ➤ Χώρος Εργασίας

Περιμετρικός φωτισμός, με υψηλότερη στοχευμένη στάθμη στα σημεία/επιφάνειες εργασίας.

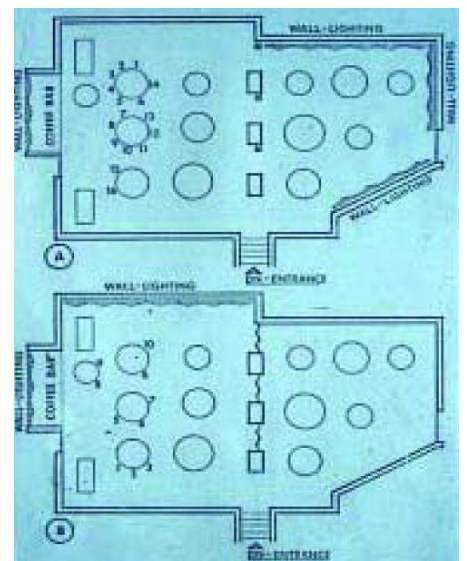
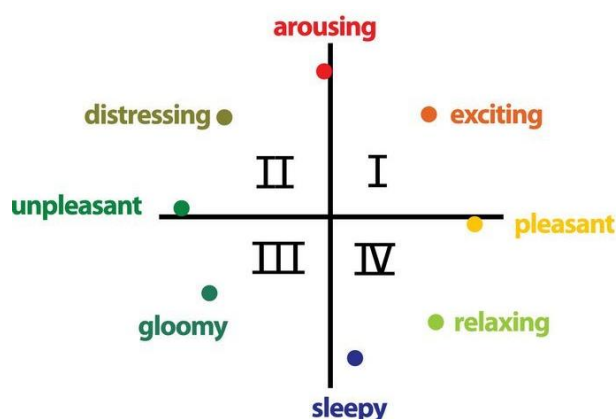


Εικ. 9: Όταν σχεδιάζεται ένα σημείο εστίασης ενδιαφέροντος, το οποίο φωτίζεται αυξάνοντας την αντίθεση του σημείου από το περιβάλλον του, παρουσιάζεται μεγαλύτερος αντίκτυπος στον ενδιαφέρον του θεατή.

**Ο Russell P. Leslie καθορίζει το αίσθημα της ευχαρίστησης και της έξαρσης ως τους κύριους τρόπους με τους οποίους αντιδρούμε στο περιβάλλον.** Σύμφωνα με αυτόν, όταν εισέρχεται ένα άτομο σε έναν καινούργιο χώρο, τοποθετεί άμεσα αυτόν σε ένα από τα 4 τεταρτημόρια που ορίζονται από τους άξονες της ευχαρίστησης και της έξαρσης. [Εικ. 5]

Κατά συνέπεια των άνωθεν, η συμπεριφορά των ανθρώπων στον εκάστοτε χώρο επηρεάζεται από τον φωτισμό με χαρακτηριστικά παραδείγματα:

- Η οπτική επαφή των σημείων που ενώνονται οι οριζόντιες και κάθετες επιφάνειες βοηθούν τον προσανατολισμό του επισκέπτη. [Εικ. 6 & 7]
- Οι επισκέπτες ακολουθούν υποσυνείδητα το φωτεινότερο μονοπάτι για να διαγράψουν την πορεία τους [Εικ. 8].
- Η σημειακή φωτεινή αντίθεση συγκεντρώνει την προσοχή του επισκέπτη. [Εικ. 9]
- Η οπτική επαφή προς φωτεινούς τοίχους αποτελεί προτίμηση [Εικ. 10].
- Ο φωτισμός επηρεάζει τη στάση του σώματος. Σχετικό παράδειγμα αποτελεί η αλλαγή στάσης όταν η αντιηλιά προσπίπτει στην οθόνη του υπολογιστή ή όταν επιχειρείται η ανάγνωση από κατοπτρικές επιφάνειες.



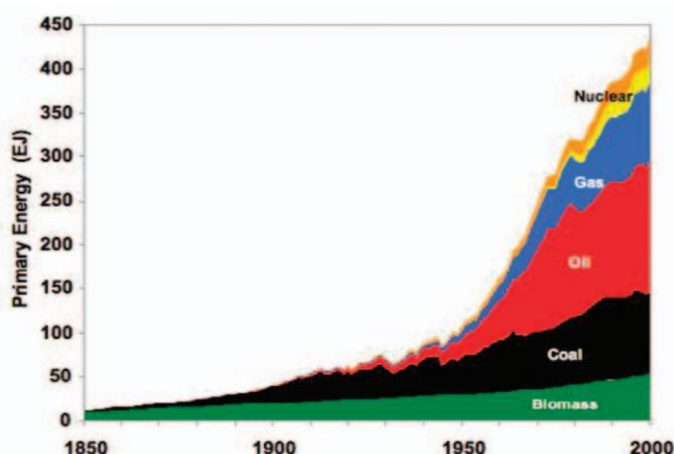
Εικ. 10: Στις κατόψεις που παρουσιάζονται στην εικόνα, οι επισκέπτες που εισήλθαν πρώτοι διάλεξαν θέσεις που ήταν στραμμένες σε τοίχους φωτιζόμενους. Σχετικές έρευνες έδειξαν ότι οι άνθρωποι δεν προτιμούν να κάθονται σε φωτεινά σημεία, αλλά προτιμούν να κοιτούν προς φωτεινά σημεία. Τόσο ο John Flynn όσο και ο David Loe, έχουν διεξάγει έρευνες που καταλήγουν στο πλέον δεδομένο ότι οι άνθρωποι προτιμούν χώρους με φωτιζόμενες τοιχοποιίες.

Εικ. 5: Κατηγοριοποίηση της Θεωρίας του Russell αναφορικά με τις ανθρώπινες αντιδράσεις σε νέα περιβάλλοντα.

## Β. Οικολογικό Αποτύπωμα

### Συνέπειες & Προσπάθειες Ανάσχεσης

Έτος 2015, τα περιορισμένα ορυκτά καύσιμα αποτελούν ακόμη την βάση των ενεργειακών μας απολαβών, ειδικά για την θέρμανση των κατοικιών [Εικ. 11]. Οι ετήσιες ανακαλύψεις κοιτασμάτων δεν προσεγγίζουν την ετήσια κατανάλωση των περασμένων χρόνων, τα κόστη επαυξάνονται διαρκώς και οι συγκρούσεις ενδιαφερόντων γύρω από τις περιορισμένες πηγές επιφέρουν δυστυχία στους γηγενείς πληθυσμούς. Σε πρώτη φάση η Βιομηχανική Επανάσταση και σε δεύτερη φάση ο 2ος Παγκόσμιος Πόλεμος, ώθησαν την εξέλιξη της ανθρωπότητας και κατά συνέπεια την παραγωγή ενέργειας, με ρυθμούς απροσδόκητους, ανεπανάληπτους και περιβαλλοντολογικά καταστροφικούς. **Μεταξύ του 1800 και 2000, ο πληθυσμός της γης εξαπλασιάστηκε (x6), η διεθνής οικονομία πενηνταπλασιάστηκε (x50) και η κατανάλωση ενέργειας σαρανταπλασιάστηκε (x40).** <sup>(8)</sup> Πιθανώς η εποχή της εντατικής χρήσης ορυκτών καυσίμων για την συντήρηση του αστικού μας περιβάλλοντος, να θεωρηθεί μελλοντικά ως απλώς μία φάση της ανθρωπότητας και είναι στο χέρι μας να φέρουμε το μέλλον αυτό μία μέρα νωρίτερα, προτού φτάσουμε σε περισσότερες μη αναστρέψιμες καταστάσεις. Είναι σημαντικό να παρουσιαστούν μερικά εκ των σημαντικότερων προβλημάτων που έχουν προκύψει από την αλόγιστη καύση ορυκτών καυσίμων των τελευταίων χρόνων της ανθρωπότητας στον παρακάτω πίνακα. <sup>(9)</sup>



Εικ. 11: Γραφική παράσταση των καυσίμων της περιόδου 1850-2000 σε παγκόσμια κλίμακα. Nebojsa Nakicenovic, TU-Wien & IIASA 2003  
Είναι εμφανής η μείωση χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατ' αναλογία χρήσεως ορυκτών καυσίμων, όπως και η κορύφωση των δευτέρων από την αρχή της Βιομηχανικής Επανάστασης και ιδιαίτερα μετά το 1950. Έως το 2000 τα ενεργειακά συστήματα βασισμένα στα ορυκτά καύσιμα, παρήγαγαν το 80% της απαιτούμενης συνολικής ενέργειας της διεθνούς οικονομίας. Από πάνω προς τα κάτω: Πυρηνική παραγωγή ενέργειας, Αερίου, Πετρελαίου, Κάρβουνου και τέλος Βιομάζας.

<b>Αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)</b>	Προκαλεί το γνωστό <b>Φαινόμενο του Θερμοκηπίου</b>
<b>Η μείωση του πάχους του στρώματος του όζοντος</b>	Το πάχος αυτού του στρώματος έχει τα τελευταία χρόνια μειωθεί σε ποσοστό <b>50%</b> περίπου σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες, με αποτέλεσμα να διεισδύει η επικίνδυνη <b>κοσμική ακτινοβολία</b> .
<b>Οι εκπομπές των οξειδίων του θείου και του αζώτου</b>	Παράγονται στα εργοστάσια με την καύση ορυκτών καυσίμων, προκαλούν την <b>όξινη βροχή</b> , η οποία με την σειρά της προκαλεί την καταστροφή των δασών.
<b>Η αύξηση των ρύπων στα μεγάλα αστικά κέντρα</b>	Αποτέλεσμα είναι το <b>φωτοχημικό νέφος</b> .
<b>Το φαινόμενο της “Θερμής Νησίδας”</b>	Παρατηρείται κυρίως το καλοκαίρι και οφείλεται στην <b>συγκράτηση μεγάλης ποσότητας θερμότητας</b> από τα κτήρια, την άσφαλτο στους δρόμους και την έλλειψη πρασίνου.
<b>Θερμική μόλυνση</b>	Κάθε μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας, λόγω εντροπίας, υποβαθμίζεται τελικά σε θερμότητα, η οποία προκαλεί <b>αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη</b> .



Τα άνωθεν ζητήματα αποτελούν την ορατή κορυφή του “παγόβουνου” καθώς είναι πολλά εκείνα τα ζητήματα που δεν είναι ορατά ή αλλιώς, ευρέως γνωστά και αντιληπτά.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα απρόσμενης συνέπειας της καύσης ορυκτών καυσίμων είναι η, ευρέως διαδεδομένη μέχρι πρότινος, προσθήκη του μόλυβδου στην βενζίνη κίνησης. Ο ερευνητής Rick Nevin απέδωσε μέσω των ερευνών του την ραγδαία αύξηση της νεανικής εγκληματικότητας στις ΗΠΑ ως αποτέλεσμα της έκθεσης των ατόμων στο μόλυβδο [Εικ. 12 & 13].

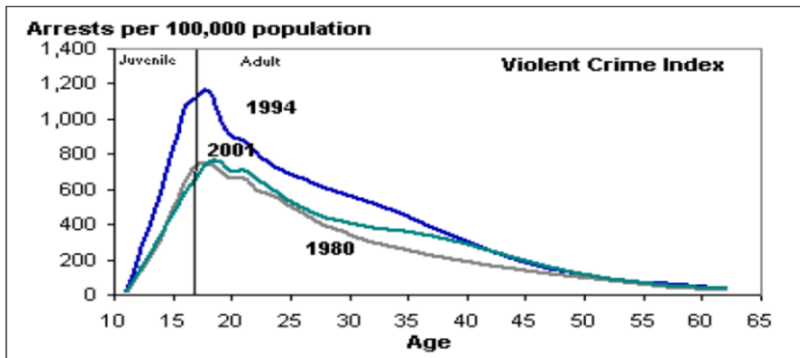
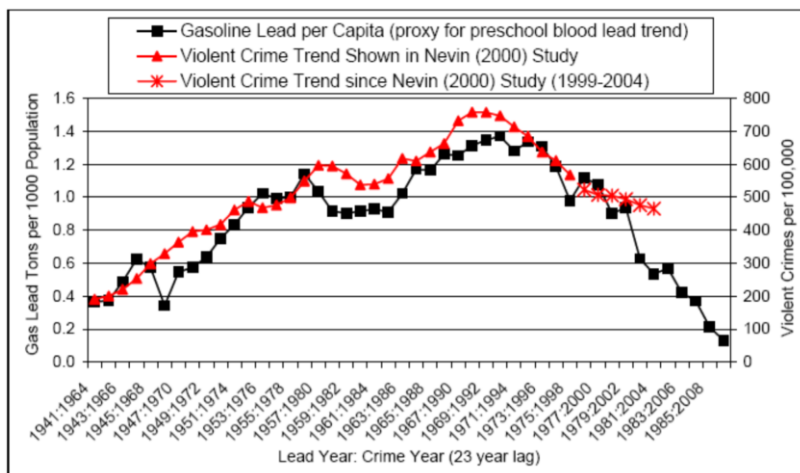
Λαμβάνοντας τα δεδομένα 2 εκτενώς ανεπτυγμένων χωρών, στην Γερμανία οι κατοικίες ευθύνονται για 40% της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, τιμή υψηλότερη εκείνης της βιομηχανίας ή των μέσων μετακίνησης.<sup>(10)</sup> Στις ΗΠΑ,

καταλογίζεται στα κτίρια το 39% της συνολικής εκπομπής CO<sub>2</sub> <sup>(11)</sup>, ενώ στην παγκόσμια κλίμακα τα κτίρια απορροφούν το 40% των πρώτων υλών <sup>(12)</sup>. Το σύνθημα “Πίσω στην φύση” είναι αρκετά διαδεδομένο, αλλά παρόλα αυτά είναι κοντόφθαλμο και μη λογικό. Δεν μπορούμε να παράγουμε

αρχιτεκτονική πανομοιότυπη της εποχής προ ορυκτών καυσίμων. Η βολική και σχεδόν παγκόσμια διαθέσιμη παροχή ενέργειας έχει ανεβάσει τις προσδοκίες και τον πήχη των αναγκών μας και δεν είναι πιθανό να αφήσει πίσω η ανθρωπότητα τις ανέσεις αυτές.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση υποστηρίζει ένθερμα και έμπρακτα τις στρατηγικές “Αειφόρου Ανάπτυξης”, προδιαγράφοντας ήδη από το 2001 την έννοια του όρου, ως την **ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της σημερινής γενιάς, χωρίς να διακυβεύεται η ικανοποίηση των αναγκών των μελλοντικών γενεών** <sup>(13)</sup>. Το 1973 με την πρώτη πετρελαϊκή κρίση, οι δυτικές χώρες, κυρίως της Ευρώπης, συνειδητοποίησαν ότι η οικονομική αλλά και η καθημερινή ζωή των πολιτών τους εξαρτάται από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Βέβαια είναι σίγουρο ότι εάν η ΕΕ διέθετε ίδιους ορυκτούς πόρους και δεν εξαρτώταν από άλλες χώρες για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών, δεν θα δινόταν όμοιας τάξεως έμφαση στην αποσύζευξη της οικονομικής ανάπτυξης από την χρήση μη ανανεώσιμων πόρων. Κέντρο βάρους της Αειφόρου Ανάπτυξης αποτελούν οι “**Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**”, που αναλύονται στην Ηλιακή, Αιολική, Γεωθερμία, Βιομάζα και στις Υδατοπτώσεις.

Οδηγούμενοι στον τομέα όπου δραστηριοποιούμαστε ο “**Βιοκλιματικός Σχεδιασμός**” δίνει τις απαντήσεις και την βάση των περιβαλλοντολογικών μας αναζητήσεων. Ο όρος Βιοκλιματικός Σχεδιασμός ανταποκρίνεται πληρέστερα στην αντίληψη εναρμόνισης των κτιρίων με το κλίμα και το περιβάλλον, διασφαλίζοντας παράλληλα άνετη και υγιεινή διαβίωση του ανθρώπου μέσα στα κτίρια, αλλά και στον εξωτερικό χώρο. Στοχεύει στην διασφάλιση καθαρότερου περιβάλλοντος λόγω του περιορισμού των αερίων ρύπων από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα. Ουσιαστικά αποσκοπεί στην δημιουργία ενός ελκυστικού περιβάλλοντος, το οποίο μπορεί να δεσμεύει την φυσική ενέργεια που παράγεται από ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Εικ. 12 & 13: Γραφική παράσταση των τάσεων βίαιου εγκλήματος και έκθεσης σε μόλυβδο, σε αντιπαράθεση με την αναλογία συλλήψεων ανά ηλικία.

Το 2000, ο Nevin συμπεραίνει ότι η εκτενής χρήση αμόλυβδου στην βενζίνη την περίοδο 1941-1975 εξηγεί κατά 90% την διαφοροποίηση στην εγκληματική τάση από το 1964 στο 1998, όπου αυτή η διαφορά των 23 χρόνων είναι συνεπής με τις νευρο-συμπεριφορικές επιπτώσεις της έκθεσης σε μόλυβδο κατά την νηπιακή ηλικία και την τυπική ηλικία των βίαιων παραβατών.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αναγνωρίζει την ρυθμιστική επίδραση της τοπογραφίας, του τοπίου, του νερού, την ικανότητα των ελεύθερων χώρων να μεγιστοποιούν ή να ελαχιστοποιούν την διείσδυση του ήλιου και του ανέμου και αναδεικνύει τον σημαντικό ρόλο του σχεδιασμού, προκειμένου να επιτευχθούν οι επιδιωκόμενοι στόχοι. Σε αρμονία με τις αρχές της Αειφόρου Ανάπτυξης και τις βλέψεις της ΕΕ, διατυπώνονται παρακάτω οι **ΚινητήριΟι Άξονες** του βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως επίσης και οι **Επιδιώξεις** των βιοκλιματικών κτιρίων.

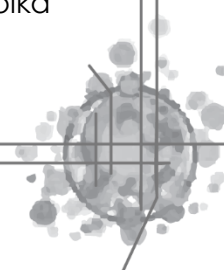
ΚινητήριΟι Άξονες	Επιδιώξεις
Προστασία του περιβάλλοντος	Φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα
Απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα	Αποθήκη θερμότητας
Εξοικονόμηση χρήματος	Παγίδα θερμότητας
	Αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι

Δίνοντας βαρύτητα σε μερικούς απλούς κανόνες, η ηλιακή αρχιτεκτονική μπορεί να αποτελέσει τον πιο αποδοτικό και βαθμιαίο παράγοντα στην διαδικασία ανεύρεσης ενεργειακού κέρδους και της διατήρησης αυτού. Καθώς οι ανάγκες θέρμανσης του κτηρίου μειώνονται με την αξιοποίηση του ήλιου, το οικολογικό αποτύπωμα αυτού συρρικνώνεται με λιγότερες παραγόμενες ποσότητες CO<sup>2</sup>. Προκειμένου να προσδιοριστεί το **οικολογικό αποτύπωμα** των αρχιτεκτονικών έργων και συνάμα να προφυλάσσονται οι πολίτες από ψευδείς ισχυρισμούς των κατασκευαστών που υπόσχονται εκπληκτικές ενεργειακές αποδόσεις και αυτάρκεια, εδραιώθηκε από το **USGBC** (US Green Building Council) το συγκριτικό σύστημα αξιολόγησης **LEED** (Leadership in Energy & Environmental Design), για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την λειτουργία των Πράσινων κτιρίων. Σύμφωνα με το USGBC, το σύστημα LEED αποτελεί μια ολιστική προσέγγιση της βιωσιμότητας, αναγνωρίζοντας αποδόσεις σε 5 τομείς της ανθρώπινης και περιβαλλοντολογικής υγείας: βιώσιμη διαμόρφωση πεδίου, εξοικονόμηση νερού, ενεργειακή απόδοση, επιλογή υλικών, ποιότητα περιβάλλοντος εσωτερικού χώρου [Εικ. 14]. Το USGBC δεν πιστοποιεί μόνο αρχιτεκτονικά έργα, άλλα και επαγγελματίες κατασκευαστές [Εικ. 15, 16 & 17].

Προσεγγίζοντας τα σημερινά δεδομένα της Ελλάδας, η κατάσταση είναι αναμενόμενα λιγότερο ορχηστρωμένη και ετεροκατευθυνόμενη, βασιζόμενη σε Κοινοτικές οδηγίες. Στο πλαίσιο λοιπόν της Κοινοτικής Οδηγίας **91/2002/ΕΚ** «για την **Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων**», η χώρα μας είχε την υποχρέωση να εναρμονιστεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 με την έκδοση και την εφαρμογή σχετικών νομοθετικών διατάξεων. Το πρώτο βήμα για την εναρμόνισή μας με την Κοινοτική Οδηγία αυτή ήταν η έκδοση του Ν. **3661/2008** (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις». Βάσει του νόμου υπήρχε η υποχρέωση έκδοσης σχετικού **«Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων» (Κ.Εν.Α.Κ. - ΦΕΚ 407 'B 30-3-2010)** στον οποίο, μεταξύ άλλων, καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων κτηρίων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης τους. <sup>(14)</sup>

Αντιπαραθέτοντας το σύστημα αξιολόγησης LEED του USGBC και τον ΚΕνΑΚ που εφαρμόζεται στην Ελλάδα, παρατηρούμε ότι ο ΚΕνΑΚ υστερεί μονάχα σε έναν από τους 5 τομείς αξιολόγησης που περιγράφει το σύστημα LEED, εκείνον της εξοικονόμησης του νερού. Η μεθοδολογία υπολογισμών του ΚΕνΑΚ λαμβάνει υπόψη τις ακόλουθες παραμέτρους <sup>(15)</sup> :

- Τα Κλιματικά Δεδομένα της περιοχής (θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, υγρασία, κ.α.)
- Επιθυμητές Συνθήκες Εσωτερικού Περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, κ.α.) την περίοδο λειτουργίας του κτηρίου (σε ώρες) και τον αριθμό των ενοίκων.
- Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων. (διαφανείς και μη επιφάνειες, εσωτερικά χωρίσματα, κ.α.) του κτηριακού κελύφους



- Θερμικά Χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων. Θερμοπερατότητα, απορροφητικότητα στην ηλιακή ικανότητα, ανακλαστικότητα, κ.α. στα οποία θα περιλαμβάνεται ο προσανατολισμός και ο συντελεστής σκίασης ανά στοιχείο.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά της κεντρικής εγκατάστασης παραγωγής και διανομής ζεστού νερού για την θέρμανση των χώρων.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων ψύξης.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος Μηχανικού Αερισμού.
- Παθητικά Ηλιακά συστήματα.
- Συστήματα ΑΠΕ, όπως φωτοβολταϊκά, ηλιακοί συλλέκτες, ηλιακή και γεωθερμική θέρμανση/ψύξη.
- Συστήματα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού & Θερμότητας.
- Συστήματα Τηλεθέρμανσης
- Συστήματα Διαχείρισης ενέργειας, Αυτοματισμοί.
- Ενεργειακή κατανάλωση Τεχνητού Φωτισμού.

Με τις άνωθεν παραμέτρους, ολοκληρώνοντας τους απαιτούμενους υπολογισμούς και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με εκείνα του εικονικού κτήριο αναφοράς, το εξεταζόμενο κτήριο κατατάσσεται στην κλίμακα των ενεργειακών κατηγοριών.

## LEED Credit Categories



Εικ. 14: Ενότητες κλειδιά της ενεργειακής αξιολόγησης κτηρίων βάσει του προτύπου LEED.



**Tierra Firme****LEED BD+C: Core and Shell (v2009)****GOLD, AWARDED JUN 2015****SUSTAINABLE SITES****AWARDED: 27 / 28**

SSc1	Site selection	1 / 1
SSc2	Development density and community connectivity	5 / 5
SSc3	Brownfield redevelopment	1 / 1
SSc4.1	Alternative transportation - public transportation access	6 / 6
SSc4.2	Alternative transportation - bicycle storage and changing rooms	2 / 2
SSc4.3	Alternative transportation - low-emitting and fuel-efficient vehicles	3 / 3
SSc4.4	Alternative transportation - parking capacity	2 / 2
SSc5.1	Site development - protect or restore habitat	1 / 1
SSc5.2	Site development - maximize open space	1 / 1
SSc6.1	Stormwater design - quantity control	1 / 1
SSc6.2	Stormwater design - quality control	1 / 1
SSc7.1	Heat island effect - nonroof	1 / 1
SSc7.2	Heat island effect - roof	1 / 1
SSc8	Light pollution reduction	0 / 1
SSc9	Tenant design and construction guidelines	1 / 1

**WATER EFFICIENCY****AWARDED: 10 / 10**

WEc1	Water efficient landscaping	4 / 4
WEc2	Innovative wastewater technologies	2 / 2
WEc3	Water use reduction	4 / 4

**ENERGY & ATMOSPHERE****AWARDED: 15 / 37**

EAc1	Optimize energy performance	7 / 21
EAc2	On-site renewable energy	0 / 4
EAc3	Enhanced commissioning	2 / 2
EAc4	Enhanced refrigerant Mgmt	0 / 2
EAc5.1	Measurement and verification - base building	6 / 3
EAc5.2	Measurement and verification - tenant submetering	0 / 3
EAc6	Green power	0 / 2

**MATERIAL & RESOURCES****AWARDED: 5 / 13**

MRc1	Building reuse - maintain existing walls, floors and roof	0 / 5
MRc2	Construction waste Mgmt	1 / 2
MRc3	Materials reuse	0 / 1

**MATERIAL & RESOURCES****CONTINUED**

MRc4	Recycled content	2 / 2
MRc5	Regional materials	2 / 2
MRc6	Certified wood	0 / 1

**INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY****AWARDED: 6 / 12**

EQc1	Outdoor air delivery monitoring	0 / 1
EQc2	Increased ventilation	1 / 1
EQc3	Construction IAQ Mgmt plan - during construction	1 / 1
EQc4.1	Low-emitting materials - adhesives and sealants	1 / 1
EQc4.2	Low-emitting materials - paints and coatings	1 / 1
EQc4.3	Low-emitting materials - flooring systems	1 / 1
EQc4.4	Low-emitting materials - composite wood and agrifiber products	0 / 1
EQc5	Indoor chemical and pollutant source control	0 / 1
EQc6	Controllability of systems - thermal comfort	1 / 1
EQc7	Thermal comfort - design	0 / 1
EQc8.1	Daylight and views - daylight	0 / 1
EQc8.2	Daylight and views - views	0 / 1

**INNOVATION****AWARDED: 4 / 6**

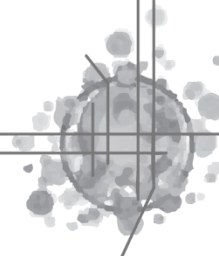
IDc1	Innovation in design	3 / 5
IDc2	LEED Accredited Professional	1 / 1

**REGIONAL PRIORITY****AWARDED: 4 / 4**

EAc1	Optimize energy performance	0 / 1
EAc3	Enhanced commissioning	1 / 1
EAc5.1	Measurement and verification - base building	0 / 1
EQc8.1	Daylight and views - daylight	0 / 1
WEc1	Water efficient landscaping	1 / 1
WEc2	Innovative wastewater technologies	1 / 1
WEc3	Water use reduction	1 / 1

**TOTAL****71 / 110**

Εικ. 15-17: Παράδειγμα αξιολόγησης δεδομένου κτηρίου στην κλίμακα του LEED.





Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του ΚΕΝΑΚ συνοψίζονται και παραδίδονται από τον Ενεργειακό επιθεωρητή προς τον εκάστοτε ιδιοκτήτη σε έντυπο 2 φύλλων, με τίτλο **«Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης»** ή αλλιώς Π.Ε.Α. [Εικ. 18 & 19]. Περιέχει όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ενεργειακή κατανάλωση του ακινήτου ενώ ταυτόχρονα το κατατάσσει σε μια από τις ενεργειακές κατηγορίες **A+** έως **H**. Όλα τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια πρέπει να έχουν Ενεργειακή Απόδοση ίση ή μεγαλύτερη της Κατηγορίας B, όπου ανήκει το κτήριο αναφοράς. Καθορίζεται πλέον ως προ-απαιτούμενη, μία σειρά βιοκλιματικών εφαρμογών, αφαιρώντας από τον κατασκευαστή την δυσκολία παρακίνησης του ιδιώτη προς μια κατεύθυνση περιβαλλοντολογικής ευσυνειδησίας. Συνοπτικά και αναφορικά με τον σχεδιασμό των κτηρίων, ο αρχιτέκτονας πρέπει να λάβει υπόψιν τις εξής παραμέτρους (16):

- **Χωροθέτηση & Προσανατολισμός** κτηρίου.  
(Μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών)
- **Χωροθέτηση & Προσανατολισμός** ανοιγμάτων
- Διαμόρφωση **Περιβάλλοντα Χώρου**.  
(Βελτίωση μικροκλίματος)
- **Χωροθέτηση Λειτουργιών**.  
(Με βάση την χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης - θερμικές, φυσικού φωτισμού, αερισμού)
- Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των **Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων**.  
(Άμεσο ηλιακό κέρδος, τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος, κ.α.)
- **Ηλιοπροστασία** κατά την θερινή περίοδο.
- Ένταξη τεχνικών **φυσικού αερισμού**.  
**Οπτική άνεση**.  
(Με τεχνικές & συστήματα φυσικού φωτισμού)

Εικ. 18 & 19: Οι δύο σελίδες του ΠΕΑ δεδομένου κτηρίου, οι οποίες ενέχουν μια σύντομη περιγραφή προτεινόμενων μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του ακινήτου, οι οποίες ιεραρχούνται σε σχέση με το κόστος - όφελος και δεν είναι υποχρεωτικές ως προς την υλοποίησή τους.

Α.Π. 123456/2012 Α.Α. ABC30-J0Y4Y-N3A06-M

ΧΡΗΣΗ: Κατοικήσιμα		
Κτίριο <input type="checkbox"/>	Τμήμα κτηρίου <input checked="" type="checkbox"/>	
Αριθμός ιδιοκτησίας: 1		
Κλιματική Ζώνη: B		
Διεύθυνση: Τ.Κ.: 17237		
Πόλη: ΥΜΗΤΤΟΣ		
Έτος κατασκευής: 2008		
Συνολική επιφάνεια [m²]: 127.0		
Θερμανόμενη επιφάνεια [m²]: 127.0		
Όνομα ιδιοκτήτη:		
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>		
ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
EP ≤ 0.33 · Re <b>A+</b>		
0.33 · Re < EP ≤ 0.5 · Re <b>A</b>		
0.5 · Re < EP ≤ 0.75 · Re <b>B+</b>		
0.75 · Re < EP ≤ 1.0 · Re <b>B</b>		
1.0 · Re < EP ≤ 1.41 · Re <b>Γ</b>		<b>Γ</b>
1.41 · Re < EP ≤ 1.82 · Re <b>Δ</b>		
1.82 · Re < EP ≤ 2.27 · Re <b>Ε</b>		
2.27 · Re < EP ≤ 2.73 · Re <b>Ζ</b>		
2.73 · Re < EP <b>Η</b>		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ		
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτηρίου αναφοράς [kWh/m²]:		280.3
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m²]:		298.7
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m²]:		99.1
Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας & Εκπομπές CO <sub>2</sub> :		
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m²]: ----	Καύσιμα [kWh/m²]: ----	Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m²]: ----		Οπτική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/m²]: ----		Ακουστική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>
		Ποιότητα αέρα <input type="checkbox"/>

Α.Π. 123456/2012 Α.Α. ABC30-J0Y4Y-N3A06-M

<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ</b>					
Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input checked="" type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>	Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου (%)
Ηλεκτρική	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input checked="" type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		81.89
	Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
	Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
Ορυκτά καύσιμα	Θέρμανση <input checked="" type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		17.5
	Φυσικό αέριο <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		0.0
	Άλλο: <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		0.0
ΑΠΕ	Ηλιακή <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		0.0
	Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
	Βιομάζα <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		0.0
	Γεωθερμία <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		0.0
	Άλλο: <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		0.0
Σύνολο					0.0
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m²]					
Θέρμανση: 40.7		Ψύξη: 127.8			
Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΝΧ): 0.0		Φωτισμός: 130.3			
ΑΠΕ & ΣΗΘ: (-) 0.0					
<b>ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>					
1. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ EER 4					
2.					
3.					
Αριθμός συστάσεως	Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης [€]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τιμή μονάδας* [kWh/m²]	[%]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση εκπομπών CO <sub>2</sub> * [kg/m²]	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [έτη]
1	2500.0	34.6	11.6	0.6	11.8
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
* Η εξοικονόμηση ενέργειας και τιμή μονάδας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.					
Ημερομηνία έκδοσης ΠΕΑ: 23/10/2012					Σφραγίδα:
Όνομα επωνύμου Επιθεωρητή:					Υπογραφή:
Α.Μ. Επιθεωρητή:					

# Γ. Θερμική Άνεση

"Η θερμική άνεση μπορεί να οριστεί ως η αίσθηση μίας πλήρους φυσικής και διανοητικής, ευχάριστης κατάστασης για τον άνθρωπο, μία κατάσταση πλήρους ευεξίας."

Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Περιβάλλον και Βιωσιμότητα, Ελένη Ανδρεαδάκη, University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2006

Το εύρος των περιβαλλοντικών συνθηκών, μέσα στο οποίο επιτυγχάνεται η "θερμική ισορροπία" του ανθρώπινου σώματος ορίζεται ως "περιοχή άνεσης". Οι βασικές κλιματικές παράμετροι που επηρεάζουν την διαδικασία ανταλλαγής θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα προς το περιβάλλον του είναι:

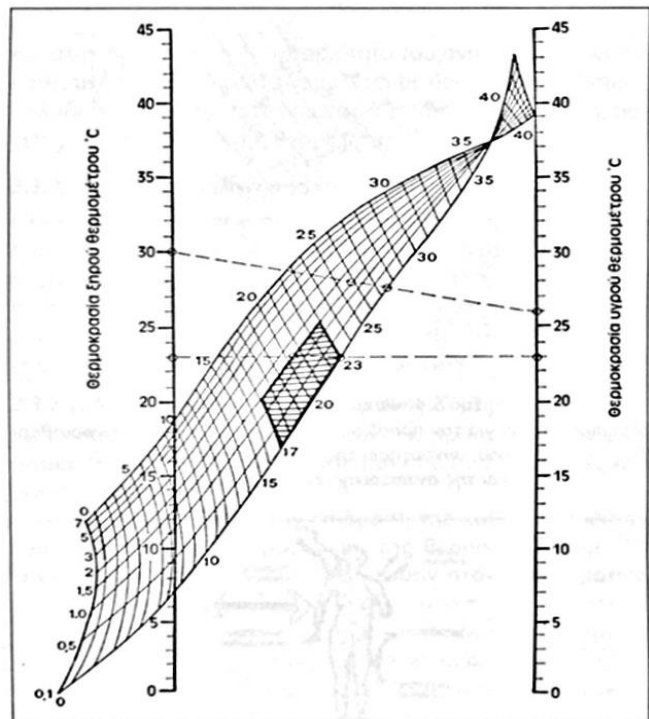
- η θερμοκρασία του αέρα
- η ακτινοβολούμενη θερμότητα (ήλιος, φωτισμός, θερμαντικά σώματα)
- η κίνηση του αέρα
- η υγρασία

**Η θερμοκρασία του αέρα** και οι μεταβολές της καθορίζονται από την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ της γης & του διαστήματος. Όσο στο ένα ημισφαίριο η γη εκλαμβάνει φορτία θερμότητας από την προσπίπτωση των ηλιακών ακτίνων, το άλλο ημισφαίριο αποβάλλει θερμότητα προς το διάστημα. Η ανταλλαγή αυτή επηρεάζεται από τα καιρικά φαινόμενα και την εναλλαγή των εποχών. Κατά την χειμερινή περίοδο, όπου η διάρκεια της ημέρας είναι μικρότερη, είναι κατά συνέπεια μικρότερη και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται. Επίσης κατά την διάρκεια μίας νεφελλώδους ημέρας η ανταλλαγή θερμότητας παρεμποδίζεται και παρατηρείται μικρότερη διακύμανση από μέρα σε νύχτα.

**Η ηλιακή ακτινοβολία** χαρακτηρίζεται από την ηλιακή σταθερά ( $1,4\text{kw/m}^2$ ), η οποία προσδιορίζει την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην ατμόσφαιρα της γης, 35% της οποίας ανακλάται πίσω στο διάστημα. Με την απορρόφηση της ακτινοβολίας από την σκόνη και την υγρασία της ατμόσφαιρας, η άμεση αξιοποιήσιμη ηλιακή ακτινοβολία ανέρχεται στο 46%.

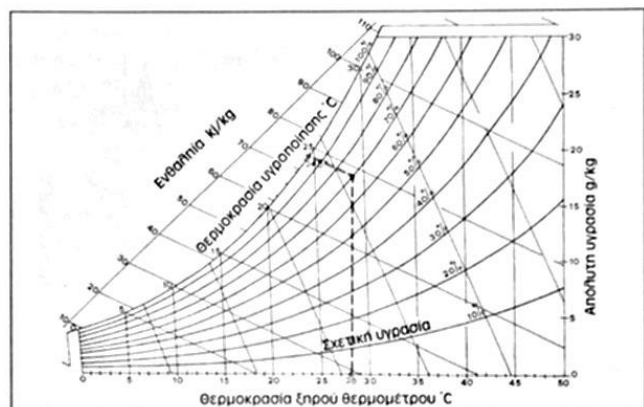
**Ο άνεμος** προσδιορίζεται από την διεύθυνση, την ένταση, την ταχύτητα και την συχνότητα του. Οι ψυχροί άνεμοι του χειμώνα έχουν συνήθως βορειοδυτική-βορειοανατολική διεύθυνση, οι δροσεροί άνεμοι του καλοκαιριού έχουν βορειοανατολική διεύθυνση, ενώ οι θαλάσσιες αύρες (μελτέμια) έχουν βορειοανατολική ή νότια διεύθυνση.

**Η σχετική υγρασία** αναφέρεται στην περιεκτικότητα του αέρα σε υδατμούς. Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας είναι αντίστροφη της διακύμανσης της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας, με μέγιστες τιμές να παρατηρούνται τις πρωινές ώρες (6 π.μ.)



Εικ. 20: Η κλίμακα της διορθωμένης αισθητής θερμοκρασίας.

Εικ. 21: Ψυχομετρικός Χάρτης. Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας υγρού θερμομέτρου, συναρτήσεως της θερμοκρασίας υγρού θερμομέτρου, της θερμοκρασίας του αέρα και της αντίστοιχης σχετικής υγρασίας.





και οι ελάχιστες κατά το μεσημέρι (3:00 μ.μ.). Σε ευρύτερο πλαίσιο, η υγρασία στην Ελλάδα κατά την διάρκεια του χρόνου κυμαίνεται από 35% έως 80% και συνεπώς το κλίμα μπορεί να θεωρηθεί υγρό. Ο προσδιορισμός των ιδανικών συνθηκών διαβίωσης έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες και έχουν κυριαρχήσει διάφορες μεθοδολογίες, η καθεμία εκ των οποίων διακρίνεται ως προς το εύρος των παραγόντων που συνυπολογίζονται.

Ξεκινώντας την ανάλυση στην κλίμακα του ανθρώπινου σώματος, από τις πλέον καθιερωμένες μεθόδους προσδιορισμού της θερμικής άνεσης είναι η **“κλίμακα της διορθωμένης αισθητής θερμοκρασίας”** και απαιτεί την ύπαρξη ενδείξεων ξηρού & υγρού θερμομέτρου και της κίνησης του αέρα. Με δεδομένη εργασία καθιστική και ελαφρύ ντύσιμο, η περιοχή άνεσης ορίζεται μεταξύ 17-23° C και μεταξύ 0,1-1.5 m/sec κίνησης του αέρα, στην αναφερόμενη κλίμακα [Εικ. 20 & 21]. Σύμφωνα με τους Houghton και Yaglou η βέλτιστη θερμοκρασία είναι αυτή των 19° C με ανεκτή διακύμανση σχετικής υγρασίας μεταξύ 30-65%.

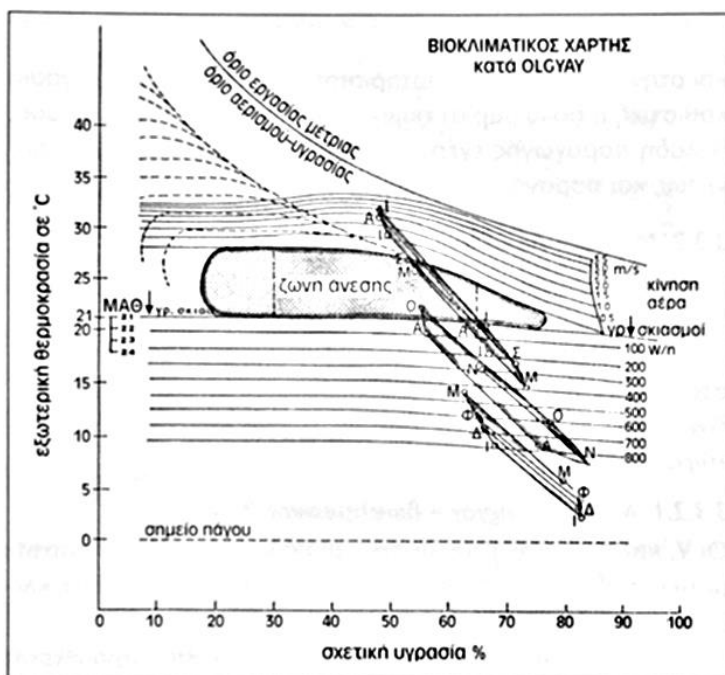
Ειδικότερα και επί της ουσίας, η πρώτη μεθοδική και διεξοδική προσαρμογή του κτηρίου στις τοπικές κλιματικές συνθήκες έγινε από τους **V. και A. Olgay**. Τα τελικά συμπεράσματά τους διατύπωσαν στον **“Βιοκλιματικό Χάρτη”**, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές της εύκρατης ζώνης γεωγραφικού πλάτους 40° μοιρών, όπως **η Ελλάδα που κυμαίνεται από την 35η έως 41η μοίρα** [Εικ. 22]. Με δεδομένη καθιστική δραστηριότητα και σύνηθες ντύσιμο, ορίζεται η ζώνη άνεσης σε σχέση με:

- Τη θερμοκρασία του αέρα,
- την υγρασία,
- την μέση ακτινοβολούμενη θερμότητα,
- την ταχύτητα του αέρα,
- την ηλιακή ακτινοβολία
- και την ψύξη λόγω εξάτμισης.

Ο Βιοκλιματικός Χάρτης αμφισβητήθηκε από τον B. Givoni καθώς “δεν μπορεί να χαράσσεται μια γραμμή σε μία μόνο θερμοκρασία, αυτή των 21° C, πάνω από την οποία απαιτείται οπωσδήποτε σκίαση”. Ο καθορισμός της ηλιοπροστασίας, επηρεάζεται και από την θερμική αδράνεια του κτιρίου, το εύρος και τη διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας.

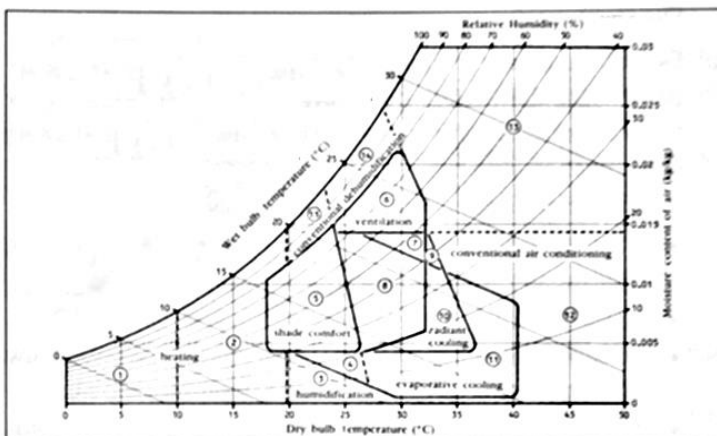
Ο **“Βιοκλιματικός Χάρτης Κτιρίου”** καταρτίστηκε από τον **B. Givoni** και τελειοποιήθηκε μεταγενέστερα από τους **Watson και Labs**, έχοντας ως βάση τον “ψυχομετρικό χάρτη”. Χρησιμοποιείται διεθνώς για την διάγνωση του αναμενόμενου εσωκλίματος, με βάση τα τοπικά κλιματικά δεδομένα, τις ανάγκες του ανθρώπου, και την ανταπόκριση του κτιριακού κελύφους [Εικ. 23].

Οι συνθήκες πλήρους άνεσης ορίζονται στην περιοχή 5 του χάρτη, όπου η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 18-27°C και οι αντίστοιχες τιμές σχετικής υγρασίας κυμαίνονται μεταξύ 20-80%. Αστάθμητος παράγοντας που ενδέχεται να δημιουργήσει αποκλίσεις στην διαδικασία συλλογής ενδείξεων είναι η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας λόγω της ταχύτητας του ανέμου.



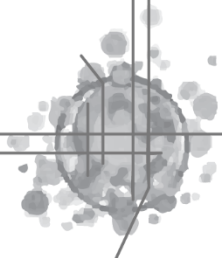
Εικ.22: Βιοκλιματικός Χάρτης κατά Olgay. Ορίζεται η περιοχή άνεσης και οι κλιματολογικές συνθήκες της Θεσσαλονίκης κατά μήνα.

Εικ. 23: Βιοκλιματικός Χάρτης Κτιρίου.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 'Β

### ΒΙΩΣΙΜΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ



# Α ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ -Επιλογή Περιοχής Δόμησης

## [Α.1] Μακρο/Μεσο/Μικροκλίμα

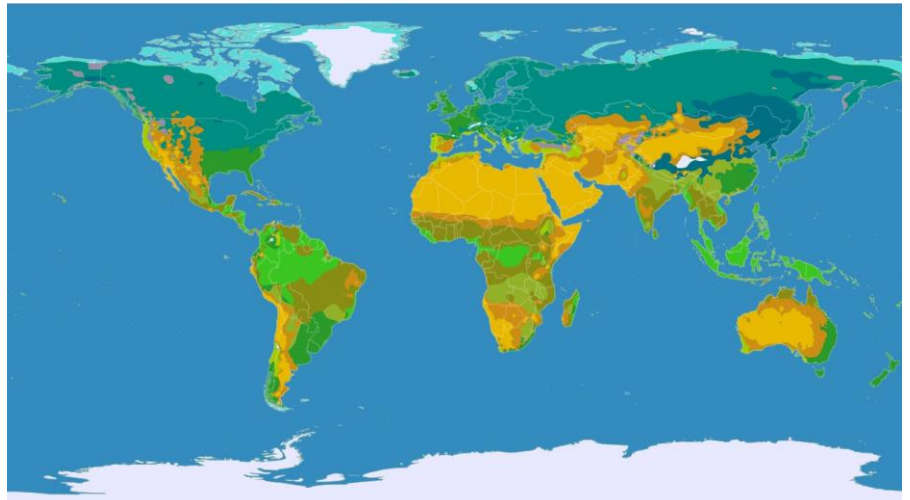
Προκειμένου να κατανοήσουμε την αιτία των φυσικών στοιχείων στα οποία καλούμαστε να προσαρμοστούμε & να συνεργαστούμε, είναι απαραίτητο να ακολουθήσουμε πορεία από τους ευρύτερους παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα ανά την υφήλιο. Δηλαδή το **Μακροκλίμα** [Εικ. 24]. Οι βασικοί παράγοντες με τους οποίους κατηγοριοποιούνται οι ηπειρωτικές εκτάσεις της γης είναι οι εξής: <sup>(17)</sup>

- Γεωγραφικό πλάτος & υψόμετρο
- Διανομή ξηράς & θάλασσας
- Ανάγλυφο & Κάλυψη του εδάφους
- Άνεμοι
- Κέντρα υψηλής & χαμηλής πίεσης

Η πλειονότητα των στοιχείων της εκάστοτε τοπικής αρχιτεκτονικής (προ βιομηχανικής επανάστασης) ανάγεται στον διάλογο μεταξύ οικιστικού & φυσικού περιβάλλοντος. Κατά λογική συνέπεια, **οι μεταβολές του μακροκλίματος συνοδεύονται από ουσιαστικές μεταβολές της τοπικής** αρχιτεκτονικής, όπως επίσης εντοπίζονται και κοινά στοιχεία μεταξύ τοπικών αρχιτεκτονικών όμοιου μακροκλίματος.

**Το Μεσοκλίμα ή αλλιώς Τοπο-κλίμα, επηρεάζεται από τις τροποποιήσεις στην ροή του ανέμου, λόγω εκτεταμένης δόμησης, περιορισμού περί-αστικού δάσους και ατμοσφαιρικής μόλυνσης.** Παράγοντες που επηρεάζουν με την σειρά τους την ενεργειακή ισορροπία και την ποιότητα του οικιστικού περιβάλλοντος.

**Το Μικροκλίμα αποτελεί την αναγωγή του κλίματος στην κλίμακα του ανθρώπου,** όπου ο ίδιος μπορεί να εφαρμόζει μεταβολές για την εξασφάλιση της θερμικής του άνεσης. Η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τον χειμώνα και των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι μπορούν να βελτιστοποιήσουν το μικρό-κλίμα. Όπως επίσης οι ανοιχτοί υπαίθριοι χώροι, η βλάστηση και το νερό. Με την ίδια ένταση που οι προαναφερθέντες παράγοντες βελτιώνουν το μικροκλίμα εάν προβλεφθούν, επιφέρουν και αποπνικτικές ρυπογόνες συνθήκες στον αστικό χώρο εάν παραμεληθούν. Στην αναζήτηση λοιπόν της τοποθεσίας για δόμηση και κατά την διάρκεια του σχεδιασμού, πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν το μικροκλίμα και οι δυνατότητες προσαρμογής του κτιρίου.



Εικ. 24: Μακροκλίμα της γης κατά Köppen-Geiger

Τροπικό κλίμα ομβρόφιλων δασών
Κλίμα σαβάνας
Κλίμα στέπας
Κλίμα ερήμου
Κλίμα μεσογειακού τύπου
Υγρό εύκρατο κλίμα
Σινικό κλίμα
Υγρό ηπειρωτικό κλίμα
Διασιβηρικό κλίμα
Ψυχρό κλίμα, ξηρό κατά τους θερινούς μήνες
Κλίμα τούνδρας
Πολικό κλίμα

## [A.2] Αρχιτεκτονική Τοπίου

Η επιμέλεια της αρχιτεκτονικής του τοπίου μπορεί να βελτιώσει το μικρόκλιμα τόσο το χειμώνα όσο και το θέρος, παρέχοντας σκίαση, ψύξη εξάτμισης και κατεύθυνση του ανέμου κατά το θέρος ή προστασίας από αυτόν κατά το χειμώνα. Η βλάστηση απορροφά μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας βοηθώντας στην τήρηση του αέρα και του εδάφους σε χαμηλή θερμοκρασία ενώ η διαπνοή μπορεί να μειώσει περαιτέρω τις θερμοκρασίες.

Δέντρα, θάμνοι και κληματαριές παρέχουν προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία κατά το θέρος και φυλλοβόλα δέντρα μπορούν να επιτρέψουν μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία κατά το χειμώνα. Ο ηλιακός έλεγχος και η διαμόρφωση κατεύθυνσης του ανέμου μπορεί να βοηθήσουν στη δημιουργία ελκυστικών χώρων για υπαίθριες δραστηριότητες και ταχύ-αυξανόμενες ποικιλίες μπορούν συχνά να χρησιμοποιούνται ώστε να παράσχουν αυτές τις συνθήκες γρήγορα σε νέες κατασκευές [Εικ. 25]. Κάποια προσοχή στην επιλογή και την τοποθέτηση της βλάστησης δίπλα ή κοντά στα κτίρια θα έπρεπε να υπάρχει για να αποφεύγονται κατασκευαστικές ανωμαλίες [Εικ. 26].

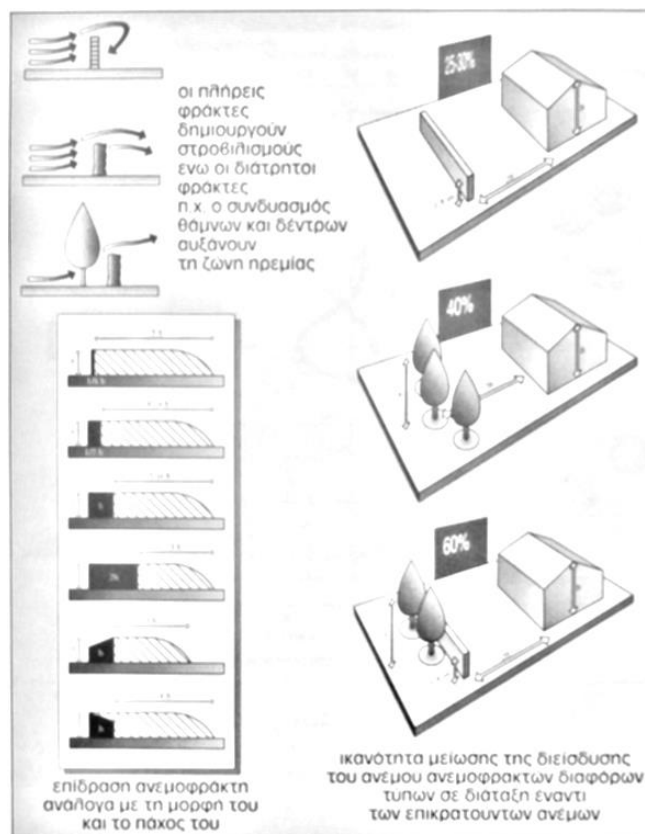
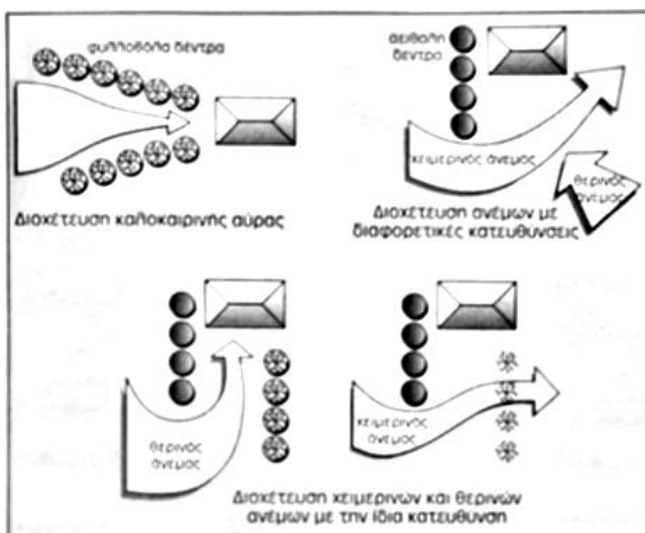
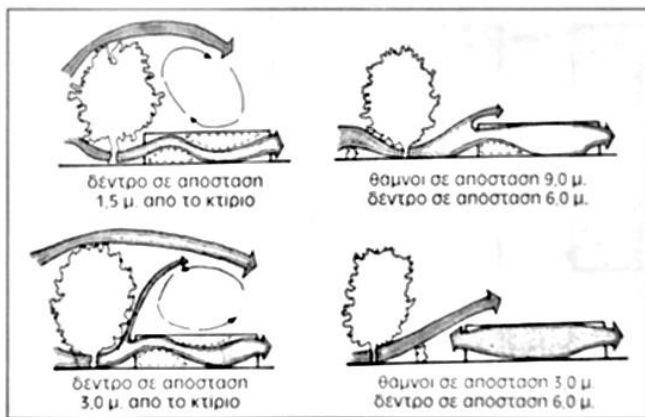
Η χλόη και άλλα φυτά που καλύπτουν το έδαφος μπορούν επίσης να επηρεάσουν το μικροκλίμα, κρατώντας τις θερμοκρασίες του εδάφους πιο χαμηλά από σκληρές επιφάνειες, ως αποτέλεσμα της διαπνοής και τις ικανότητες να περιορίζουν την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

- Ο Robinette αναφέρει θερμοκρασίες επιφάνειας 38 °C για τη χλόη, σε σύγκριση με θερμοκρασία 61 °C για την ασφαλτο και 73 °C για τον τεχνητό χλοοτάπητα. Οι Rizvi και Talib παρουσιάζουν μία ποικιλία από επιλεγμένα είδη φυτών για εξοικονόμηση ενέργειας <sup>(18)</sup> καθώς και λεπτομερές δείγμα υλικών διαμόρφωσης του τοπίου. <sup>(19)</sup>

Εικ. 25, Πάνω: Η θέση δέντρων ή/και θάμνων ορίζει την κατεύθυνση και τη ροή του ανέμου.

Εικ. 26, Μέση: Η χρήση βλάστησης διευκολύνει τη ροή ή την εκτροπή του ανέμου.

Εικ. 27, Κάτω: Εκτροπή ψυχρών ανέμων με τη χρήση συμπαγών στοιχείων ή δέντρων.





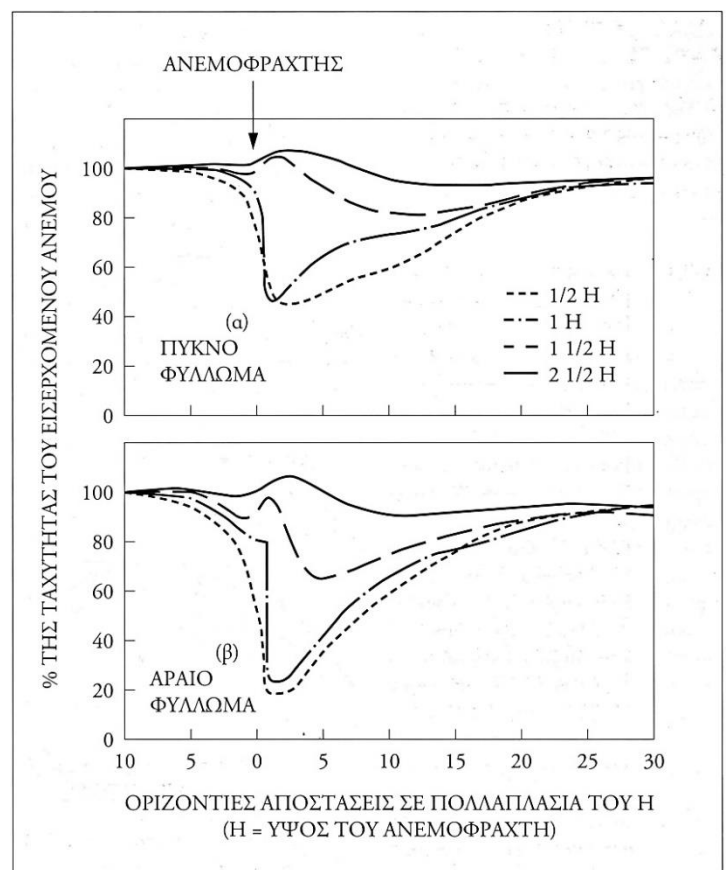
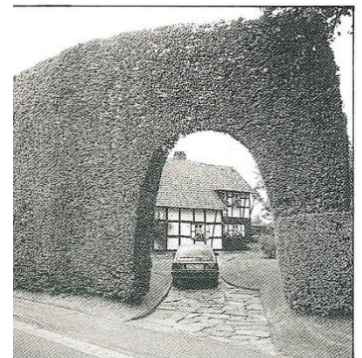
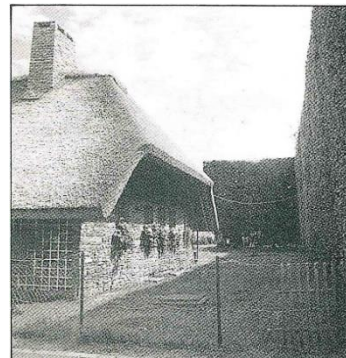
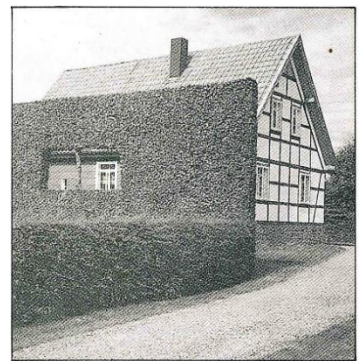
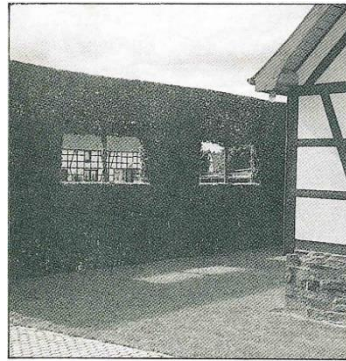
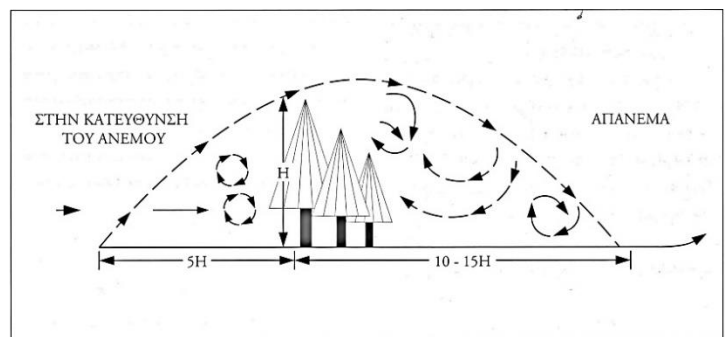
- Ο Bowen αναφέρει περιορισμό της θερμοκρασίας κατά 2 έως 3K χάρη στη διαπνοή των φυτών. (20)
- Οι Duckworth και Sandbery βρήκαν θερμοκρασίες στο πάρκο San Francisco Golden Gate που έχει μεγάλη βλάστηση να είναι γύρω στους 8K χαμηλότερη από τις περιστασιακά φυτεμένες περιοχές. (21)
- Ο Gold αναφέρει ότι σχεδόν το ήμισυ της ολικής ακτινοβολίας που διατίθεται την άνοιξη και το θέρος μπορεί να διαχυθεί από τη φυσική ψύξη εξάτμισης (22)
- Θεωρητικές αναλύσεις συνιστούν ότι η διαπνοή από ένα δέντρο εξοικονομεί μεταξύ 1 και 2,4 MJ ηλεκτρικού ρεύματος από τον κλιματισμό του αέρα ανά έτος. (23)
- Ο Moffat αναφέρει ότι κατά μέσο όρο ένα δέντρο μεγάλου μεγέθους εξατμίζει 1460kg νερού μία ημέρα με ήλιο, που είναι ισοδύναμη με 870 MJ ψυκτικής χωρητικότητας. Ακόμα δηλώνει ότι η λανθάνουσα θερμότητα μεταφοράς από την υγρή χλόη μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα θερμοκρασίες που να είναι κατά 6K έως 8K ψυχρότερες από το έδαφος που εκτίθεται και ότι 10.000 μ<sup>2</sup> μπορούν να μεταφέρουν περισσότερο από 120GJ ανά ημέρα. (24)
- Τελικά ο Labs αναφέρει ότι η σκίαση με βλάστηση και άλλα υλικά επιφάνειας, μπορεί να παράσχει 1 ως 2 μήνες φασική απόκλιση μεταξύ των επιφανειακών θερμοκρασιών και της γης σε επαφή με υπόγειες κατασκευές. (25)

Μεγάλες μέσες τιμές ταχύτητας του αέρα οδηγούν αντίστοιχα σε εκτεταμένες θερμικές απώλειες από μετάδοση του κτηρίου. (26) Εδαφικές εκτάσεις που είναι προφυλαγμένες από τον αέρα είναι προτιμότερες και όταν δεν είναι διαθέσιμες τέτοιες εκτάσεις πρέπει να λαμβάνονται αντιανεμικά μέτρα. Τα μέτρα μπορούν να πάρουν τη μορφή φράχτη, πυκνής φύτευσης σειρών δέντρων, φυτεμένες όψεις ή αναχώματα [Εικ. 27 & 28].

Εικ. 28, Πάνω: Βασικά χαρακτηριστικά ροής σε μία ζώνη προστασίας.

Εικ. 29, Μέση: Η περιστοίχιση με θάμνους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημαντικό στοιχείο σε σχεδιασμό τοπίου.

Εικ. 30, Κάτω: Εκατοστιαία ελάττωση της ταχύτητας του ανέμου σε διάφορες στάθμες και αποστάσεις, εκφρασμένα σε πολλαπλάσια του ύψους της ζώνης προστασίας.





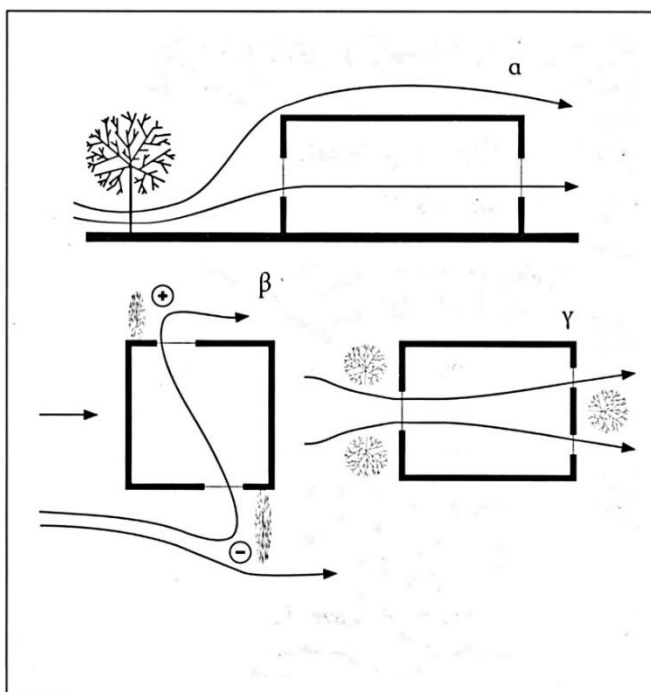
Μελέτες πανομοιότυπων κτηρίων σε διαφορετικές τοποθεσίες, παρουσιάζουν την επίδραση της τοποθεσίας στην ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων. <sup>(27)</sup> Βασισμένες σε μία απομονωμένη οικογενειακή κατοικία σε τυπική τοποθεσία με υπολογιζόμενη 100% ενεργειακή κατανάλωση για ανάγκες θέρμανσης, οι μελέτες παρέχουν τα εξής δεδομένα:

- 125% σε περιοχές με πιέσεις ψυχρού αέρα.
- 110% σε πυκνά δενδροφυτεμένες περιοχές.
- 85% σε επίπεδες αλλά αντιανεμικά προστατευμένες περιοχές.
- 85% σε εκτεθειμένες νότια προσανατολισμένες πλαγιές.
- 60-70% σε ηλιόλουστους νότιους προσανατολισμούς.

**Ανεμοθραύστες μπορούν να βελτιώσουν τις διαφορές πίεσης του αέρα** γύρω από τα κτίρια και μπορούν βελτιώνουν το διαμορφή αερισμό. Η διαμόρφωση θαμνοφρακτών, για παράδειγμα, μπορεί να επιτρέψει σε μία ήπια αύρα να περάσει μέσα από το φύλλωμα που θα τη φιλτράρει, ενώ ένας ανεμοθραύστης από τοίχο θα δημιουργήσει πίσω του μία ζώνη που θα την εμποδίζει [Εικ. 29 & 30]. Διάκενα στον ανεμοθραύστη, ανοίγματα μεταξύ των κτιρίων ή ανοίγματα μεταξύ του εδάφους και ενός θόλου που σχηματίζει μία διπλή σειρά δέντρων μπορεί να δημιουργήσουν διόδους ανέμου που να αυξάνουν την ταχύτητα του ανέμου περίπου κατά 20% [Εικ. 31].

Άλλες τεχνικές μέθοδοι διαμόρφωσης του τοπίου περιλαμβάνουν τη χρήση δεξαμενών, ρευμάτων, σιντριβανιών, ψεκαστήρων σταγονιδίων και καταρρακτών για εξάτμιση, όπου το νερό είναι διαθέσιμο κατά το θέρος. Τα στοιχεία αυτά είναι ιδιαίτερα αποδοτικά σε συνθήκες ξηρασίας όταν οι σχετικές υγρασίες είναι χαμηλές. Σύμφωνα με το Yellot, σε μέσες συνθήκες ανέμου, θερμοκρασίας ξηρού βολβού και υγρού βολβού, η ενέργεια που απομακρύνεται από 1m<sup>2</sup> επιφάνειας ανοικτού νερού είναι σχεδόν 200 Watts. <sup>(28)</sup>

Η διευθέτηση του τοπίου θα πρέπει να ολοκληρώνεται κατά τις φάσεις μελέτης και κατασκευής του κτιρίου για μεγαλύτερη αποδοτικότητα. Ακόμη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι δαπάνες συντήρησης, ο χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη των φυτών [Εικ. 32], η εποχιακή διαθεσιμότητα νερού, οι δυσκολίες κατά το σχεδιασμό και η κατάλληλη επιλογή των ειδών των φυτών και οι άλλες δυνατότητες της διευθέτησης του τοπίου για την τοποθεσία που εξετάζεται. <sup>(29)</sup>



Εικ. 31: Επίδραση της βλάστησης στα ρεύματα αέρα που επίσης παρέχουν φίλτρανση του αέρα, μείωση του θορύβου και σκίαση.

ΕΙΔΗ ΔΕΝΤΡΩΝ	ΚΟΙΝΑ ΟΝΟΜΑΤΑ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ
Acer griseum	Σφενδάμι	76-85%
Acer macimowixianum	Σφενδάμι Ιαπωνίας	90-93%
Acer platanoides	Σφενδάμι Νορβηγίας	90-96%
Acer rubrum	Σφενδάμι ερυθρό	78-84%
Fagus sylvatica	Οξιά ευρωπαϊκή	85-93%
Fraxinus pennsylvan	Φλαμουριά κόκκινη, λευκή	87-89%
Ginkgo biloba	Πολυτρίχι	74-82%
Gleditsia triacanthos	Ψευδακακία, Χαρουπιά	49-50%
Quercus bicolor	Δρυς λευκή	81-84%
Quercus macrocarpa	Δρυς κολλιτσιίδα	87%
Quercus palustris	Δρυς πευκοειδής	64%
Quercus robur	Δρυς ποδικοφόρα	72-88%
Quercus rubra	Δρυς ερυθρά	76-80%
Quercus velutina	Δρυς μαύρη	74-88%

Εικ.32: Τυπικές πυκνότητες δέντρων σκίασης.

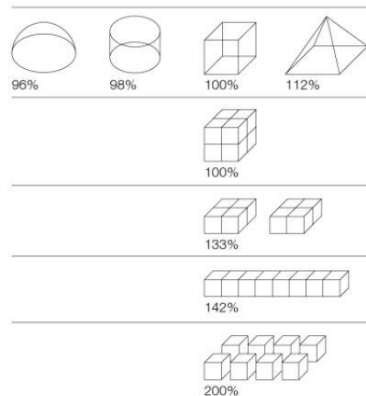
# Β. ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ – Σύνθεση Κτηριακής Μορφολογίας

## [Β.1] Κτηριακές Αναλογίες

Στην αναζήτηση της ιδανικής μορφής του κτηρίου με γνώμονα τα ηλιακά κέρδη και τις θερμικές απώλειες, θα παρατεθούν ως προς την αποδοτικότητα 2 λόγοι:

- Ο λόγος του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών προς τον όγκο. (Ε/Ο)
- Οι αναλογίες των εξωτερικών διαστάσεων.

Ως βέλτιστη λύση έναντι των απωλειών θερμότητας από τις όψεις ενός ιδεατού κτηρίου, η λογική θα προσφέρει την μικρότερη δυνατή μείωση των εξωτερικών επιφανειών. **Η σφαίρα** έχει τον βέλτιστο/μικρότερο λόγο επιφανειών προς όγκο, αλλά καθότι δεν αποτελεί πρακτική μορφή κτηρίου και παρουσιάζει απαιτητικές προκλήσεις ως προς την χρήση, **το ημισφαίριο** έρχεται πολύ κοντά στην ιδανική μορφή. Ένα ιγκλού, για παράδειγμα, υλοποιεί την βέλτιστη τιμή του λόγου Ε/Ο και είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για τις κλιματικές συνθήκες ψυχρών επικρατειών, σε συνδυασμό πάντα με τους χαμηλούς δείκτες θερμοπερατότητας και θερμικής αγωγιμότητας του πάγου και τη δεδομένη αεροστεγανότητα της κατασκευής. **Οι θολωτές επικαλύψεις** αποτελούν έξυπνη λύση εξίσου για περιοχές με ζεστά-ξηρά καλοκαίρια, ακόμη και στην εύκρατη ζώνη. Οι μορφές επικάλυψης με θόλους ή τρούλους, οι οποίες εμφανίζονται συχνότερα στην ανώνυμη αρχιτεκτονική, έχουν το πλεονέκτημα αφενός να διανέμουν την ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνεια πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με την οριζόντια, αφετέρου τη νύχτα η καμπύλη μορφή να αποβάλλει μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας μέσω ακτινοβολίας προ την ατμόσφαιρα, επιταχύνοντας έτσι τον ρυθμό φυσικής ψύξης του κτηρίου. Είναι δεδομένο, ότι **οι μικρότεροι κτηριακοί όγκοι έχουν υψηλότερες τιμές Ε/Ο από τους αντίστοιχα μεγαλύτερους**. Συνεπώς, συμπαγείς και πυκνές δομές,



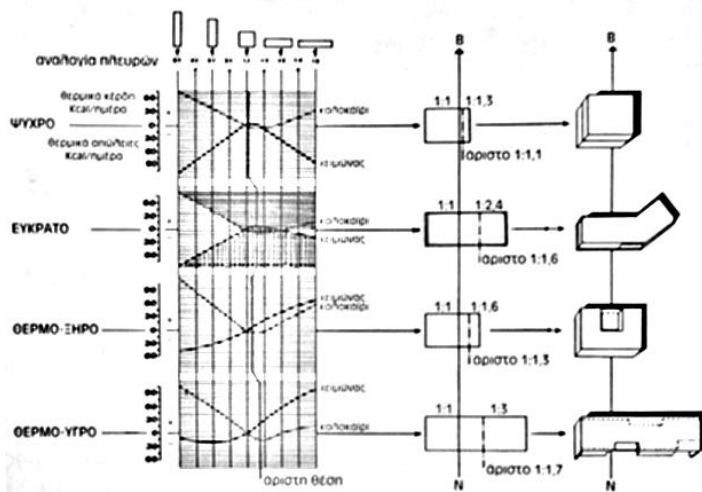
μειώνουν ουσιαστικά τις ψυχρές επιφάνειες σε σύγκριση με την πανταχόθεν ελεύθερη δόμηση. Βέβαια, στην τελευταία περίπτωση τα αρνητικά που προκύπτουν από την γεωμετρία επισκιάζονται εάν υπάρχει η δυνατότητα επαρκούς θερμομόνωσης και επταυξημένης αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας [Εικ. 33].

Συνεχίζοντας την πορεία προς το άριστο σχήμα κτηρίου, λαμβάνοντας πλέον υπ' όψιν μονάχα τις αναλογίες των όψεων, σε δεδομένο γεωγραφικό πλάτος και κλιματικές συνθήκες προκύπτουν από έρευνες τα εξής αποτελέσματα: <sup>(30)</sup>

- **Το κτίριο κύβος δεν είναι το βέλτιστο σχήμα** για οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες, παρά το γεγονός ότι έχει τις μικρότερες θερμικές απώλειες το χειμώνα.

➤ **Τα επιμήκη κτίρια κατά τον άξονα Βορρά-Νότου λειτουργούν λιγότερο αποτελεσματικά** σε σχέση με το τετράγωνο σε κάτοψη κτήριο. Τα αποτελέσματα είναι αρνητικά τόσο για τον χειμώνα, όσο και για το καλοκαίρι.

➤ **Η άριστη μορφή κτιρίου**, για οποιοδήποτε κλίμα, είναι η **επιμήκης στον άξονα Ανατολής-Δύσης**, με διαφορετικές όμως αναλογίες. [Εικ. 34]



Εικ. 33. Πάνω: Παραδείγματα ποσοστιαίας διαφοροποίησης λόγου εξωτερικών επιφανειών προς τον όγκο. (Ε/Ο)

Εικ. 34: Προσδιορισμός του άριστου σχήματος κτιρίου, σε σχέση με τις θερμικές απώλειες το χειμώνα και τις θερμικές επιβαρύνσεις το καλοκαίρι, για διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Συγκριτικό σχήμα κάτοψης για τον υπολογισμό των θερμικών επιβαρύνσεων θεωρήθηκε το τετράγωνο. Η έρευνα αναφέρεται στις 4 κλιματικές ζώνες των Η.Π.Α. Οι παραδοχές που έγιναν για τον υπολογισμό του θερμικού ισοζυγίου αφορούν: Κτίριο χωρίς θερμομόνωση φ, 40% επιφάνεια υαλοστασίων για όλους του προσανατολισμούς, Οι καμπύλες αντιστοιχούν στο θερμικό ισοζύγιο για την 21η Ιανουαρίου και 21η Ιουλίου αντιστοίχως.

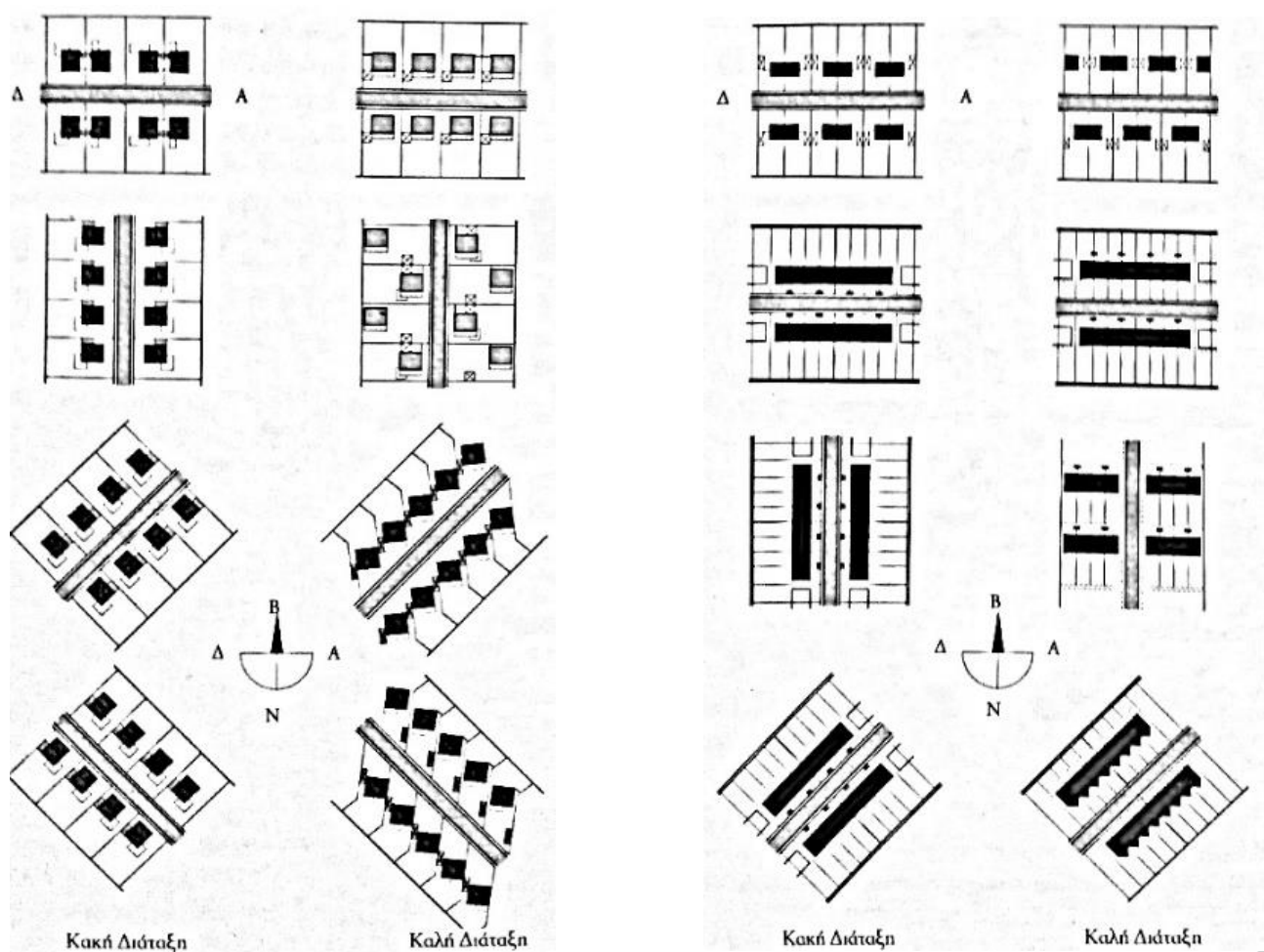
## [B.2] Προσανατολισμός

Για την εύκρατη ζώνη, σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες, **ο καλύτερος προσανατολισμός είναι ο Νότιος**, γιατί η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη σε Ανατολή και Δύση, για την περίοδο του χειμώνα. Για το καλοκαίρι μειώνεται σχεδόν στο μισό για τις νότιες επιφάνειες, σε σχέση με τις ανατολικές και δυτικές.

Ο V. Olgyay συμπεραίνει ότι: **"για 40° βόρειο γεωγραφικό πλάτος ο καλύτερος προσανατολισμός βρίσκεται 17,5° ανατολικότερα του νότου"**, γιατί αφενός εξασφαλίζει την μεγαλύτερη ποσότητα ηλιασμού το χειμώνα και προστασία από τους ψυχρούς βόρειους ανέμους και αφετέρου το καλοκαίρι το κτίριο δροσίζεται από τις αύρες, ενώ παράλληλα μειώνεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, περιορίζοντας έτσι τις πιθανότητες υπερθέρμανσης του κτιρίου. **Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, 40° και κάτω**, οι νότιες επιφάνειες έχουν ακόμη μεγαλύτερο ηλιακό όφελος το χειμώνα, ενώ οι ανατολικές και, κυρίως, οι δυτικές είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένες το καλοκαίρι. **Ο B. Anderson**, από την έρευνά του για την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας σε διαφορετικά σχήματα κατόψεων και διαφορετικούς προσανατολισμούς, καταγράφει τα αποτελέσματά της στον Πίνακα II. Από την έρευνα αυτή προκύπτει: <sup>(31)</sup>

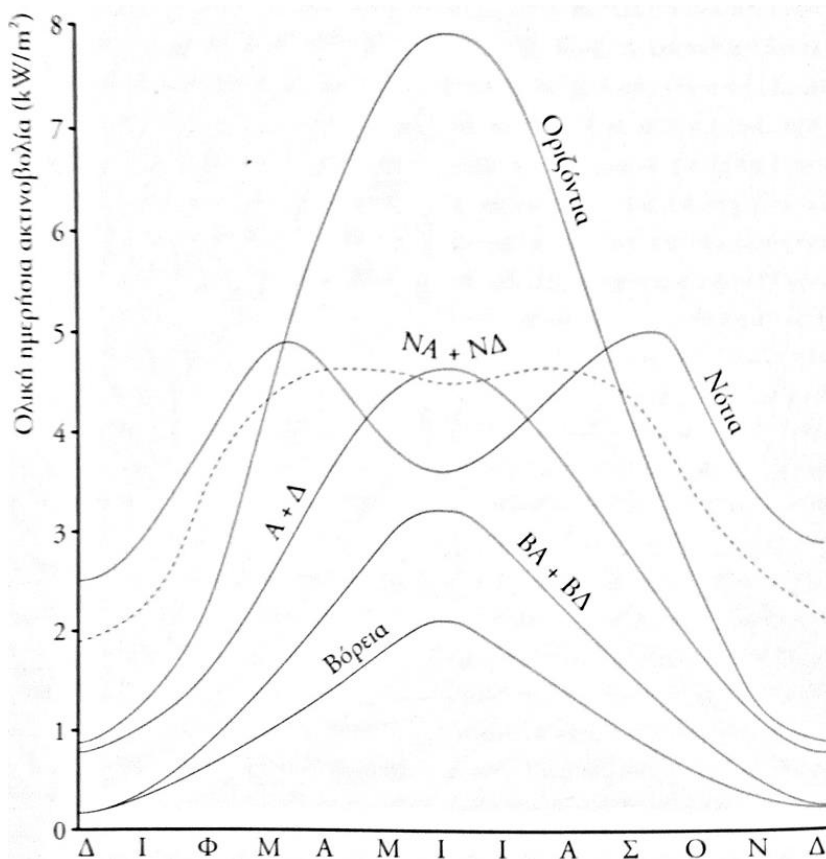
- **Το μεγαλύτερο θερμικό κέρδος**, για την 21η Ιανουαρίου σε 40° Β.Γ.Π., έχει το κτίριο όταν ο μεγάλος άξονάς του **βρίσκεται στην κατεύθυνση Ανατολής-Δύσης και με απόκλιση  $\pm 25^\circ$**  ανατολικά ή δυτικά του Νότου.
- **Μέχρι και 30° απόκλιση των κτιρίων από το Νότο**, προς Ανατολή και Δύση, **το ηλιακό θερμικό όφελος παραμένει περίπου το ίδιο** με τον καθαυτό νότιο προσανατολισμό [Εικ. 35].

Εικ. 35: Κλίμακα πολεοδομικού σχεδιασμού. Καλή και κακή διάταξη κτηρίων σε οικοπέδα με δεδομένη διαδρομή οδικού δικτύου.





## [B.3] Διάρθρωση χώρων



Εικ. 36: Ολική ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνειες διαφόρων προσανατολισμών μία ανέφελη μέρα στο Λονδίνο. Περιλαμβάνεται και η ανάκλαση του εδάφους.

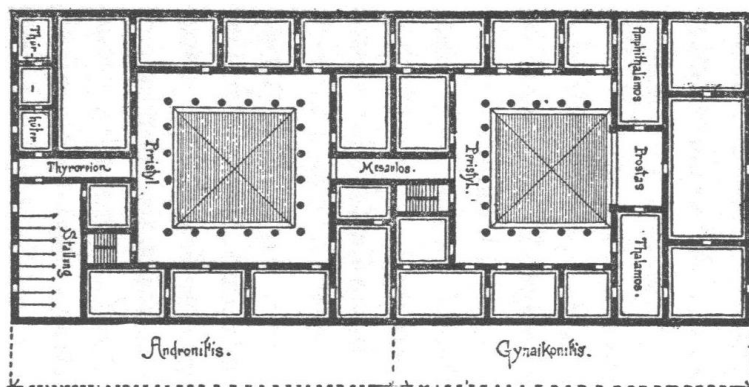
Η **νότια πλευρά** δέχεται την μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και τη μικρότερη το καλοκαίρι. Είναι η φωτεινότερη και η πιο ευχάριστη περιοχή του κτιρίου και συνεπώς η προσφορότερη για την τοποθέτηση των χώρων που χρησιμοποιούνται τις περισσότερες ώρες τις ημέρας. [Εικ. 36]

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

Η **βορινή πλευρά** του κτιρίου είναι η ψυχρότερη, η πιο σκοτεινή τον χειμώνα και δεν δέχεται καθόλου ήλιο, παρά μόνο λίγες ώρες το πρωί και το απόγευμα το καλοκαίρι. Τοποθετούνται χώροι με πρόσκαιρες δραστηριότητες, σκάλες, αποθήκη, γκαράζ κ.λ.π. οι οποίοι αποτελούν και **χώρους ανάσχεσης των θερμικών απωλειών και**

**προστασίας των κυρίων χώρων ζωής** από την βορινή ψυχρή επιφάνεια. Πρόκειται για χώρους "εμπόδια" με ρόλο παθητικό.

Σε αντιδιαστολή με το διαδεδομένο **σύστημα διάρθρωσης χώρων σε ομόκεντρους κύκλους** με κριτήριο την σπουδαιότητα ή την συχνότερη χρήση των χώρων [Εικ. 37], η διάρθρωση των χώρων σε ζώνες είναι βασισμένη στην δεδομένη **διαφοροποίηση των ενεργειακών αναγκών** τους, κατά αντιστοιχία της ανάγκης που εξυπηρετούν. Οι θερμοκρασίες άνεσης μεταξύ καθιστικού και χώρου εργασίας είναι θεμελιωδώς διαφορετικές από εκείνες των υπνοδωματίων και των βοηθητικών χώρων. Με γνώμονα την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, τα δωμάτια με τις μεγαλύτερες ανάγκες θέρμανσης προσανατολίζονται προς τον Νότο (ή  $\pm 30^\circ$ ) και οι υπόλοιποι χώροι με τις μικρότερες ανάγκες καταλαμβάνουν τις 3 περιμετρικές πλευρές. Δυστυχώς δεν είναι πάντα εφικτή αυτή η διάταξη και ως εναλλακτική διάρθρωση διατάσσονται οι ζώνες στην σειρά, όπου οι χώροι με τις ελάχιστες απαιτήσεις (μη θερμαινόμενοι χώροι) στρέφονται προς τον Βορρά ως ζώνη ανάσχεσης και οι χώροι διημέρευσης με τις μέγιστες απαιτήσεις προς τον Νότο, εσωκλείοντας χώρους μέσων απαιτήσεων (διανυκτέρευσης, περιστασιακής χρήσης κλπ.).



Εικ. 37: Κάτοψη ελληνικής κατοικίας από τον Βιτρούβιο

# Γ. ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - Σχεδιασμός Κελύφους

## [Γ.1] Η έννοια του κελύφους & τα βασικά γνωρίσματα

Το κέλυφος του κτηρίου παρέχει κάλυψη από τις καιρικές συνθήκες, ενώ δημιουργεί συνθήκες άνεσης εσωτερικά, επιτρέπει στο φυσικό φως να προσπίπτει στο κτήριο και επιτρέπει την οπτική επαφή με το περιβάλλον. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας επεκτείνει ακόμη περισσότερο την πολυπλοκότητα του περιβλήματος. **Αποτελεί την επιφάνεια διεπαφής του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος** και πρέπει να γίνεται αντιληπτή ως ένα δυναμικό σύστημα το οποίο ανταποκρίνεται στην μόνιμη διαφοροποίηση της εξωτερικής ακτινοβολίας, των κλιματικών συνθηκών και των εσωτερικών αναγκών. Με άλλα λόγια, το περίβλημα μπορεί σε διάφορες περιόδους να είναι αναγκαίο να **δρα ως στοιχείο ανάσχεσης, φίλτρο ή συλλέκτης**. Η θερμική και ηλιακή μετάδοση μπορεί να ελέγχεται με την κατάλληλη επιλογή και τον χειρισμό των υλικών της επιφάνειας. [Εικ. 38]

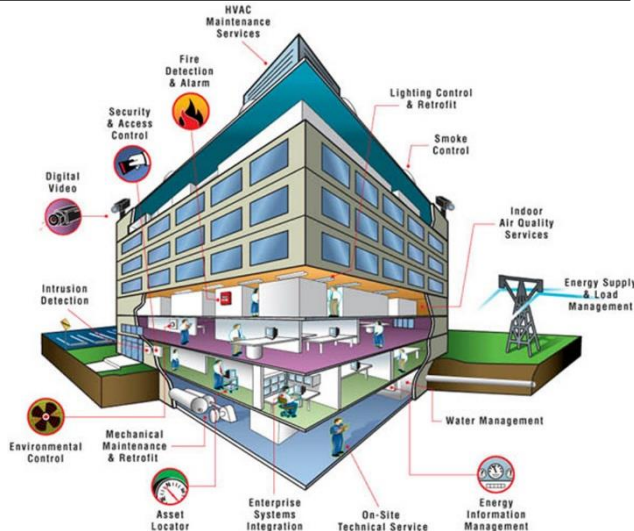
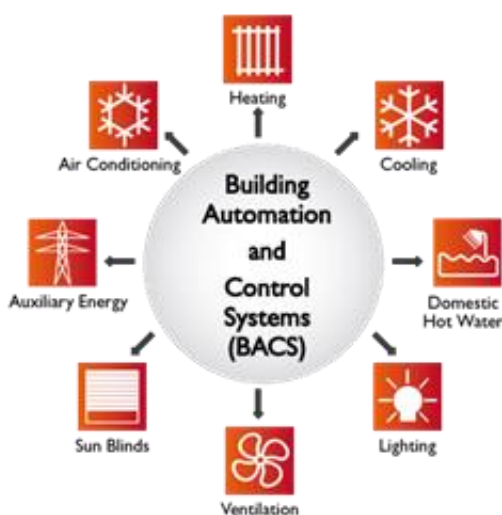
Σύγχρονη πρακτική για την ομαλή, συνεχόμενη και αποδοτικότερη λειτουργία του κελύφους αποτελούν οι **αυτοματισμοί χρήσης και πρακτικής διαχείρισης των ενεργειακών συστημάτων**. Μέσω αυτών μπορεί να επιτευχθεί, για παράδειγμα, η προσαρμογή της νυχτερινής μόνωσης των ανοιγμάτων μίας κατοικίας και η μεθοδική εναλλαγή του αέρα μίας αίθουσας διδασκαλίας χωρίς την μεσολάβηση της ανθρώπινης πρωτοβουλίας, η οποία αποτυγχάνει για πολλές αντικειμενικές και μη αιτίες. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή ευφυιών συστημάτων μπορεί να προσδώσει σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση, της τάξεως 15-30% στην περίπτωση μονάδων εξαιρισμού και τεχνητού κλιματισμού. (32)

Πιο συγκεκριμένα, υφίστανται 3 μεγάλες ομάδες συστημάτων κτηριακού αυτοματισμού (BAS- Building Automation Systems) που συνοπτικά περιγράφονται από τους τίτλους: **Διαχείριση, Αυτοματοποίηση και Επίδοση**. Στην ουσία όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά στοιχεία (λέβητες, αντλίες, κλιματιστικές μονάδες, μονάδες φωτισμού και σκιασμού κ.λπ.) συνδέονται σε ένα υπολογιστικό σύστημα που επιτρέπει την μεταξύ τους επικοινωνία και την πλήρη εποπτεία, την ρύθμιση και την διαχείριση του κτηρίου. [Εικ. X & X]

Εικ. 38, Δεξιά: Εξωτερικά σκίαστρα αλουμινίου με σύστημα αυτόματης περιστροφής αναλόγως την θέση του ήλιου και την διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία.



Εικ. 39 & 40, Κάτω: Διαγραμματικές απεικονίσεις που παρουσιάζουν τις δυνατότητες χειρισμού διαφόρων συστημάτων ενός κτηρίου μέσω του κεντρικού συστήματος ελέγχου.



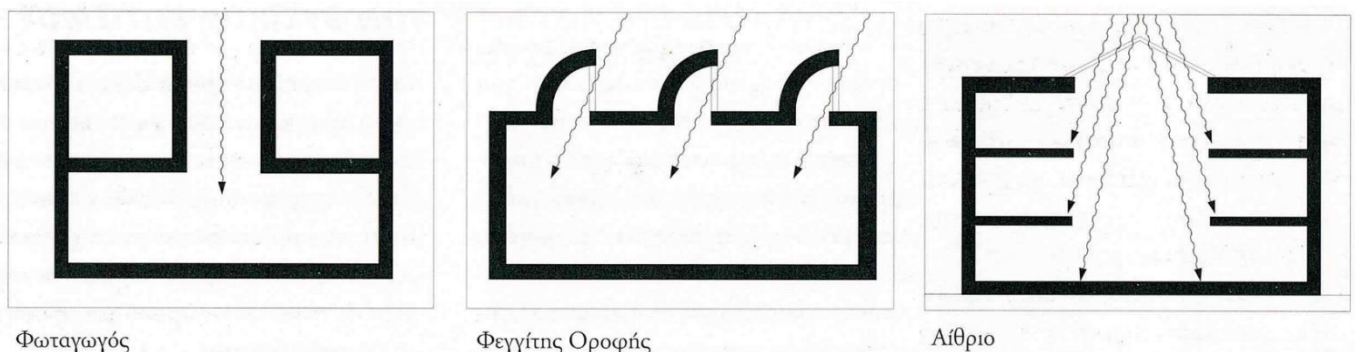


# ΕΝΟΤΗΤΑ Α- ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

## [Γ.Α.1] Διατάξεις Άμεσης Δέσμευσης Ηλιακού Φωτός

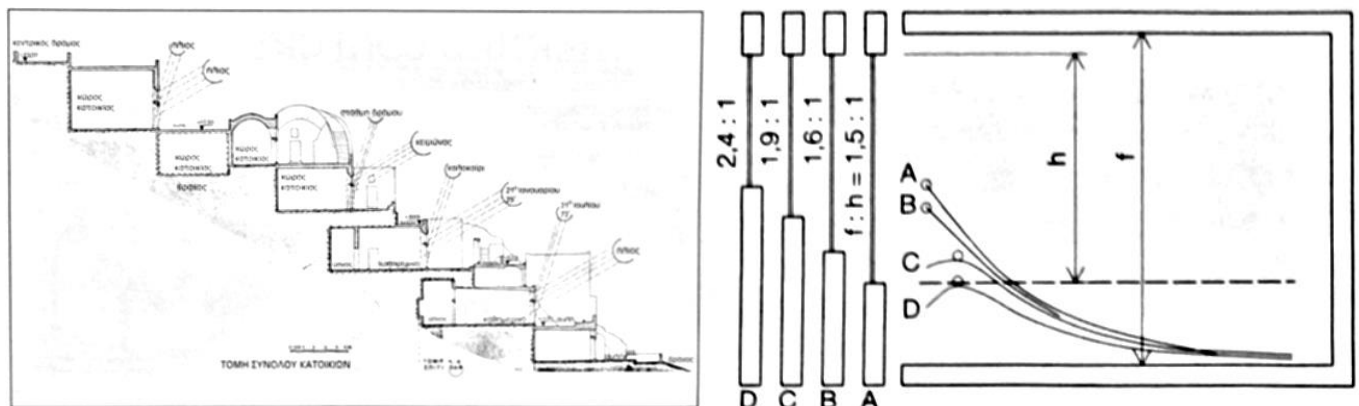
Η αρχιτεκτονική που παρέχει βελτιστοποιημένες συνθήκες φυσικού ηλιακού φωτισμού, δύναται να μειώσει δραστικά τα λειτουργικά κόστη μη οικιστικών κτηρίων, χωρίς αξιοσημείωτη αύξηση του κόστους της κατασκευής. **Συγκριτική παρατήρηση** επιλεγμένων κτηρίων γραφείων έχει δείξει ότι στις περιπτώσεις όπου η λειτουργία του τεχνητού φωτισμού και των συστημάτων σκίασης εξαρτώνται από την **θέση και παρουσία του ήλιου**, η ενεργειακή εξοικονόμηση ετησίως μεταφράζεται σε  $25 \text{ kW/m}^2$  ή προσεγγιστικά σε  $2,5 \text{ €/m}^2$ . <sup>(33)</sup> Η δυνατότητα εξοικονόμησης ακόμη μεγαλύτερη σε όρους εργασιακού κόστους αν συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς η μείωση των παθήσεων και η αύξηση παραγωγικότητας των χρηστών. Σύμφωνα μάλιστα με ερευνητές, το όφελος από την ανάκτηση μίας πλήρους ημέρας εργασίας ανά εργαζόμενο ετησίως, ανταποκρίνεται σε  $25 \text{ €/m}^2$ . <sup>(34)</sup> Όσο πιο άμεσα ενταχθεί η μεθοδευμένη χρήση ηλιακού φωτισμού στην σύγχρονη αρχιτεκτονική, τόσο συντομότερα θα μειώσουμε στο ελάχιστο τα μέσα τεχνητού φωτισμού, το κόστος της παρασκευής και της λειτουργίας τους. Κάθε προσπάθεια προς αυτή την κατεύθυνση αξίζει, καθώς το να σχεδιάζεις με το φυσικό φως είναι ελκυστικό με τρόπο, που το τεχνητό φως δεν πρόκειται ποτέ να υποκαταστήσει. [Εικ. 41]

Εικ. 41: Διαγράμματα κοινών μεθόδων παθητικής δέσμευσης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.



### Ανοίγματα Όψεων

Η κατανομή στις όψεις, η στοίχιση και το μέγεθος των ανοιγμάτων συνιστούν σημαντικούς παράγοντες εξασφάλισης ηλιακού φωτός [Εικ. 42 & 43]. Φυσική συνέπεια αποτελεί το γεγονός ότι ανοίγματα δαπέδου έως οροφής επιτρέπουν την περαιτέρω διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό του κτηρίου ενώ μεγιστοποιείται η εισχώρηση όταν τοποθετούνται στην Ν.Δ. ή Ν.Α. όψη. Για την εξασφάλιση επαρκούς φωτισμού σε χώρους φωτιζόμενους από τις όψεις, το βάθος του δωματίου από την όψη πρέπει να προσδιορίζεται ως 2,5 φορές το ύψος του παραθύρου. Σε αντίθετη περίπτωση, πρέπει να τοποθετούνται συστήματα ανάκλασης του φωτός.



Εικ. 42, Αριστερά: Τομή τμήματος του Οικισμού της Οίας, Σαντορίνη

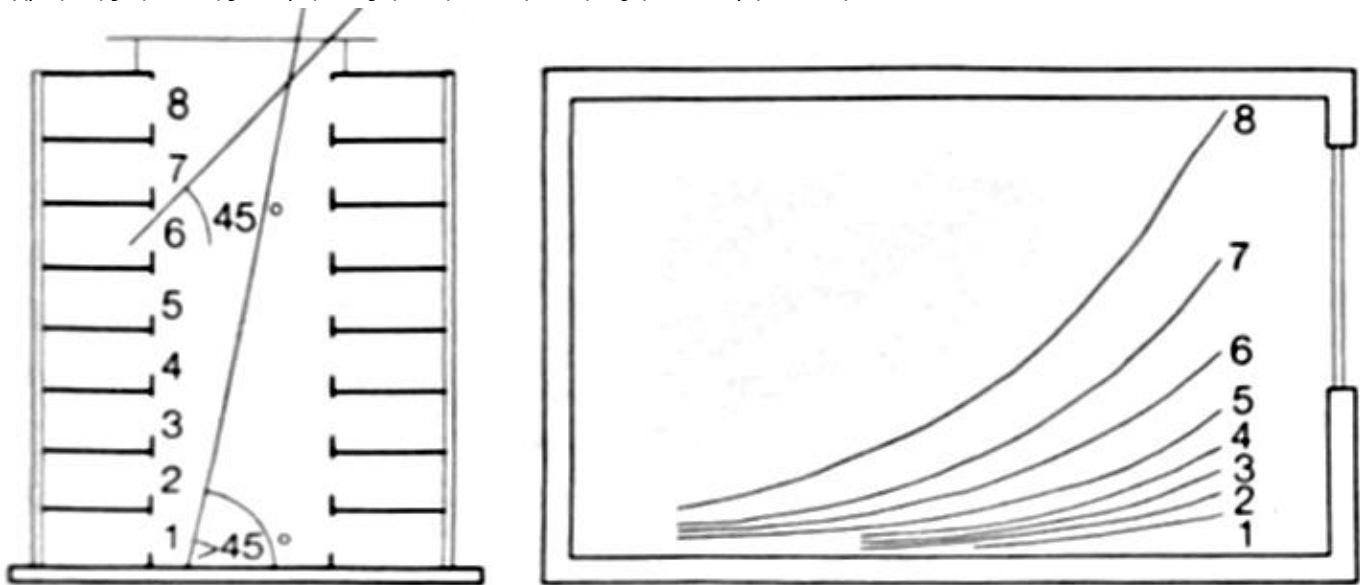
Εικ. 43, Δεξιά: Διαθεσιμότητα ηλιακού φωτός κατά τη διάρκεια νεφελώδους μέρας σε χώρους που φωτίζονται από ανοίγματα όψεων, για διαφοροποιημένα ύψη ανοιγμάτων.

## Ανοιγμάτα Οροφής

Ο ηλιασμός από πάνω, μέσω ανοιγμάτων της οροφής, είναι μακράν αποδοτικότερος σε σύγκριση με τα ανοίγματα στις όψεις του κτηρίου, καθώς: <sup>(35)</sup>

- Ολόκληρο το ημισφαίριο είναι διαθέσιμο ως πηγή φωτός. Σε άμεση αντιπαράθεση, τα ανοίγματα των όψεων μπορούν να αξιοποιήσουν μέγιστα το μισό ημισφαίριο ως πηγή φωτός και κατά συνέπεια να επιτυγχάνουν μόνο το 1/5 της έντασης φωτισμού σε σύγκριση με τα ανοίγματα οροφής αντίστοιχου μεγέθους.
- Η διανομή της φωτεινότητας στον εσωτερικό χώρο με νεφελώδη ουρανό από τα παράθυρα όψεων, αποτελεί το 1/3 της φωτεινότητας που αποδίδει κατά την μεσουράνηση του ο ήλιος μέσω ανοιγμάτων οροφής.
- Το φως δύναται να διεισδύσει σε ορόφους οποιουδήποτε βάθους. Με 20% επιφάνεια ανοίγματος οροφής ανά έκταση ορόφου, μπορεί να επιτύχει άνετους δείκτες ηλιασμού της προσεγγιστικής τάξεως του 5% της έκτασης. [Εικ. 44 & 45]

**Είναι αρκετά σημαντικό** να γίνει αντιληπτό ότι ο επιπρόσθετος φωτισμός που επιτυγχάνεται, συνοδεύεται από επιπρόσθετα **ηλιακά θερμικά κέρδη** τα οποία πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του ετήσιου **θερμικού ισοζυγίου** της κατασκευής. Το γεγονός αυτό θέτει την **κλίση του ανοίγματος** οροφής, ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για την βελτιστοποίηση της χρήσης ηλιακής ενέργειας για φωτισμό, ψύξη και θέρμανση.

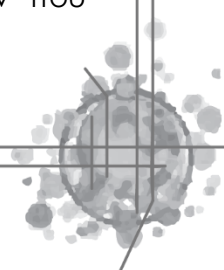


Εικ. 44: Διαθεσιμότητα ηλιακού φωτός σε νεφελώδη μέρα για χώρους που περιστοιχίζουν το αίθριο, σε σύγκριση με τον ισόγειο χώρο.

## Ηλιακοί χώροι

Οι ηλιακοί χώροι προσδίδουν σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο της εκάστοτε κατασκευής, με την προϋπόθεση ότι **παραμένουν ως χώροι μη θερμαινόμενοι**. Όταν υλοποιούνται ως ζώνες ανάσχεσης ή απλώς συλλέκτες θερμού αέρα, ο θερμασμένος αέρας μπορεί να διανεμηθεί παθητικά στο υπόλοιπο κτήριο με την βοήθεια της φυσικής αναμόχλευσης από την διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού-εξωτερικού αέρα ή με μηχανολογική υποστήριξη.

Η δημιουργία οροφής από υαλοπίνακες προσδίδει επιπρόσθετη αξία στην εμπειρία της αντίληψης οποιουδήποτε χώρου. Σε ενεργειακούς όρους ωστόσο προσδίδει μειονεκτήματα όπως η **ταχεία ψύξη του χώρου** τη νύχτα και **υπερθέρμανση** κατά την μεσουράνηση του ήλιου την καλοκαιρινή περίοδο. Οι χωρικές ποιότητες που προσφέρονται μπορούν να δελεάσουν τους ενοίκους και να μετατρέψουν τον ηλιακό χώρο σε χώρο διημέρευσης που απαιτεί θέρμανση. Αυτό έρχεται σε αντιπαράθεση με την ενεργειακή του λειτουργία και φυσικά τις προδιαγραφές της κατασκευής του (εκτενείς επιφάνειες υαλοπινάκων με χαμηλούς συντελεστές ενεργειακής κατάταξης), με άμεσο αποτέλεσμα την εκμηδένιση των ενεργειακών πλεονεκτημάτων που προσφέρουν.



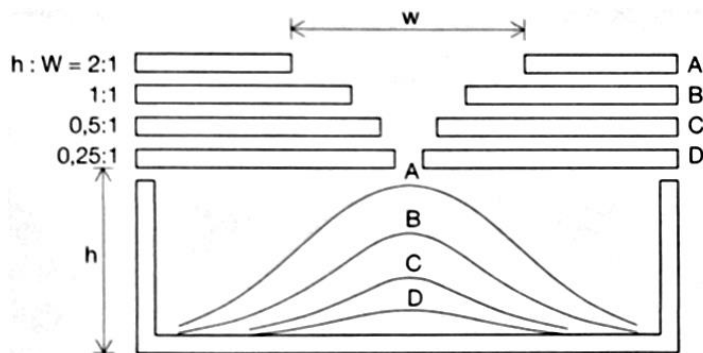
## Ηλιακό Αίθριο

Πρόκειται για ενδιάμεσο χώρο ο οποίος καλύπτεται με γυάλινη οροφή. Μπορεί να περιβάλλεται από κτίρια, οπότε καθίσταται κλειστός χώρος που επικοινωνεί μόνο μέσα από αυτά, ή μπορεί να αποτελεί και μεταβατικό χώρο, ανάμεσα στο ύπαιθρο και τα κτίρια, όπως συμβαίνει συχνά σε εμπορικές στοές ή διαδρομές σε δημόσιους χώρους.

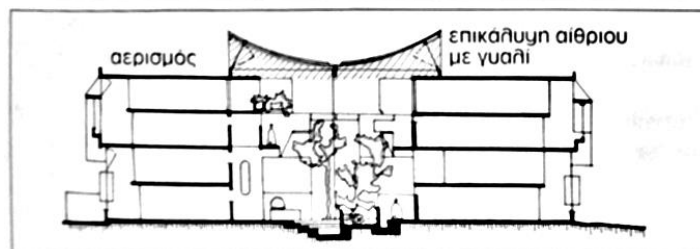
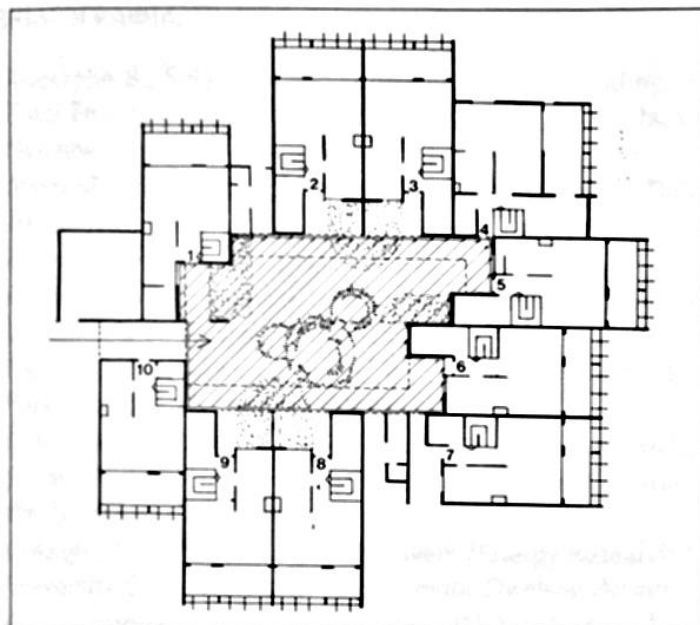
Οι φωταγωγοί και τα αίθρια είναι αμιγώς **αρχιτεκτονικές μέθοδοι** για την καθοδήγηση του ηλιακού φωτός σε συμπαγή κτήρια με εκτενή επίπεδα, σε χώρους που θα ήταν δύσκολο να ηλιαστούν από τις επιφάνειες των όψεων. Γραφεία που παράκεινται στα εν λόγω αίθρια και φωταγωγούς, ακόμα και εκείνα στις πιο δυσμενείς θέσεις, οφείλουν να ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις σε ηλιασμό, δηλαδή τον ελάχιστο δείκτη ηλιασμού και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Hans Jürgen Schmitz υπέδειξε ότι η οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον μέσα από το αίθριο έχει σημαντική επιρροή στην αποδοχή του χρήστη. <sup>(36)</sup> **Προτρέπειται συνεπώς τα αίθρια με θέσεις εργασίας πλήρους απασχόλησης να μην είναι εξ'ολοκλήρου κλειστά περιμετρικά**, η γυάλινη οροφή δεν είναι επαρκής και πρέπει να συνοδεύεται και από μία γυάλινη όψη προς τον εξωτερικό χώρο. Με την χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων γνωρίζουμε ότι εξασφαλίζεται επαρκής ηλιασμός σε θέσεις εργασίας εάν η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών δεν ξεπερνάει τις 45 μοίρες προκειμένου να καλύψουν εσωτερικά όλο το ύψος του αίθριου. Όροφοι-βεράντες ή εσωτερικές αυλές με κωνικό σχήμα είναι επιπρόσθετα εργαλεία του αρχιτέκτονα που επιδιώκει την σύζευξη πυκνής δόμησης/κατοίκησης και τις επαρκείς συνθήκες ηλιασμού [Εικ. Χ]. Στενά αίθρια και εσωτερικές αυλές μπορούν να υλοποιηθούν στην περίπτωση που στα χαμηλά επίπεδα δεν υπάρχουν θέσεις πλήρους απασχόλησης.

Ανάλογες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για τους ακάλυπτους χώρους που δημιουργούνται στο εσωτερικό των οικοδομικών τετραγώνων, στον αστικό ιστό των ελληνικών πόλεων. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών είναι θετικά και καθιστούν φανερό την ανάγκη εξυγίανσης αυτών των χώρων και τη μετατροπή τους σε πυρήνες πρασίνου, θερμικά ευχάριστους και κοινωνικά χρήσιμους. Η ενοποίηση των εσωτερικών ακάλυπτων χώρων και η ενδεχόμενη μετατροπή τους σε ηλιακούς χώρους, συμβάλλει στη **μείωση των θερμικών απωλειών** των παρακείμενων πολυκατοικιών και **επαυξάνει τα θερμικά κέρδη** από τον ήλιο, ιδιαίτερα για τις βορεινές πολυκατοικίες. Παράλληλα αναβαθμίζεται αυτό, το υπό εγκατάλειψη περιβάλλον, που σήμερα αποτελεί εστία μόλυνσης, λόγω συγκέντρωσης σκουπιδιών, προσφέροντας έτσι πολύτιμο ελεύθερο χώρο για κοινωνικές δραστηριότητες. [Εικ. 46 & 47]



Εικ. 45: Διαθεσιμότητα ηλιακού φωτός σε ηλιόλουστη μέρα για διαφορετικά ανοίγματα οροφής.



Εικ. 46, Πάνω. Εσωτερικό αίθριο σε συγκρότημα κατοικιών στη Γαλλία.

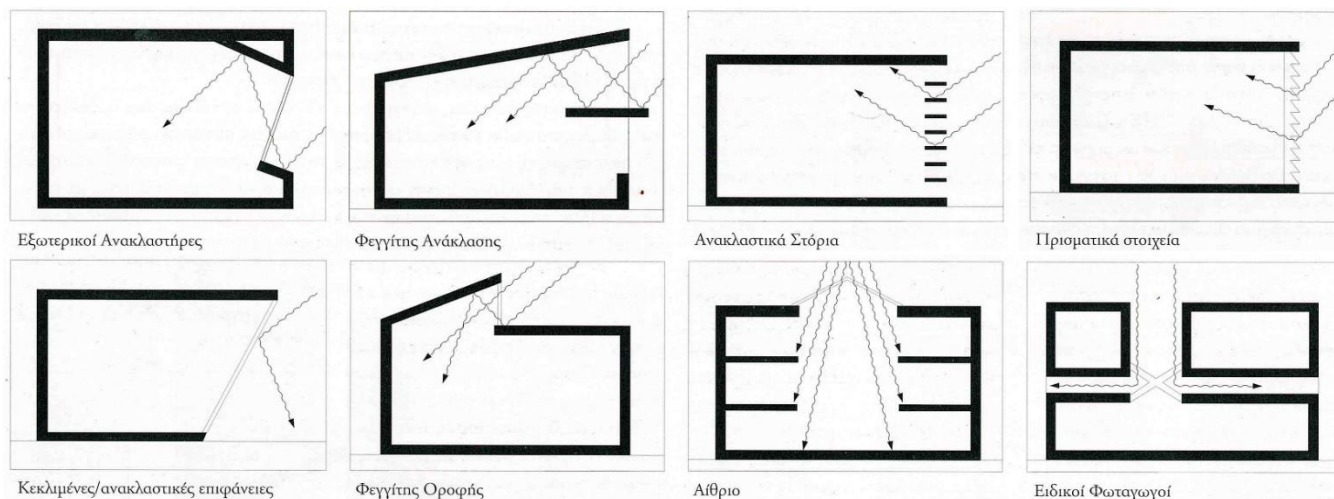
Εικ. 47, Κάτω: Τομή ηλιακού αίθριου, αερισμός του χώρου το καλοκαίρι.



# [Γ.Α.2] Διατάξεις Βελτιστοποίησης Ηλιακού Φωτισμού μέσω Ανάκλασης & Διάθλασης

## Επιλογή Επιφάνειας Ανάκλασης

Ως ένα βαθμό η ακτινοβολία σε ένα άνοιγμα μπορεί να αυξηθεί με τη τοποθέτηση ανακλαστήρων στο σύστημα του υαλοστασίου [Εικ. 48 & 49]. Οι ανακλαστήρες μπορεί να είναι μεταλλικές επιφάνειες που μερικές φορές προστατεύονται με τζάμι. Νερό, χιόνι ή άλλες επιφάνειες ανοιχτού χρώματος μπορεί να έχουν όμοιο αποτέλεσμα. Μπορεί να είναι αναγκαίο να ρυθμιστεί η γωνία ενός μεταλλικού ανακλαστήρα για να μεγιστοποιηθεί το ωφέλιμο κέρδος κατά την περίοδο θέρμανσης. Αν και αυτό είναι κοινό στους ανακλαστήρες σε άλλες ηλιακές εφαρμογές, στα παθητικά ηλιακά κτίρια μπορεί να προκληθούν προβλήματα θάμβωσης, ειδικά αν τοποθετηθούν μπροστά από τα παράθυρα κάτω από το ύψος του οφθαλμού.

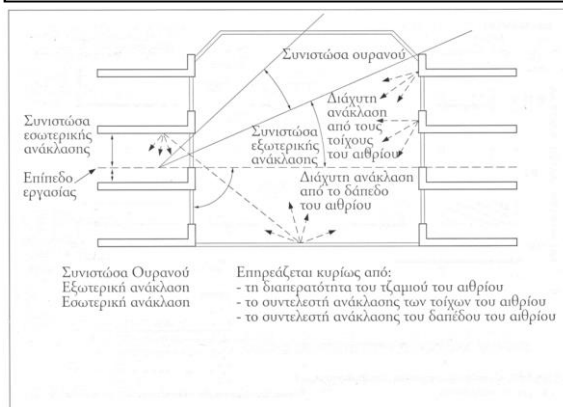


Εικ. 48, Πάνω: Συστήματα ελέγχου του ηλιακού φωτός.

Εικ. 49, Κάτω: Το αίθριο ως πηγή φυσικού φωτισμού.

**Η ανάκλαση μπορεί να είναι συγκεντρωμένη ή διάχυτη.** Γυαλιστερές μεταλλικές επιφάνειες δίνουν κυρίως συγκεντρωμένη ανάκλαση ενώ οι περισσότερες άλλες επιφάνειες δίνουν διάχυτη. Συγκριτικά, η ανάκλαση από ανακλαστήρες διάχυσης δεν είναι τόσο αποτελεσματική. Οι ανακλάσεις τους είναι συχνά μικρότερες από τις αντίστοιχες των μεταλλικών επιφανειών και επίσης, η ακτινοβολία που ανακλάται ανά μονάδα επιφάνειας και στη συνέχεια μεταδίδεται κατά τη διεύθυνση του παρακείμενου ανοίγματος είναι μικρότερη. Οι ανακλαστήρες διάχυσης έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους, δε χρειάζονται περιοδική ρύθμιση και αποτελεί μία βιώσιμη λύση για νότια ανοίγματα. Η ανακλαστικότητα του νερού δεν είναι τόσο μεγάλη όσο συχνά θεωρείται. Επίσης ποικίλλει σημαντικά με τη γωνία πρόσπτωσης. Σε χαμηλά ύψη του ήλιου η ανάκλαση της επιφάνειας είναι μόνο 35% και αυτή ελαττώνεται αν υπάρχουν κύματα. Σε μεγάλα ύψη του ήλιου η ανάκλαση της επιφάνειας πέφτει στο 2% επειδή η πλειονότητα του ηλιακού φωτός μεταδίδεται μέσα στο νερό [Εικ. 50].

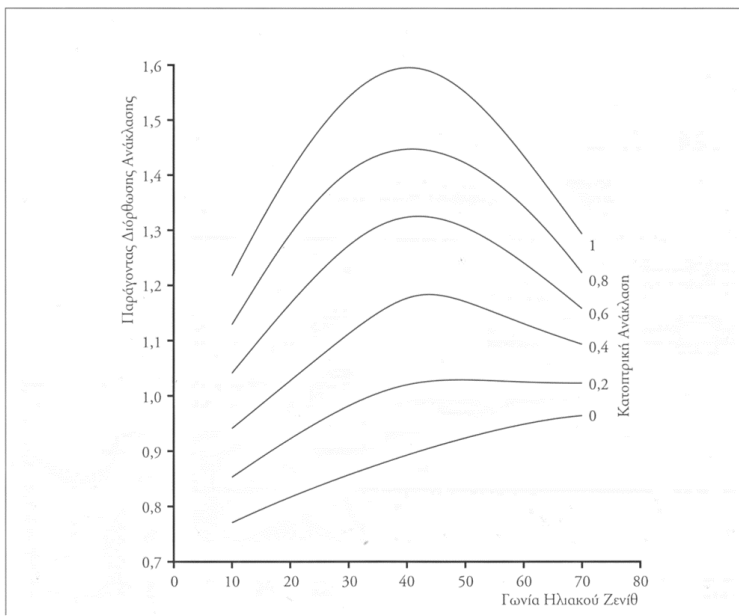
Οι κατοπτρικές ανακλάσεις των διαφόρων υλικών φαίνονται στην εικόνα 51. Το αποτέλεσμα της ηλιακής ενέργειας που συλλέγεται σε ένα οριζόντιο κατοπτρικό ανακλαστήρα στη βάση ενός ηλιακού ανοίγματος, για διάφορες ανακλάσεις του ανακλαστήρα, φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνας 52.



Γωνία Πρόσπτωσης	Ανάκλαση	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ   ΑΝΑΚΛΑΣΗ	
0°	0,02	Αλουμίνιο Γυαλιστερό Λευκό χρώμα Βαφή Αλουμινίου	0,7 0,6 - 0,9 0,45
45°	0,03		
60°	0,06		
75°	0,21		
80°	0,35		

Εικ. 50, Αριστερά: Ανακλάσεις της επιφάνειας του νερού για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης με δείκτη διάθλασης  $n=1,33$ .

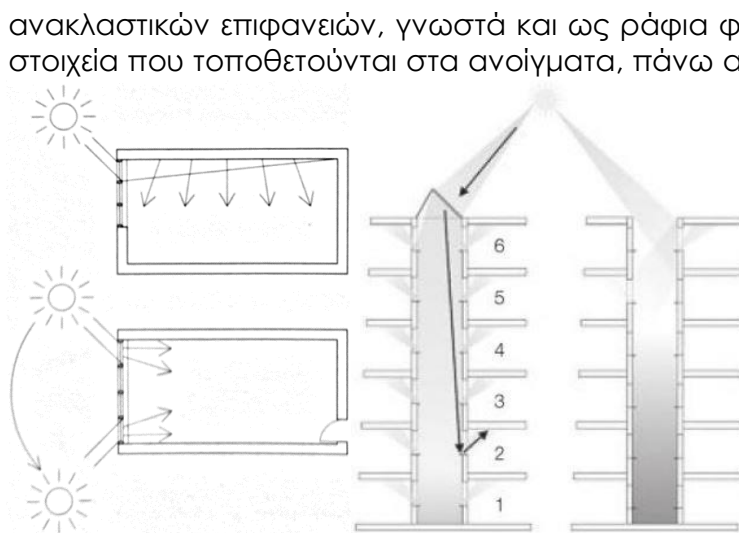
Εικ. 51, Δεξιά: Ανακλάσεις διαφόρων επιφανειών.



Εικ. 52: Ολική ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνειες διαφόρων προσανατολισμών μία ανέφελη μέρα στο Λονδίνο (Kew). Συμπεριλαμβάνεται και η ακτινοβολία του εδάφους. Το αποτέλεσμα του ηλιασμού ενός οριζόντιου κατοπτρικού ανακλαστήρα, μπροστά στον επίπεδο συλλέκτη, ως συνάρτηση της ελάχιστης γωνίας ηλιακού ζηνίθ (=90°-ηλιακό ύψος). Οι καμπύλες αυτές αντιπροσωπεύουν ένα νότιο ανοίγμα, πέντε φορές πιο ευρύ από το ύψος του, με βάθος ανακλαστήρα ίσο προς το ύψος του ανοίγματος, με μήκος ίσο με αυτό του ανοίγματος σε συνθήκες ανέφελου ουρανού.

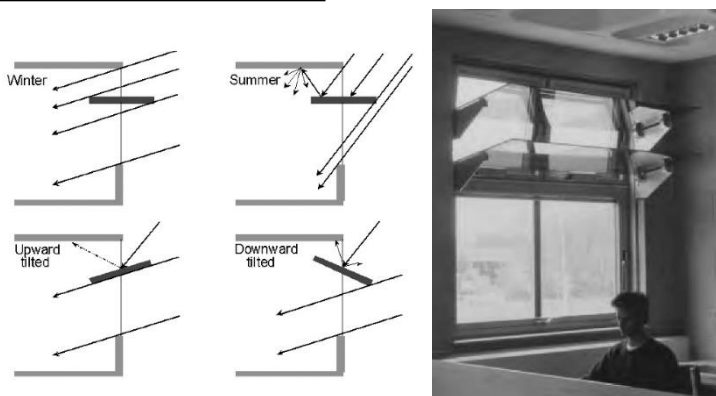
### Ανακλαστικά Ράφια Φωτισμού

Μία αρκετά αποδοτική μέθοδος, γνωστή από την εποχή των Φαραώ, είναι η ανάκλαση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και παράλληλα η επίτευξη σκιασμού μέσω οριζόντιων, σταθερών ανακλαστικών επιφανειών, γνωστά και ως ράφια φωτισμού [Εικ. 53]. Είναι επίπεδα ή καμπύλα στοιχεία που τοποθετούνται στα ανοίγματα, πάνω από τη γραμμή της όρασης. Συνήθως έχουν στυλπνή την άνω επιφάνεια τους (κατοπτρική επιφάνεια ή επιφάνεια που προκαλεί διάχυση), στην οποία ανακλάται η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και κατευθύνεται προς την οροφή του χώρου, ή αντίστοιχα διαχέεται, βελτιώνοντας έτσι την κατανομή του διαθέσιμου φωτισμού [Εικ. 54]. Παράλληλα σε εξωτερικά ανοίγματα λειτουργούν ως προστατευτική διάταξη για το τμήμα του ανοίγματος που βρίσκεται κάτω από αυτά [Εικ. 55]. Το σύστημα των ανακλαστικών ραφιών επηρεάζει τον αρχιτεκτονικό και στατικό σχεδιασμό του κτηρίου, καθώς απαιτεί σχετικά υψηλή οροφή για να δράσει αποτελεσματικά [Εικ. 56 & 57].



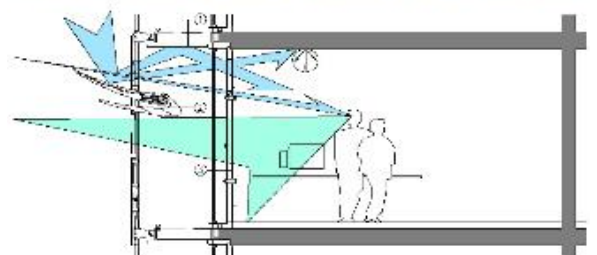
Εικ. 53: Διανομή του φωτός με ανακλαστικά στοιχεία στην όψη και την ανάκλαση της οροφής.

Εικ. 54: Η αρχή καθοδήγησης ηλιακού φωτός στους ορόφους του αίθριου, σε σύγκριση με συμβατική κατασκευή αίθριου.



Εικ. 55, Αριστερά: Διάγραμμα διανομής ηλιακού φωτός από ανακλαστικά ράφια εσωτερικού-εξωτερικού τύπου. Στην κάτω σειρά περιγράφεται η διαφοροποίηση της διανομής για ράφια με δυνατότητα περιστροφής.

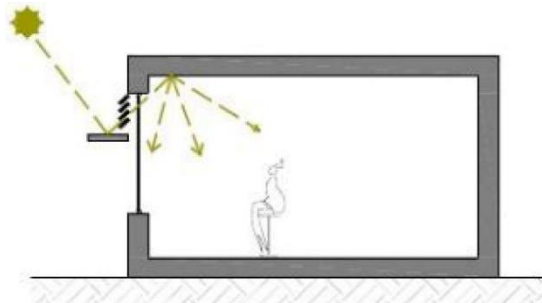
Εικ. 56, Δεξιά: Ημιδιαφανές σύστημα διπλών ραφιών από ανακλαστικό υαλοπίνακα.



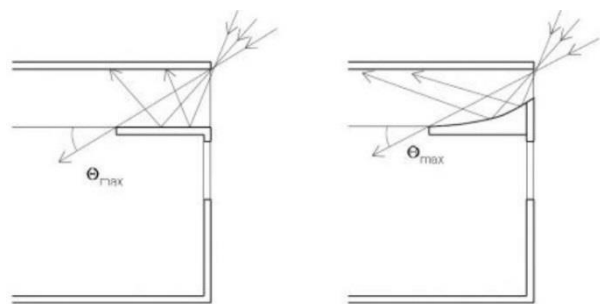
Εικ. 57: Κτήριο Διοίκησης, Wiesbaden, 2003 Herzog & Partners Architecture + Technology Award 2006

Τα ράφια πρέπει να σχεδιάζονται ξεχωριστά για το εκάστοτε άνοιγμα, λαμβάνοντας υπ' όψιν τον προσανατολισμό του, την διάταξη του εσωτερικού χώρου και το γεωγραφικό πλάτος [Εικ. 58]. Μπορούν να προταθούν για κλίματα με ουσιώδη παρουσία άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και είναι εφαρμόσιμα σε χώρους με μεγάλο βάθος και νότιο προσανατολισμό στο βόρειο ημισφαίριο (ή βόρειο προσανατολισμό στο νότιο ημισφαίριο) [Εικ. 59].

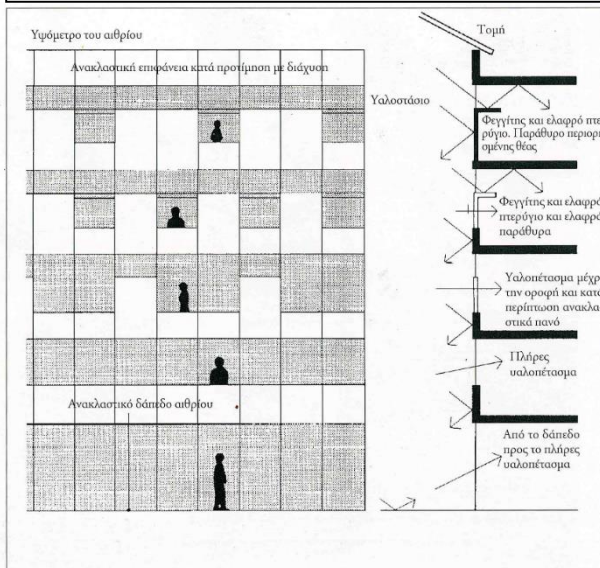
Τα ανακλαστικά ράφια δεν είναι αποτελεσματική λύση για ανατολικά ή δυτικά ανοίγματα και σε γεωγραφικές περιοχές που ο καιρός είναι σε μεγάλο ποσοστό νεφελώδης. Υφίσταται επίσης και η πιθανότητα θάμβωσης, εκτός εάν ενσωματωθεί κινητό σύστημα σκίασης ανάμεσα στα ράφια και τον εσωτερικό χώρο [Εικ. 60]. Η κάτω στάθμη των ραφιών δεσμεύει επίσης το φως που προέρχεται από την ανάκλαση του εδάφους και αυξάνει περαιτέρω την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο χώρο.



Εικ. 60: Σύστημα ελέγχου έντασης ηλιακής ακτινοβολίας με περσίδες, που επαυξάνει τις δυνατότητες σκίασης του ανακλαστικού ραφιού.



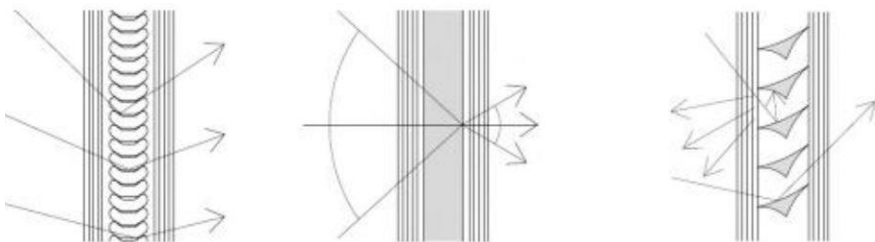
Εικ. 58: Αριστερά, σκίαση και φωτισμός με ανακλαστικά ράφια. Δεξιά, διάγραμμα λειτουργίας ραφιών εγκατεστημένων στο New House of Commons, Westminster, London. Σχεδιασμός ηλιακού φωτισμού: Michael Hopkins and Partners



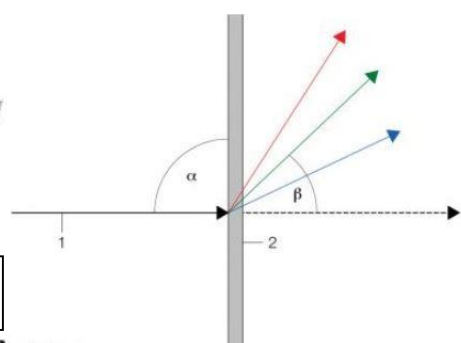
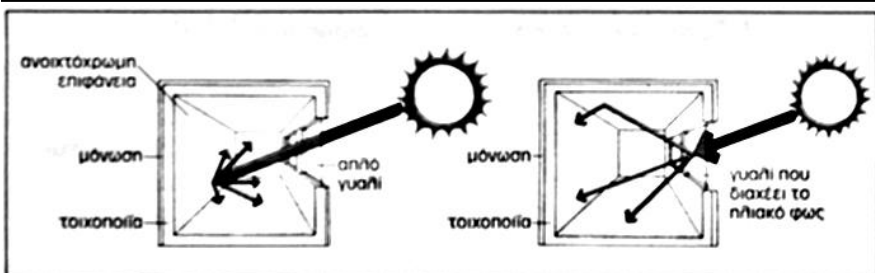
Εικ. 59: Πρόταση όψης σύμφωνα με το διαθέσιμο ηλιακό φως.

## Διαθλαστικοί Υαλοπίνακες

Οι διαθλαστικοί υαλοπίνακες αποτελούν προϊόν της σύγχρονης βιομηχανίας και πλέον είναι διαδεδομένοι στην αγορά προϊόντων. Επιτρέπουν τη διανομή του φωτός προς το βάθος του χώρου, χωρίς να προκαλείται θάμβωση και χωρίς κινητά μέρη [Εικ. 61 & 62]. Το σύστημα αντανάκλας τόσο την κάθετη όσο και την οριζόντια προσπίπτουσα ακτινοβολία, παρέχοντας συνεκτικό μη-θαμβωτικό φωτισμό σε βάθος έως 10 μέτρων.



Εικ. 61: Απεικόνιση λειτουργικής αρχής 3 τύπων διαθλαστικών υαλοπινάκων.



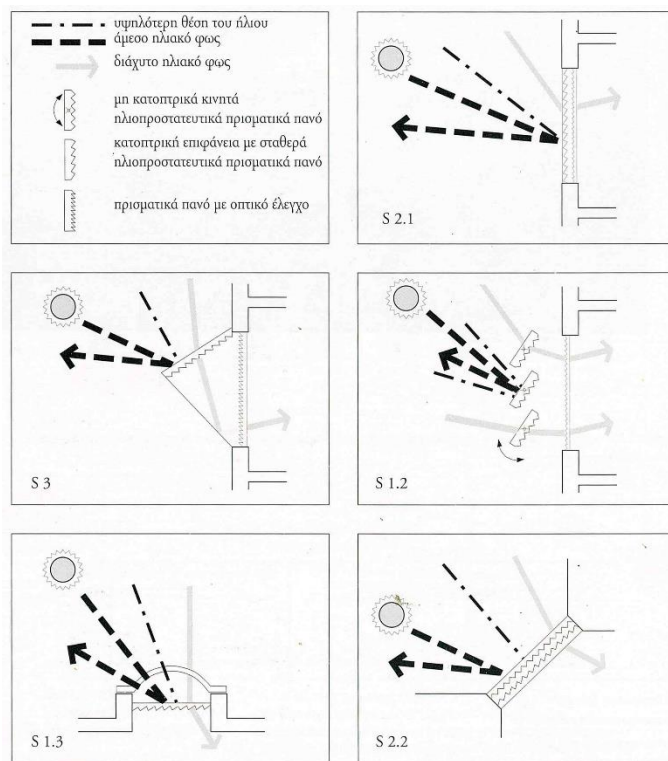
Εικ. 63, Πάνω: Η αρχή λειτουργίας των ολογραμμάτων μετάδοσης για την διάθλαση του φωτός.

Εικ. 62: Κατανομή της ακτινοβολίας με υαλοπίνακα απλής διάχυσης.



Προσεγγιστικά κατά τη μεσουράνηση του ηλίου, το ηλιακό φως αποδίδει ακτινοβολία λίγο περισσότερο από  $g=1\text{KW}$  ανά τετραγωνικό μέτρο στο επίπεδο της θάλασσας. Από αυτή την ενέργεια, το 52,5% αποτελείται από υπέρυθρη ακτινοβολία ( $IR=527\text{ Watts}$ ), το 44,5% από το ορατό φως ( $t=445\text{ Watts}$ ) και 3% από την υπεριώδη ( $UV=32\text{ Watts}$ ). <sup>(37)</sup> **Οι επιλεκτικοί φασματικοί υαλοπίνακες** [Εικ. 63 & 64] έχουν **υψηλή μετάδοση ορατού φωτισμού και χαμηλή μετάδοση υπέρυθρης ακτινοβολίας**  $g/t=0.25/0.50$  (όπου  $g$ = Συνολική ενέργεια μετάδοσης και  $t$ = Μετάδοση ορατού φωτός), την στιγμή που κοινά αντηλιακά τζάμια έχουν σχεδόν ίσους τους δείκτες  $g$  &  $t$ .

Τα φασματικά συστήματα σκίασης, που στοχεύουν την άμεση ηλιακή πρόσπτωση για την διάθλαση της και επιτρέπουν στο διάχυτο φωτισμό να ρέει ανεπηρέαστα, παρέχουν φυσικό φωτισμό, απρόσκοπτη επαφή με το περιβάλλον και προστασία από θάμβωση [Εικ. 65 & 66]. Τα αναφερόμενα συστήματα απαιτούν την παρακολούθηση της μονοαξονικής πορείας του ήλιου και λειτουργούν μέσω **διαφανών ολογραμμάτων** επιλεκτικών κατευθύνσεων, ενσωματωμένων στο γυαλί. Το φως διαθλάται μόνο υπό ορισμένες γωνίες πρόσπτωσης και διαχωρίζεται στα επιμέρους χρώματα που το συνιστούν, όπως θα προκαλούσε ένα γυάλινο πρίσμα. Για την επανασύνθεση των χρωμάτων και την επίτευξη φυσιολογικού φωτισμού χρησιμοποιούνται κάναβοι ολογραμμάτων άσπρου φωτός στην εσωτερική πλευρά. [Εικ. 67].



Εικ. 64: Σχέδια πρισματικών κατασκευών.



Εικ. 67: Κτήριο SUVA, Basel, 1993, Herzog & de Meuron. Οι μεμβράνες των υαλοπινάκων τοποθετήθηκαν κατά την αναβάθμιση του κτηρίου και επιτελούν πολλαπλές λειτουργίες.

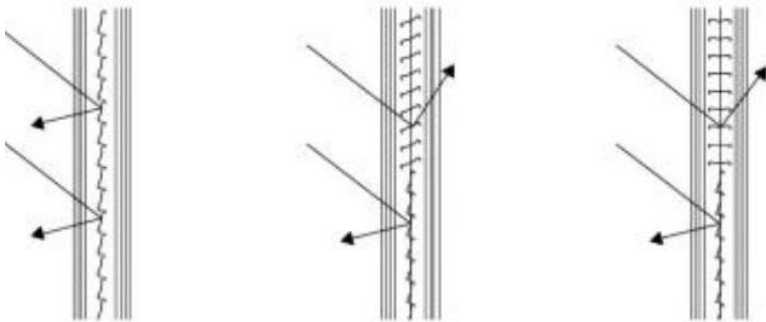
Εικ. 65 & 66: Χώρος υποδοχής επισκεπτών, Πανεπιστήμιο της Βρέμης, 2001, Jan Stormer Architects. Παραδειγματική εφαρμογή ολογραμμάτων κατεύθυνσης ηλιακής ακτινοβολίας εντυπωμένων στους υαλοπίνακες της οροφής προστατεύουν από την άμεση ακτινοβολία και παρέχουν οπτική ευκρίνεια μέσω της διάχυσης του φωτισμού. Την νύχτα, αξιοποιείται και πάλι η λειτουργία διάθλασης των υαλοπινάκων της οροφής, καθώς οι πηγές του τεχνητού φωτισμού βρίσκονται πάνω από αυτήν.



## Ανακλαστικές Ενετικές Περσίδες (Γρύλλιες)

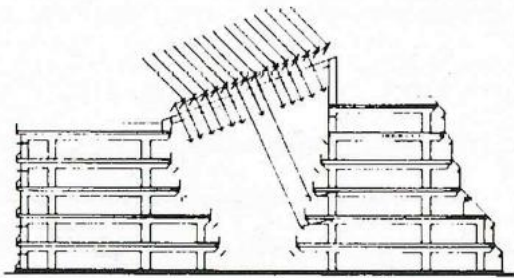
Το σύστημα των ενετικών περσίδων δεν δύναται να αποτελεί μονάχα μέρος θερμικής προστασίας του κτηρίου, αλλά μπορεί να τοποθετηθεί εσωτερικά του ανοίγματος για τη ρύθμιση του εσωτερικού φωτισμού, ενώ παράλληλα ενισχύονται τα παθητικά θερμικά κέρδη τη χειμερινή περίοδο. Το σύστημα θερμικής προστασίας δεν πρέπει να έρχεται σε αντιπαράθεση με τον φυσικό ηλιασμό και την επαφή με το περιβάλλον, μία συνθήκη που δεν υποστηρίζεται εύκολα όπως φανερώνουν οι ενετικές περσίδες που συνήθως τοποθετούνται. Εάν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες διατάξεις, ακόμη και τα μικρά ανοίγματα παρέχουν ικανοποιητική ποσότητα φωτισμού [Εικ. 68]. <sup>(38)</sup> Είναι σύνηθες το δυσάρεστο φαινόμενο να ενεργοποιείται ο τεχνητός φωτισμός όταν τίθεται σε λειτουργία το σύστημα σκίασης.

Ευέλικτες εφαρμογές είναι εξαιρετικά επωφελείς για τον ηλιακό φωτισμό [Εικ. 69]. **Αντιθέτως η σταθερή μείωση της μεταδιδόμενης ακτινοβολίας και τα συστήματα σταθερής σκίασης βάσει του Ηλιακού Ύψους είναι εξαιρετικά ζημιογόνα για τον φυσικό φωτισμό, ειδικά κατά τις νεφελώδεις ημέρες.**

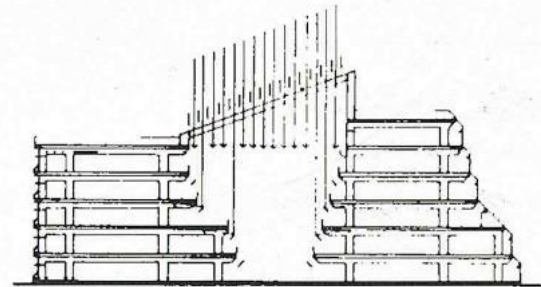


Εικ. 68, Αριστερά: Ευέλικτο σύστημα σκίασης υπό τη μορφή ενετικών περσίδων, ικανών να ανακατευθύνουν το φως.

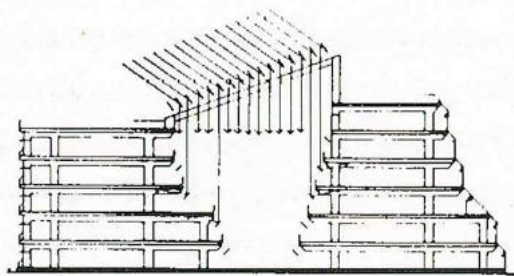
Εικ. 69, Κάτω: Σύστημα αίθριου με γρύλλιες. Κτίριο TVA Chattanooga.



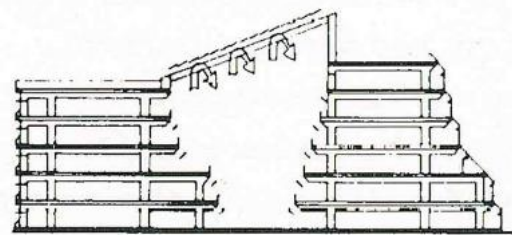
Ο άμεσος θερινός ήλιος δεσμεύεται με ανακλαστικές γρίλιες παράγοντας διάχυτη δέσμη φυσικού φωτισμού και αποβολή ηλιακής θερμότητας.



Δίοδοι από κατοπτρικές γρίλιες συλλαμβάνουν το χειμερινό ήλιο για άμεση δέσμη φυσικού φωτισμού και παθητικού ηλιακού κέρδους.



Οι γρίλιες παραμένουν ανοικτές κατά τις νεφελώδεις ημέρες ώστε να επιτρέπουν τη μέγιστη διαθεσιμότητα φυσικού φωτισμού από το θόλο.



Οι γρίλιες κλείνουν κατά τις χειμερινές νύκτες με την ανακλαστική επιφάνεια προς τα κάτω δημιουργώντας φραγμό στην υπέρυθρη απώλεια θερμότητας.



## Ηλιακοί Φωτοσωλήνες

Σύγχρονα μέσα της εποχής, επιτρέπουν την δέσμευση και την **προώθηση του ηλιακού φωτός σε χώρους που διαφορετικά δεν θα είχαν την ικανότητα να φωταγωγηθούν** φυσικά από όψεις, οροφή, αίθριο κλπ. [Εικ 70-72] Βασισμένα στο φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός και μεταφέροντας όλες τις ποιότητες αυτού, εξελίχθηκαν τα συστήματα των ηλιακών φωτοσωλήνων. Τόσο το άμεσο όσο και το διάχυτο ηλιακό φως δεσμεύεται μέσω κρυστάλλινου θόλου, στο δώμα ή στις όψεις ενός κτιρίου, διοχετεύεται μέσω υπέρ ανακλαστικού σωλήνα με **ποσοστό ανάκλασης που φτάνει το 99,8%** και τελικώς διανέμεται στον χώρο μέσω κρυστάλλινου διαχύτη [Εικ. 71 & 72]. Στους πίνακες παρακάτω παρέχονται τεχνικά στοιχεία/αποδόσεις ενός εκ των κατασκευαστών [Εικ. 75] ενώ σε γενική βάση:

- Το μήκος που μπορεί να διανύσει το φως χωρίς ουσιαστικές απώλειες ποικίλει από 5 έως **25 μέτρα**, διαφέρει ανά κατασκευαστή και είναι άμεσα συνδεδεμένο με την διάμετρο του ανακλαστικού σωλήνα.
- Εξίσου συνδεδεμένα με την διάμετρο του σωλήνα είναι η ένταση φωτισμού που αποδίδει το σύστημα στον χώρο και το κόστος εγκατάστασης, με δεδομένο ο σωλήνας απαρτίζει συνήθως το μεγαλύτερο μέρος του κόστους.
- Πρέπει να γίνει προσεκτική τοποθέτηση του κρυστάλλινου συλλέκτη, ώστε να έχει τις περισσότερες δυνατές ώρες άμεσου ηλιασμού ανά ημέρα.
- Όταν η όδευση του σωλήνα αλλάξει κατεύθυνση, υπάρχει επίπτωση στην απόδοση του συστήματος, ενώ δεν συνίσταται να αλλάξει 2<sup>η</sup> φορά κατεύθυνση μέχρι τον διαχύτη.
- **Κατοπτρικοί ανακλαστήρες** μπορούν να ενισχύσουν την απόδοση του συστήματος.
- Υπάρχει η δυνατότητα μείωσης της θερμοπερατότητας του συστήματος και να επιτευχθεί U value= 0,6 W/(m<sup>2</sup>\*K).

Εικ. 73, Πάνω: Διάγραμμα λειτουργίας του φωτοσωλήνα.

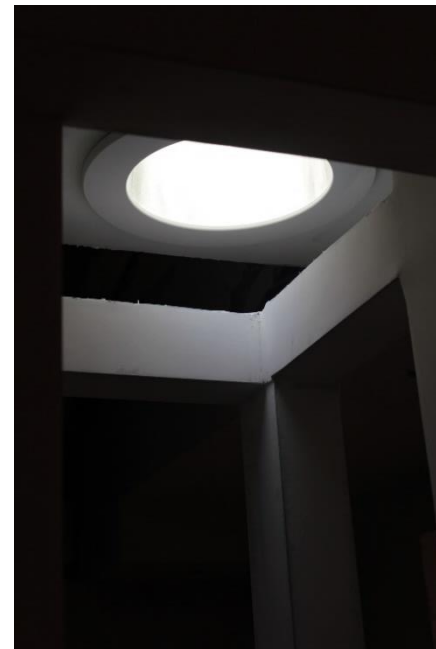
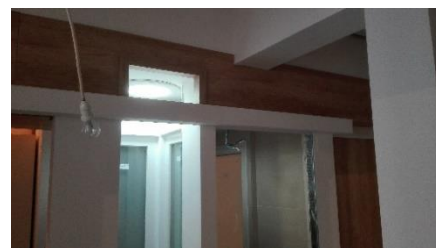
Εικ. 74, Πάνω: Κρυστάλλινοι διαχύτες και κρυστάλλινος συλλεκτικός θόλος.

Εικ. 70-72, Δεξιά: Προσαρμογή συστήματος σε ισόγειο οροφοδιαμέρισμα τριόροφης πολυκατοικίας. Φωτογραφίες κατά την διαδικασία της ανακαινίσεως. Στην ενδιάμεση εικόνα μπορεί να συγκριθεί ο φωτισμός που παρέχει ο φωταγωγός της πολυκατοικίας με εκείνον του συστήματός του φωτοσωλήνα. Μοντέλο Lightway Crystal 300HP, όδευση: 6,5 μ.

Εικ. 75, Κάτω: Πίνακες τεχνικών προδιαγραφών διαφόρων μοντέλων φωτοσωλήνα του ίδιου κατασκευαστή για κλίμακα κατοικίας έως βιομηχανίας.

Daylight performance			
type	tube diameter (mm)	illumination space (m2)	recommended length up to (m)
<b>Lightway Crystal 200 HP</b>	152	6	5
<b>Lightway Crystal 300 HP</b>	220	9	5
<b>Lightway Crystal 400 HP</b>	320	19	10
Lightway Silver 600	520	50	15
Lightway Silver 800	760	107	25

LW type	lighting area (m2)	max lenght of tubes	performance (lumens)
Lightway Silver 600	50	15	15 000 Lumens
Lightway Silver 800	107	25	32 000 Lumens



# ΕΝΟΤΗΤΑ Β- ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

## [Γ.Β.1] Επιλογή κατάλληλων Υλικών Δόμησης

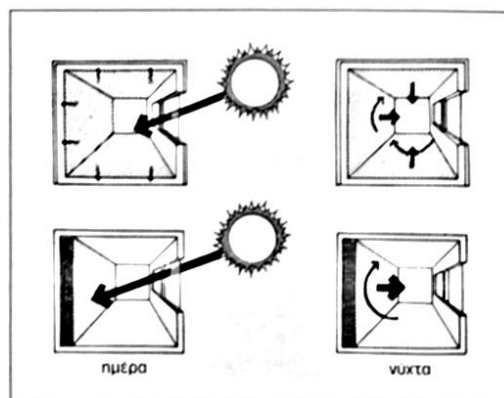
### Θερμομόνωση

Η θερμομόνωση του κελύφους επιτυγχάνεται με μία ή περισσότερες στρώσεις υλικού με χαμηλό **συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  W/m<sup>2</sup>\*K** (π.χ. εξηλασμένη/διογκωμένη πολυστερίνη, διάκενο αέρα) [Εικ. 76] και ικανού **πάχους  $d$**  για την επίτευξη επαρκούς θερμικής αντίστασης  $R = d/\lambda$  από το υλικό. Τα περισσότερα κελύφη απαρτίζονται από πολλές στρώσεις υλικών, καθεμία εξ'αυτών συμβάλλει στον συντελεστή της Θερμοπερατότητας του κελύφους με τον τύπο  $U = 1/(R_a + R_b + \dots + R_z)$ . Εν ολίγοις, η θερμομόνωση είναι ουσιώδους σημασίας για την ομαλή θερμική συμπεριφορά του κτηρίου και είναι πλέον νομικά επιβεβλημένη για νέα δόμηση στην Ελλάδα διότι:

- Για την αποτελεσματικότερη λειτουργία του κτιρίου είναι ανάγκη η θερμότητα, που συλλέγεται από τον ήλιο, να **παγιδεύεται εσωτερικά του κτιρίου και να μην διασκορπίζεται εξωτερικά**.
- Αντίστροφα το καλοκαίρι, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες, το κτίριο απορροφά θερμότητα, την οποία σταδιακά διοχετεύει μέσα στον χώρο, με **κίνδυνο βεβαίως να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης**.
- Η θερμομόνωση προσφέρει συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στο κτίριο, γιατί **περιορίζεται η ακτινοβολία θερμότητας από το σώμα** του ανθρώπου προς τις περιμετρικές επιφάνειες του χώρου, οι οποίες είναι συνήθως ψυχρότερες από τον αέρα του χώρου.

### Θερμοχωρητικότητα/Θερμική μάζα & Ροή

Τα δάπεδα, οι εσωτερικοί τοίχοι, οι στέγες, τα χωρίσματα και τα έπιπλα μπορούν να παράσχουν θερμοχωρητικότητα που συνήθως αναφέρεται ως θερμική μάζα. (Εικ 77) Η θερμική μάζα έχει σημαντικό αποτέλεσμα στην άνεση, την κατανάλωση ενέργειας και στο φορτίο αιχμής για ψύξη. Μπορεί να αποθηκεύσει τόσο θερμότητα όσο και ψύξη και αν έχει μελετηθεί και τοποθετηθεί καλά μπορεί να δράσει ως ρυθμιστής, εξομαλύνοντας τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και καθυστερώντας τις αιχμές θερμοκρασίας, περιορίζοντας τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και παρέχοντας βελτιωμένες συνθήκες άνεσης.



Εικ. 77: Η λειτουργία της θερμικής μάζας στον χώρο.

Εικ. 76: Ειδικές θερμότητες και πυκνότητες διαφόρων υλικών.

Υλικό	Πυκνότητα kg/m <sup>3</sup> (ρ)	Ειδική σύνθετη αγωγιμότητα kJ/m <sup>2</sup> hK	Θερμική αγωγιμότητα W/mK (k)	Ειδική χωρητικότητα kJ/kgK (Cp)	Θερμική χωρητική αντίσταση kJ/m <sup>2</sup> K	mm
Κανονικό σκυρόδεμα	2400	142	2,10	1,0	576	240
Ελαφρύ σκυρόδεμα	1000	39	0,38	1,0	240	240
Σκυρόδεμα εμπλουτισμένο με αέριο	400	15	0,14	1,0	96	240
Πυρότουβλο	1400	58	0,60	1,0	336	240
Κοίλος όγκος σκυροδέματος	1400	63	0,70	1,0	336	240
Άσφαλτος	2300	91	0,90	1,0	138	60
Μίγμα τσιμέντου και άμμου	2000	106	1,40	1,0	120	60
Μάρμαρο σε ασβεστοκονίαμα	2800/2000	188/106	3,5/1,4	1,0	136	20+40
Πλακίδια/Ασβεστοκονίαμα	2000/2000	90/106	1,0/1,4	1,0	120	20+40
Αλουμίνιο	2700	1310	200	0,8	130	60
Χάλυβας	7800	860	60	0,4	187	60
Ξύλο	600	26	1,40	2,1	78	60
Μόνωση συμπαγούς αφρού	20	30-45	0,03	1,5	1,80	60
Οριζόντιο στρώμα ακινητοποιημένου αέρα 1,25	-	-	0,30	1,0	0,08	60
Για σύγκριση:						
Νερό	1000	98	0,58	4,2	1008	240

Η θερμική μάζα μετριάζει τη διακύμανση της θερμοκρασίας απορροφώντας θερμότητα άμεσα από τις θέσεις που πέφτει ο ήλιος και από τον αέρα. Η επάρκεια της προσφερόμενης θερμικής μάζας αποτελεί προϋπόθεση για την θετική συμβολή των παθητικών συστημάτων ηλιακών θερμικών απολαβών (ανοίγματα κελύφους, ηλιακούς τοίχους Μάζας/Trombe, ηλιακοί χώροι).

Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, προέκυψε ότι η **επιφάνεια της θερμικής αποθήκευσης**, πρέπει να είναι πολλαπλάσια σε σχέση με την **γυάλινη επιφάνεια συλλογής** της ηλιακής θερμότητας. - μέχρι και 9 φορές μεγαλύτερη. <sup>(39)</sup> Και βεβαίως, τα υλικά αυτής της επιφάνειας οφείλουν να παρέχουν επαρκή θερμική μάζα. Θεωρείται ότι ένας **τοίχος πάχους 10 εκ.** αποθηκεύει επαρκή θερμότητα, ενώ το μεγαλύτερο από 20 εκ. πάχος του τοίχου δεν προσφέρει καλύτερη απόδοση στο σύστημα. Επίσης εφόσον πρόκειται για δάπεδο, το πάχος της **πλάκας** αποτελεί επαρκή μάζα για θερμική αποθήκευση, αρκεί η **επίστρωση να γίνεται από βαριά υλικά**, κεραμικά πλακάκια, μάρμαρο, ή πλάκες.

Η παρουσία αρχιτεκτονικών στοιχείων στο εσωτερικό του κελύφους με αυξημένη θερμική μάζα συμβάλλει στην σταθεροποίηση των θερμοκρασιακών μεταβολών των εσωτερικών χώρων, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές θερμοκρασιακές μεταβολές, την άμεσα προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και τις εσωτερικές πηγές θερμότητας. Αντίστοιχα, κούφια πατώματα (π.χ με ξύλινη επίστρωση) και ψευδοροφές μειώνουν αισθητά την δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης καθώς τα δομικά στοιχεία που αποκρύπτονται δεν λαμβάνουν άμεση ακτινοβολία και παρεμποδίζεται η μεταφορά θερμότητας από συναγωγή.

Η **Περιοδική Ροή Θερμότητας** γίνεται αντιληπτή όταν η εσωτερική θερμοκρασία ενός χώρου μεταβάλλεται, ακολουθώντας την μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας, με μικρότερες όμως αποκλίσεις ανάμεσα στην μέγιστη και την ελάχιστη τιμή και με μία χρονική υστέρηση, ως προς την εμφάνιση των αιχμών, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας. Χαρακτηριστικά μεγέθη είναι η **χρονική υστέρηση-(φ)** (time lag) και ο **συντελεστής μείωσης της θερμοκρασίας** (decrement factor). Ο **συντελεστής μείωσης (μ)** εκφράζεται από τον λόγο του μέγιστου εύρους της εσωτερικής θερμοκρασίας προς το αντίστοιχο εύρος της εξωτερικής.  $\mu = T_{\text{imax}}/T_{\text{omax}}$ . (Εικ. Χ) Προφανώς, ο λόγος είναι μικρότερος της μονάδας. Ο λόγος μεγαλώνει όσο αυξάνει η θερμική μόνωση του κελύφους. Αντίθετα, στην περίπτωση μεγάλης θερμικής αδράνειας του κελύφους - χρήση υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα- ο συντελεστής μείωσης είναι μικρός.

Εικ. 78: Χρονική υστέρηση και Συντελεστής μείωσης για διαφορετικά υλικά.

Πάχος σε mm.	50		100		150		200		300	
Υλικά	(φ) ώρες	(μ)	(φ) ώρες	(μ)	(φ) ώρες	(μ)	(φ) ώρες	(μ)	(φ) ώρες	(μ)
σκυρόδεμα	1,3	0,67	3,0	0,45	4,4	0,30	6,1	0,20	9,2	0,09
πλινθοδομή	—	—	2,4	0,48	4,0	0,34	5,2	0,24	8,1	0,12
ξυλεία	2,5	0,48	5,4	0,23	8,3	0,11	—	—	—	—
ορυκτοβάμβακας	2,5	0,48	5,3	0,22	—	—	—	—	—	—

Η αποθήκευση της ηλιακής θερμότητας πραγματοποιείται στην θερμική μάζα της κατασκευής. Η θερμομόνωση προστατεύει το κέλυφος, δηλαδή τη θερμική μάζα, όταν βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά. **Η ποσότητα της θερμικής μάζας, καθώς και ο βαθμός θερμομόνωσης ενός κτιρίου είναι συνάρτηση του κλίματος.**

- Σε κλίμα ψυχρό, η απαίτηση για ικανότερο δείκτη θερμομόνωσης είναι μεγαλύτερη, καθώς και η θερμοκρασία σχεδιασμού (20°C στο εσωτερικό του κτιρίου) αποκλίνει περισσότερο σε σχέση με τις εξωτερικές θερμοκρασίες.
- Σε κλίμα ζεστό ξηρό, η θερμική μάζα αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα, γιατί απορροφά τις έντονες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα. [Εικ 79]
- Για την εύκρατη ζώνη, από 32°-45° Β.Γ.Π., η θερμομόνωση και η θερμική μάζα αποτελούν περίπου ισοδύναμους παράγοντες αποτελεσματικής λειτουργίας του κτιρίου. Τονίζεται ειδικότερα ότι η **θερμική προστασία είναι απολύτως αναγκαία για τη βορεινή πλευρά**, ενώ η απαίτηση για μεγάλη **θερμοχωρητικότητα εντοπίζεται στη δυτική πλευρά**, η οποία επιβαρύνεται με μεγάλη ποσότητα θερμότητας κυρίως το καλοκαίρι. [Εικ 80]



## Θερμικές απώλειες του κελύφους

Οι συνολικές **θερμικές απώλειες του κελύφους** εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- Από την προστασία των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου στους **ψυχρούς χειμωνιάτικους ανέμους**, που αντιμετωπίζεται επαρκώς με κατάλληλους χειρισμούς στο κέλυφος του κτιρίου ή με τη χρήση βλάστησης. (Βλ. Κεφάλαιο 'Γ, Α.1)
- Από τον λόγο της συνολικής **εξωτερικής επιφάνειας προς τον όγκο** του κτιρίου: Ώσυν/Ώσυν. Όσο μικρότερη είναι η συνολική εξωτερική επιφάνεια τόσο μικρότερος είναι ο λόγος, άρα τόσο λιγότερες οι θερμικές απώλειες του κτιρίου. (Βλ. Κεφάλαιο 'Γ, Β.1)
- Από την **μείωση των εκτεθειμένων πλευρών του κτηρίου στις κλιματικές συνθήκες**, που αντιμετωπίζεται υλοποιώντας την αρχέγονη μέθοδο της ενσωμάτωσης τμημάτων, ακόμη και ολόκληρων επιφανειών στο έδαφος (Βλ. Κεφάλαιο 'Γ, Γ.12) ή της σύγχρονα διαδομένης μεθόδου της προσαρμογής 2<sup>ου</sup> εξωτερικού κελύφους.

## Αεροστεγανότητα

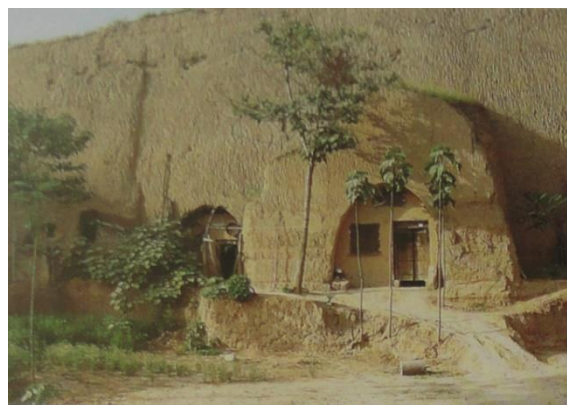
Η μελέτη των συνθηκών κατά το χειμώνα τείνει στην προώθηση της αεροστεγανότητας των κτηρίων και αυτό είναι πλήρως συμβατό με τις απαιτήσεις για την ελαχιστοποίηση του θερμικού κέρδους σε θερμό καιρό. Κατά το θέρους ο εξωτερικός αέρας είναι ελαφρύτερος από τον εσωτερικό αέρα, κάθε διαφυγή αέρα θα αντιπροσωπεύσει ψυκτικό φορτίο για το κτίριο. Στην περίπτωση που ο αερισμός χρησιμοποιηθεί ως τεχνική μέθοδος ψύξης, τότε η διείσδυση αέρα ίσως επιδρά αρνητικά στη ροή της κυκλοφορίας που προκύπτει από τα ανοίγματα τα σχεδιασμένα για αυτό το σκοπό.

Η εναλλαγή του αέρα στον εσωτερικό χώρο, δηλαδή **η αντικατάσταση του χρησιμοποιούμενου από νέα ποσότητα φρέσκου αέρα είναι αναγκαία**,

ακόμη και το χειμώνα για λόγους υγιεινής. Υπολογίζεται ότι ένας ενήλικας χρειάζεται τουλάχιστον 40 m<sup>3</sup> ανά ώρα, για να έχει το απαραίτητο οξυγόνο. Για παράδειγμα για την κατοικία θεωρείται ότι ½ εναλλαγή αέρα ανά ώρα είναι επαρκής, για τους χώρους του καθιστικού και των υπνοδωματίων, ενώ για μία αίθουσα διδασκαλίας υπολογίζεται ότι απαιτούνται 4 εναλλαγές αέρα ανά ώρα. <sup>(40)</sup> Με την βοήθεια μηχανολογικού εξοπλισμού οι απώλειες από την εναλλαγή αέρα μπορούν να εξαλειφθούν και η αεροστεγανότητα του κτηρίου στην πορεία του χρόνου προλαμβάνεται με την επιλογή ποιοτικών υλικών για την δόμηση του κελύφους σε συνδυασμό με την επαγγελματική εφαρμογή και συντήρησή τους.

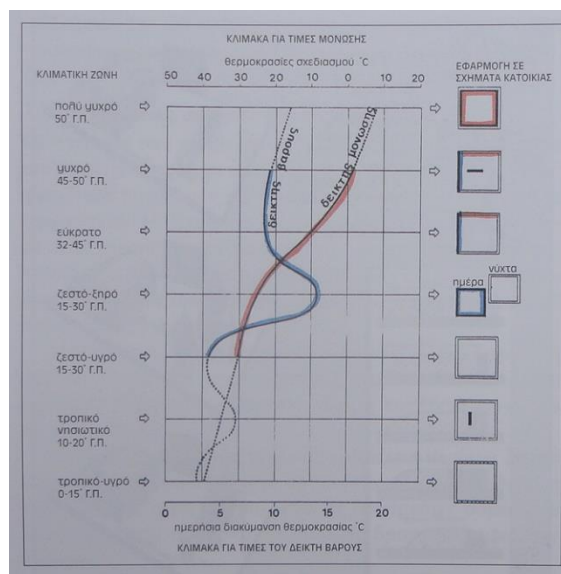
## Το Χρώμα & η Υφή των εξωτερικών επιφανειών

Το Χρώμα & η Υφή των εξωτερικών επιφανειών καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τους τοίχους και την οροφή, και επίσης και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι την θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας και κατ' επέκταση την διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Για παράδειγμα ένα δώμα βαμμένο με σκούρο χρώμα μπορεί να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία αρκετά αυξημένη σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα, ενώ η αντίστοιχη υπέρβαση μόλις φτάνει τον **1°C για ένα δώμα άσπρης απόχρωσης με ασβέστη**.



Εικ. 79: Υπόσκαφη κατοικία στην επαρχία Shaanxi στην Κίνα. Κατά την χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο επιτυγχάνεται εσωτερική διαφοροποίηση της θερμοκρασίας κατά 10°C θερμότερα και ψυχρότερα αντίστοιχα.

Εικ. 80: Η σημασία του δείκτη θερμικής μόνωσης & θερμοχωρητικότητας, σε συνάρτηση με τις θερμοκρασίες και την διακύμανση – θερμοκρασιακό εύρος- για διαφορετικό κλίμα.



## [Γ.Β.2] Ανοίγματα

### Ανοίγματα Όψεων

Τα ανοίγματα ενός κτηρίου συνιστούν τις **σπουδαιότερες ευκαιρίες** και ταυτόχρονα τις **σπουδαιότερες απειλές** στην οδό της παθητικής ηλιακής αξιοποίησης για την εύρεση του ιδανικού θερμικού ισοζυγίου. Με δεδομένη την ορθή διάταξη, τις διαστάσεις, τον προσανατολισμό και την εφαρμογή τους, δύνανται να αποτελέσουν πυλώνα των ενεργειακών αναγκών ενός κτηρίου και της άνεσης των χρηστών, από την απαρχή της ανθρώπινης δόμησης έως και σήμερα. Σε αντίθετη περίπτωση αποτελούν πηγή έντονων θερμικών απωλειών, φορτίων ψύξης ή υπερθέρμανσης.

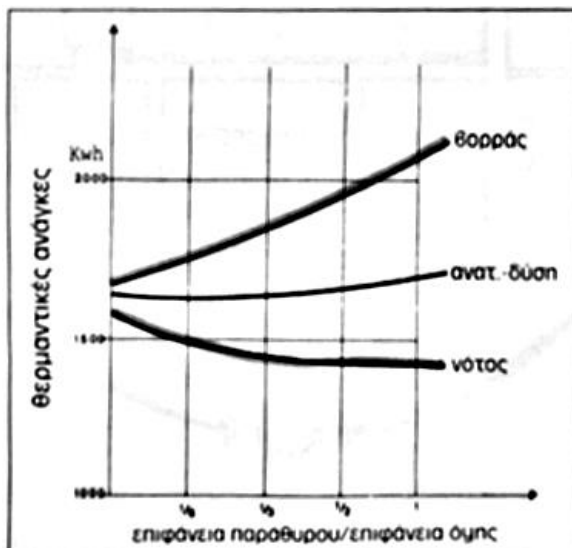
Υαλοπίνακες προσανατολισμένοι στην πορεία του ήλιου εγκλωβίζουν την ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Καθώς η υπεριώδης ακτινοβολία (UV-Ultraviolet) περνάει από το τζάμι και προσπίπτει στις επιφάνειες, μετατρέπεται σε υπέρυθρη θερμική ακτινοβολία (IR-Infrared) αυξάνοντας εν τέλει τα θερμικά κέρδη του κτηρίου. Παρακάτω θα αναλυθεί η βελτιστοποίηση των ηλιακών θερμικών απολαβών από τα ανοίγματα και οι θερμικές απώλειες που συνοδεύουν τα ανοίγματα ανάλογα με τον τύπο τους.

Η πιο πρόσφατη άποψη είναι ότι η γυάλινη επιφάνεια είναι ο πιο **οικονομικός** ηλιακός συλλέκτης θερμότητας και ο πιο **αποδοτικός**, αρκεί να προσανατολίζεται στο **νότο- με έως 30° απόκλιση προς Ανατολή ή Δύση**. Προτείνονται μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων στο **Νότο** [Εικ. 81], με μονό ή διπλό τζάμι, ανοίγματα μέτριων διαστάσεων στην Ανατολή και Δύση και μικρά σχετικά ανοίγματα στην Βορινή πλευρά του κτιρίου με διπλό τζάμι, εκτός εάν η θέα βρίσκεται προς τον Βορρά, οπότε μεταβάλλεται το μέγεθος των ανοιγμάτων.

Αποτελέσματα μελέτης του Ερευνητικού Κέντρου C.S.T.B. της Γαλλίας για το θερμικό ισοζύγιο του **νότιου γυάλινου ανοίγματος:** <sup>(41)</sup>

- Στην περίπτωση του διπλού υαλοπίνακα, τα κέρδη από τον ήλιο είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές απώλειες και η συμβολή του θετική στο **θερμικό ισοζύγιο κατά 23%**, για την περίοδο του χειμώνα. [Εικ. 82]
- Στην περίπτωση του διπλού υαλοπίνακα με εξώφυλλα, η θετική συμβολή είναι ακόμη μεγαλύτερη, ίση περίπου με **56% σε σχέση με τις θερμικές απώλειες**.

Εικ. 81: Μεταβολή των ετήσιων θερμαντικών αναγκών του κτηρίου σε σχέση με τον προσανατολισμό του γυάλινου ανοίγματος.



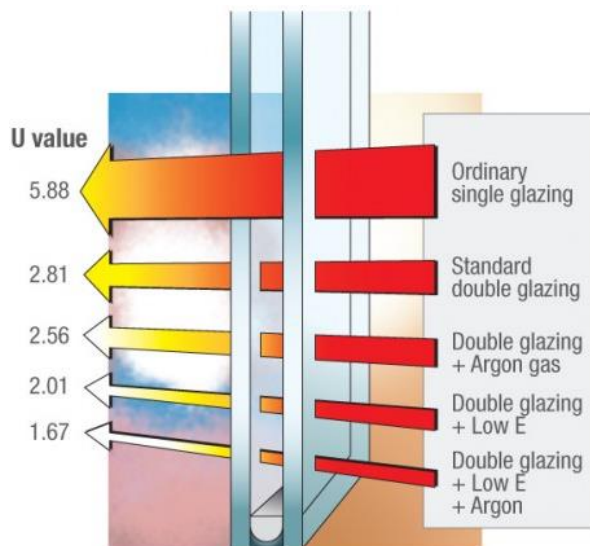
Εικ. 82: Συσχέτιση μεγέθους ανοίγματος με το κλίμα

Μέγεθος νότιων ανοιγμάτων για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες	
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα °C	Εμβαδόν απαιτούμενου ανοίγματος για τη μοναδιαία επιφάνεια του χώρου (κάτοψης) m <sup>2</sup>
<b>Κλίμα ψυχρό</b>	
- 9,4	0,27 - 0,42 (με νυχτερινή μόνωση)
- 6,7	0,24 - 0,38 » »
- 3,9	0,21 - 0,33
- 1,1	0,19 - 0,29
<b>Κλίμα εύκρατο</b>	
+ 1,7	0,16 - 0,25
+ 4,5	0,13 - 0,21
+ 7,2	0,11 - 1,17

## Θερμικές απώλειες ανοιγμάτων

Υπολογισμοί, βάσει των ελάχιστων ενεργειακών προϋποθέσεων του γερμανικού συστήματος δόμησης- EnVE, υποδεικνύουν ότι στην περίπτωση τοποθέτησης κοινών υαλοπινάκων, τα ανοίγματα δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 45% της συνολικής επιφάνειας του κελύφους. Σε αντίθετη περίπτωση επιβάλλεται η τοποθέτηση υαλοπινάκων ενεργειακής βελτιστοποίησης για την μείωση των απωλειών την χειμερινή περίοδο. Προκειμένου να συμβάλει θετικά το άνοιγμα στο θερμικό ισοζύγιο του κτηρίου πρέπει να διαθέτει σύστημα με εξαιρετικούς δείκτες θερμομόνωσης, θερμοπερατότητας και φωτισμού. [Εικ. 83]

Το αδύναμο σημείο των ανοιγμάτων είναι τα πλαίσια των παραθύρων καθώς οι θερμομονωτικές τους ικανότητες υστερεί σε σύγκριση με τους υαλοπίνακες, πάρα την ύπαρξη των προφίλ με θερμοδιακοπή ή άλλων με εξειδικευμένα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά. Ως εναλλακτική των ογκωδών κουφωμάτων με καλές θερμομονωτικές ικανότητες, είναι η απουσία αυτών καθ' αυτών των πλαισίων. Με προϋπόθεση την ομαλή συνεργασία με το σύστημα αερισμού και την διάρθρωση των λειτουργιών, η εφαρμογή μεγάλων γυάλινων τμημάτων στο κέλυφος είναι εφικτή με ορισμένα ανοιγοκλειόμενα στοιχεία.



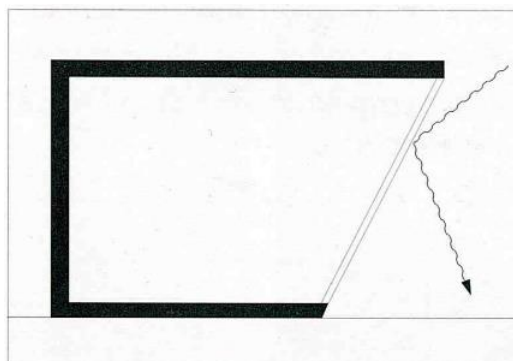
Εικ. 83: Δείκτης Θερμοπερατότητας για διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων

## Κλίση υαλοπινάκων

Η κλίση αναφέρεται στην γωνία του παραθύρου σε σχέση με τον κάθετο ως προς το έδαφος άξονα και οι επιφάνειες που απαντώνται συνήθως είναι 90° (κατακόρυφες). Αυτό είναι το αποτέλεσμα της σχετικής με το χώρο διάκρισης και της επίλυσης πρακτικών ζητημάτων, όπως είναι ο καθαρισμός ή απομάκρυνση συμπυκνωμένων υδρατμών κλπ. Επιπλέον η κινητή μόνωση και η ηλιακή σκίαση προσαρμόζονται ευκολότερα σε κατακόρυφες επιφάνειες. Εφόσον πρέπει να ληφθεί υπόψη ένας αριθμός παραγόντων, όταν προσδιορίζεται η βέλτιστη κλίση, δεν μπορεί να θεωρηθεί μία μόνο γενική λύση. Συγκεκριμένα για τις νότιες επιφάνειες, η μείωση της κλίσης της γωνίας εσωτερικού δαπέδου – υαλοπίνακα οδηγεί σε: <sup>(42)</sup>

- Μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας κατά τη διάρκεια της εποχής λειτουργίας της θέρμανσης (η κλίση υπό την οποία συλλέγεται το μέγιστο ποσοστό ενέργειας αυξάνεται καθώς αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος)
- Μεγαλύτερη απώλεια ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος στην ατμόσφαιρα, καθώς ο δοσμένος υαλοπίνακας διαθέτει μεγαλύτερη προβολή στον ψυχρό ουράνιο θόλο. Επαυξάνεται δηλαδή η παθητική νυχτερινή ψύξη του κτηρίου όλες τις εποχές του χρόνου, με τα οριζόντια ανοίγματα να διαθέτουν την μέγιστη απόδοση όσον αφορά τις θερμικές απώλειες. Ισχύει για όλους τους προσανατολισμούς.
- Περισσότερα προβλήματα υπερθέρμανσης στο κτήριο (ειδικά κατά το θέρος).
- Ανεπιθύμητες συνθήκες για την εφαρμογή προστεγασμάτων.

Μακροσκοπικά, η μείωση της κλίσης ευνοεί κλίματα με εντονότερους χειμώνες. Αν η κλίση αυξηθεί ισχύουν τα αντίθετα από τα παραπάνω και θα μπορούσε να προτιμηθεί σε περιοχές που τα καλοκαίρια προκαλούν εντονότερα προβλήματα ή σε κτήρια θερινής εποχιακής χρήσης [Εικ. 84].



Εικ. 84: Αυξημένη κλίση υαλοπίνακα για την άμεση μείωση της περατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας.



## [Γ.Β.3] Συστήματα Έμμεσου Ηλιακού Κέρδους

Ο τοίχος Trombe, ο τοίχος μάζας, ο τοίχος νερού και η ηλιακή στέγη [Εικ. 85] είναι όλα συστήματα έμμεσου κέρδους, που συνδυάζουν τις διαδικασίες της συλλογής, της συσσώρευσης και της διανομής σε ένα μέρος του κελύφους του κτιρίου που περικλείει τους χώρους διαβίωσης. Τα αναφερόμενα συστήματα προσφέρουν χαμηλότερες διακυμάνσεις θερμοκρασίας στο χώρο διαβίωσης από αυτές που προσφέρουν κατά αντιστοιχία τα ανοίγματα. Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους βασίζονται στην εξής αλληλουχία θερμικής λειτουργίας:

**Ήλιος→Συλλογή** (γυάλινη επιφάνεια)→**Αποθήκευση** (Θερμική Μάζα)→**Θέρμανση**(Εσωτ. Χώρος)

### Παράγοντες Βελτιστοποίησης Ηλιοπροστασία

Αναφορικά με όλα τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους, η ηλιοπροστασία των συστημάτων είναι απαραίτητη για την αποφυγή ενδεχόμενης υπερθέρμανσης. Μπορεί να τοποθετηθεί έξω από το τζάμι με οριζόντια σκίαστρα ή με κατακόρυφη τέντα, ή στην περίπτωση που αυτή η λύση δεν είναι εφικτή, τότε τοποθετείται εσωτερικά στο κενό ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο κατακόρυφο σκίαστρο, προφανώς κινητό, για να απομακρύνεται τον χειμώνα.

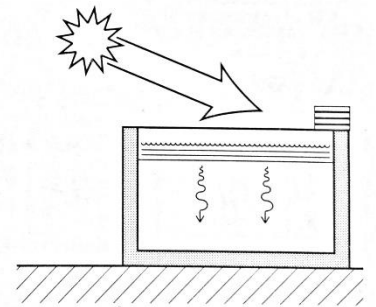
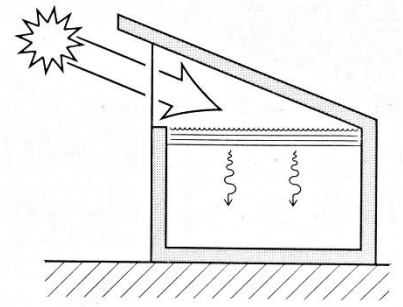
### Θερμομόνωση

Η εφαρμογή θερμομόνωσης (εσωτερική σταθερή ή εξωτερική κινητή) αποτελεί απόλυτη δικλείδα ασφαλείας για το σενάριο της υπερθέρμανσης που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, καθώς και το σενάριο των δεδομένων θερμικών απωλειών μια χειμερινή νεφελώδη ημέρα, όπου η υψηλή τιμή θερμοπερατότητας (K,U) της θερμικής μάζας έχει δυσμενή επίπτωση στην θέρμανση. Με τον τοίχο Trombe είναι πολλές φορές δυνατό να μονωθεί η μάζα συσσώρευσης εκ των έσω, έτσι ώστε να είναι μόνιμα θερμικά απομονωμένη από το υπόλοιπο κτήριο. Σε συνεργασία με το ηλιακό άνοιγμα και τα ρυθμιστικά ανοίγματα εξαερισμού σχηματίζεται ένας συλλέκτης με μονωμένο τοίχο, ικανός να μεταφέρει θερμότητα μέσω του αερισμού μονάχα όταν απαιτείται.

### Μέγεθος

Το μέγεθος των επιφανειών συλλογής ηλιακής ενέργειας πρέπει να προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπόψιν τους εξής παράγοντες: <sup>(43)</sup>

- Το κλίμα της περιοχής και κυρίως της θερμοκρασιακές μεταβολές ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα. Όσο η διαφορά αυτή μεγαλώνει τόσο πρέπει να αυξάνεται το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου, δηλαδή η δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης.
- Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το οποίο καθορίζει τη ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Όσο το γεωγραφικό πλάτος μεγαλώνει, τόσο μειώνεται και η ένταση της ακτινοβολίας και συνεπώς πρέπει να αυξάνεται το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου συλλογής.
- Το βαθμό θερμομόνωσης του κτιρίου, γιατί ένας χώρος καλά θερμομονωμένος έχει μικρότερες θερμικές απώλειες, άρα και λιγότερες απαιτήσεις σε θερμότητα για να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία σε ανεκτά επίπεδα, επομένως απαιτείται μικρότερη επιφάνεια συλλογής θερμότητας.
- Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειάς του, καθώς τα σκούρα χρώματα απορροφούν περισσότερη θερμότητα.
- Το πάχος του τοίχου και τα υλικά κατασκευής του, από τα οποία εξαρτάται η χρονική υστέρηση και η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. [Εικ. 86]



Εικ. 85: Ηλιακές στέγες ως παθητικά συστήματα με σκίαση επάνω και κάτω με άνοιγμα οροφής δώματος.

Απαιτούμενη επιφάνεια τοίχου θερμικής αποθήκευσης για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες		
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα °C	Επιφάνεια τοίχου για τη μοναδιαία επιφάνεια του χώρου m <sup>2</sup>	
Κλίμα ψυχρό	τοιχοποιία	τοίχος νερού
- 9,5	0,72 - 1,0	0,55 - 1,0
- 6,7	0,60 - 1,0	0,45 - 0,85
- 4,0	0,51 - 0,93	0,38 - 0,70
- 1,0	0,43 - 0,78	0,31 - 0,55
Κλίμα εύκρατο		
+ 1,5	0,35 - 0,60	0,25 - 0,43
+ 4,5	0,28 - 0,46	0,20 - 0,34
+ 7,2	0,22 - 0,35	0,16 - 0,25

Εικ. 86: Συσχέτιση επιφάνειας τοίχου θερμικής αποθήκευσης με το κλίμα

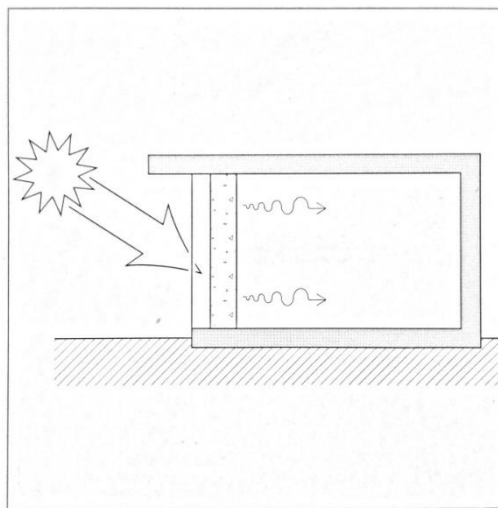
- Όσο μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας έχει το υλικό κατασκευής, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει να αυξάνεται, για το λόγο ότι η θερμότητα διαπερνά ταχύτερα τη συλλεκτική επιφάνεια και συνεπώς η χρονική υστέρηση μειώνεται.
- Για τοίχους κατασκευασμένους από μπετόν το βέλτιστο πάχος κυμαίνεται από 25-40εκ., με χρονική υστέρηση 7-12 ώρες.
- Για τοίχους νερού το βέλτιστο πάχος προσδιορίζεται ανάμεσα στα 20-50 εκ., γιατί το νερό έχει μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και θερμαίνεται ομοιόμορφα, ενώ παράλληλα αποβάλλει θερμότητα προς όλες τις κατευθύνσεις. Συνεπώς η απόδοση του συστήματος ελάχιστα αυξάνεται σε σχέση με το πάχος του τοίχου.
- Για τοίχους από τούβλο το βέλτιστο πάχος προσδιορίζεται γύρω στα 30 εκ. με διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας γύρω στους 6°C, και χρονική υστέρηση 8 ωρών περίπου.

### Τοίχος μάζας & η μετεξέλιξη του Felix Trombe

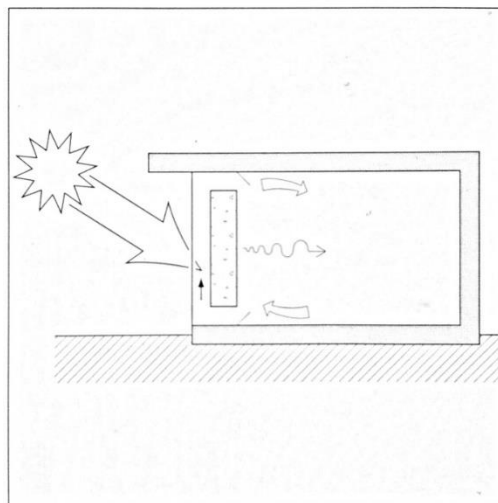
Στα συστήματα με τοίχο μάζας [Εικ. 87] και τοίχο Trombe [Εικ. 88] η θερμική μάζα συσσώρευσης των κτηρίων είναι ένας νότιος τοίχος κτισμένος ή από σκυρόδεμα, με τζάμι στην εξωτερική επιφάνεια για να περιοριστούν οι απώλειες θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η διαφορά μεταξύ ενός τοίχου μάζας και ενός τοίχου Trombe είναι ότι ο τελευταίος έχει οπές αερισμού στο επάνω και κάτω μέρος που επιτρέπουν στον αέρα να κυκλοφορεί διαμέσου αυτών στο χώρο που θερμαίνεται. Ο αέρας στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ τζαμιού και μάζας συσσώρευσης μπορεί να φτάσει την υψηλή θερμοκρασία των 60° C σε ανέφελες μέρες. Οι οπές της άνω στάθμης επιτρέπουν στον θερμασμένο αέρα να ανεβαίνει και να εισέρχεται στο χώρο διαβίωσης και ταυτόχρονα έλκει τον ψυχρό αέρα του χώρου από τις κάτω οπές στο χώρο του συλλέκτη.

### Μειονεκτήματα

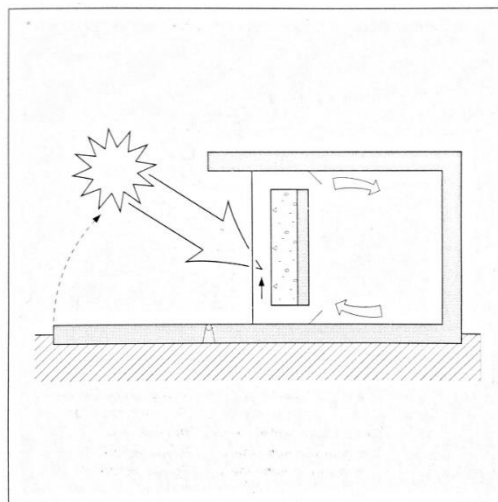
- Το γεγονός ότι εξωτερικά εμφανίζεται ως γυάλινη επιφάνεια, κατά βάση δεν επιτρέπει την διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επικοινωνία με τον έξω χώρο.



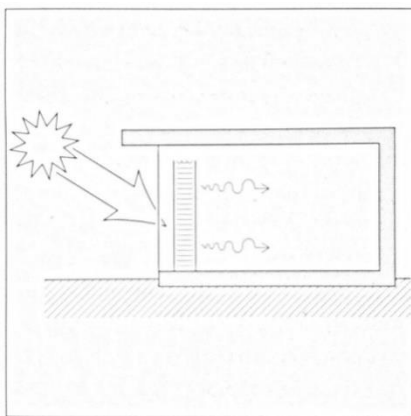
Εικ. 87: Τοίχος Μάζας



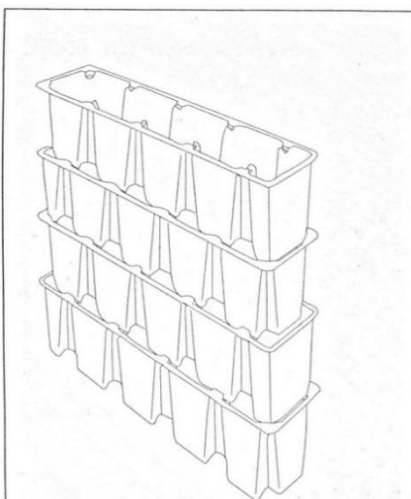
Εικ. 88: Τοίχος Trombe



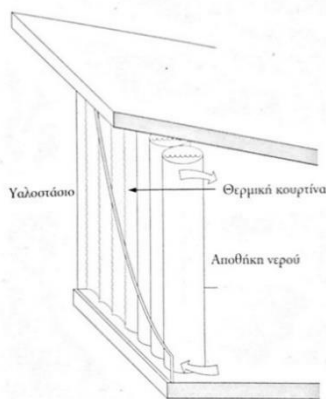
Εικ. 89: Απομονωμένος τοίχος



Εικ. 90: Τοίχος νερού



Στοιχεία τοίχων νερού από την One Design Inc.



Θερμική κουρτίνα με αποθήκευση νερού σε οωλίνες από την Kallwall Corp.



Χειροκίνητο μονωτικό παραθυρόφυλλο με θερμωσώρευση σε βαρέλια νερού από τη Zomeworks Corp.

- Οι θυρίδες του τοίχου Trombe πρέπει να ελέγχονται με φραγές, ώστε να προλαμβάνεται η αντίστροφη κυκλοφορία τη νύχτα, που μπορεί να περιορίσει την αποτελεσματικότητα του τοίχου Trombe μέχρι 10% περίπου.
- Ο τοίχος Trombe πρέπει να σχεδιαστεί με δυνατότητα προσπέλασης για να καθαρίζονται τα τζάμια του.
- Η συμπύκνωση υγρασίας στο τζάμι μπορεί να προκαλέσει προβλήματα.
- Δεν υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή του αέρα και μπορεί να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης όταν η επιφάνεια τους είναι μεγάλη, γιατί η είσοδος του ζεστού αέρα μέσω της θυρίδας δημιουργεί διακυμάνσεις της θερμότητας στον χώρο.
- Το καλοκαίρι η λειτουργία του τοίχου Trombe πρέπει να αντιστρέφεται. Δηλαδή η επάνω θυρίδα πρέπει να κλείνει για να μην μπαίνει ζεστός αέρας στον χώρο, και ταυτόχρονα τμήμα του υαλοστασίου στο επάνω μέρος, τουλάχιστον, πρέπει να ανοίγει έτσι ώστε να απομακρύνεται ο ζεστός αέρας εξωτερικά.

### Απομονωμένοι τοίχοι συσσώρευσης

Ο απομονωμένος τοίχος συσσώρευσης [Εικ. 89] είναι όμοιος στη μορφή με τον τοίχο Trombe, αλλά είναι **μονωμένος από την πλευρά του χώρου**, για να αποτρέψει μετάδοση ενέργειας με συναγωγή και ακτινοβολία. Όλη η μετάδοση θερμότητας γίνεται με μεταφορά, συχνά με τη βοήθεια ανεμιστήρα. Η απόδοση ενός συστήματος αυτού του είδους αμφισβητείται αν εξυπηρετεί τη Βόρεια Ευρώπη. Θα μπορούσε να λειτουργήσει μόνο με νυχτερινή μόνωση.

Μία εναλλακτική μορφή αυτού του συστήματος έχει **οπές εξαερισμού** προς τον εξωτερικό αέρα στη βάση του συλλέκτη και προς το χώρο που θερμαίνεται στην κορυφή, δημιουργώντας ένα σιφωνικό ανοιχτό βρόχο που παρέχει προθερμασμένο νωπό αέρα στο χώρο διαβίωσης. Μπορεί να χρειαστούν φίλτρα ή διαφράγματα για να αποτρέψουν την είσοδο σκόνης ή εντόμων στο χώρο διαβίωσης.

### Τοίχος νερού

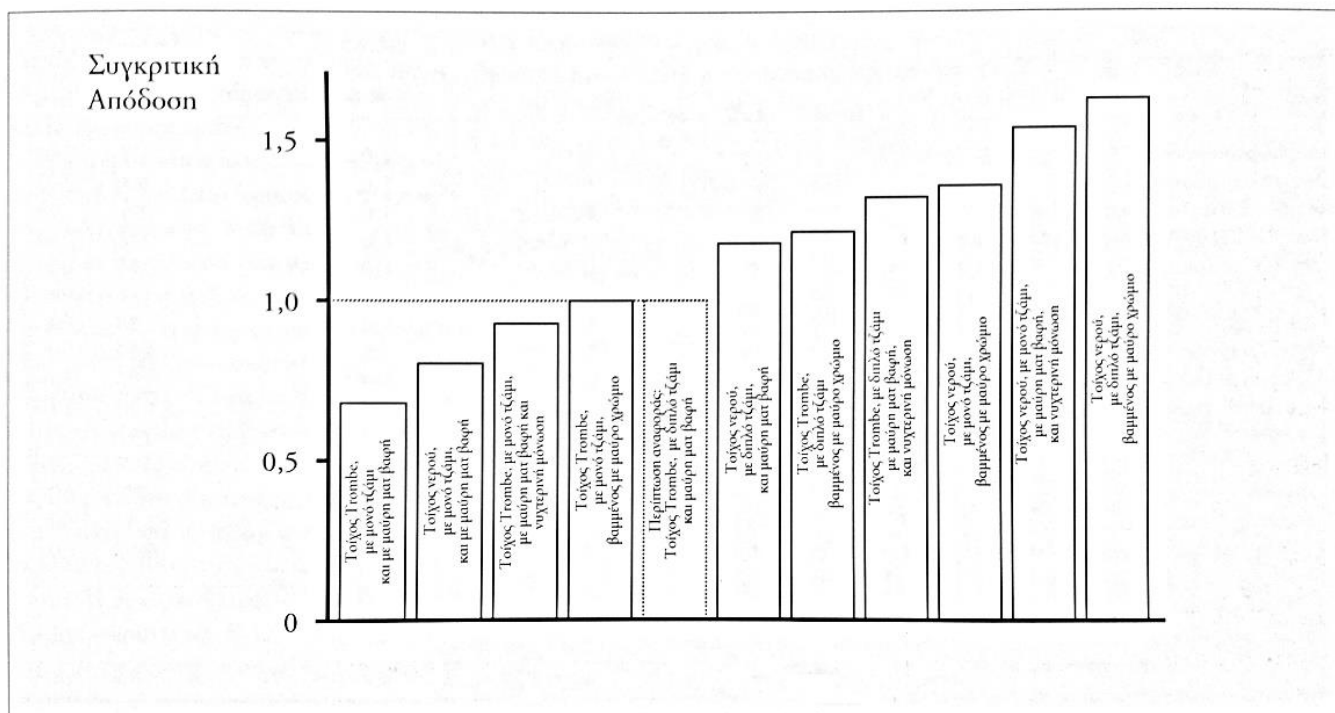
Ο τοίχος νερού [Εικ. 90] μοιάζει με τα συστήματα τοίχου μάζας και τοίχου Trombe, με τη διαφορά ότι το περιεχόμενο νερό αντικαθιστά τον τοίχο μάζας. Οι τοίχοι νερού μπορούν να αποτελέσουν ένα ελκυστικό σύστημα, όταν απαιτείται κατασκευή μικρής μάζας διότι:

- Το νερό έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα όγκου από το τούβλο ή το σκυρόδεμα.
- Η ισοθερμική φύση του νερού επιτρέπει τη θερμότητα που δεσμεύεται να διανέμεται άμεσα στο σύνολο της μάζας του. Άμεση συνέπεια αποτελεί η ελαττωμένη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας και η μείωση της χαμένης ενέργειας την ατμόσφαιρα και τον νυχτερινό ουρανό.
- Χρησιμοποιούνται δοχεία φτιαγμένα από μέταλλο ή τζάμι σε σχήμα σωλήνα, δοχείων ή βαρελιών και τοίχοι από σκυρόδεμα πλήρεις νερού. Η επιλογή του υλικού και της μορφής του δοχείου είναι σημαντικός παράγοντας για τη λειτουργική απόδοση και την οικονομική κατασκευή του τοίχου νερού. [Εικ. 91]

Εικ. 91: Παραδείγματα τοίχων νερού.



Σε κλίμα στο οποίο η θέρμανση απαιτείται τις ψυχρότερες βραδινές ώρες, το σύστημα απαιτεί πιθανώς έλεγχο στη διανομή της θερμότητας με την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού μεταξύ του χώρου αποθήκευσης και διαλογής. Παρακάτω συγκρίνονται οι αποδόσεις των συστημάτων θερμικής αποθήκευσης που αναφέρθηκαν με κάποιες παραλλαγές [Εικ. 92].



Εικ. 92: Αποδόσεις τοίχων αποθήκευσης βαμμένων με μαύρο χρώμα ή μαύρη ματ βαφή σε πειραματικές κυψέλες του Los Alamos.

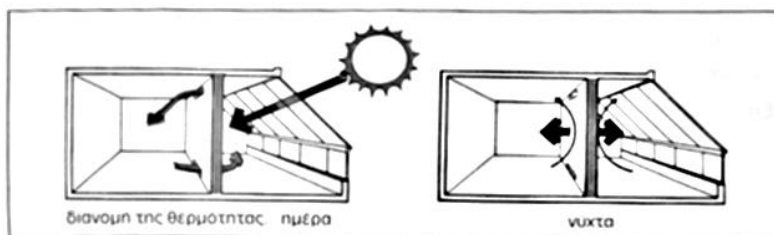
## Θερμοκήπια, Γυάλινες ζώνες ανάσχεσης, Χειμερινοί κήποι

Το μέγεθος του ηλιακού χώρου αποτελεί συνάρτηση των ενεργειακών αναγκών του κτηρίου σε θέρμανση και των τοπικών κλιματικών συνθηκών. [Εικ. 93] Μερικές κατευθυντήριες γραμμές κατά τον σχεδιασμό:

- Το θερμοκήπιο προσαρτάται στην νότια πλευρά του κτηρίου, καλύτερα σε σχήμα επίμηκες, με βάθος σχετικά μικρό (μικρότερο των 2,5μ.). Η λειτουργία του καθίσταται πιο αποτελεσματική όταν συνδέεται άμεσα με τον τοίχο θερμικής θερμικής αποθήκευσης, ο οποίος μπορεί και να αποτελεί και τον διαχωριστικό τοίχο ανάμεσα στο θερμοκήπιο και το κυρίως κτίριο.
- Εάν μάλιστα, το θερμοκήπιο ενσωματώνεται στο κτίριο, έτσι ώστε να περικλείεται ανατολικά και δυτικά με τοίχους, τότε η απόδοσή του είναι ακόμη μεγαλύτερη, γιατί μειώνονται οι θερμικές απώλειες, ενώ ταυτόχρονα μεταφέρεται θερμότητα από τους πλαϊνούς τοίχους προς τον εσωτερικό χώρο.

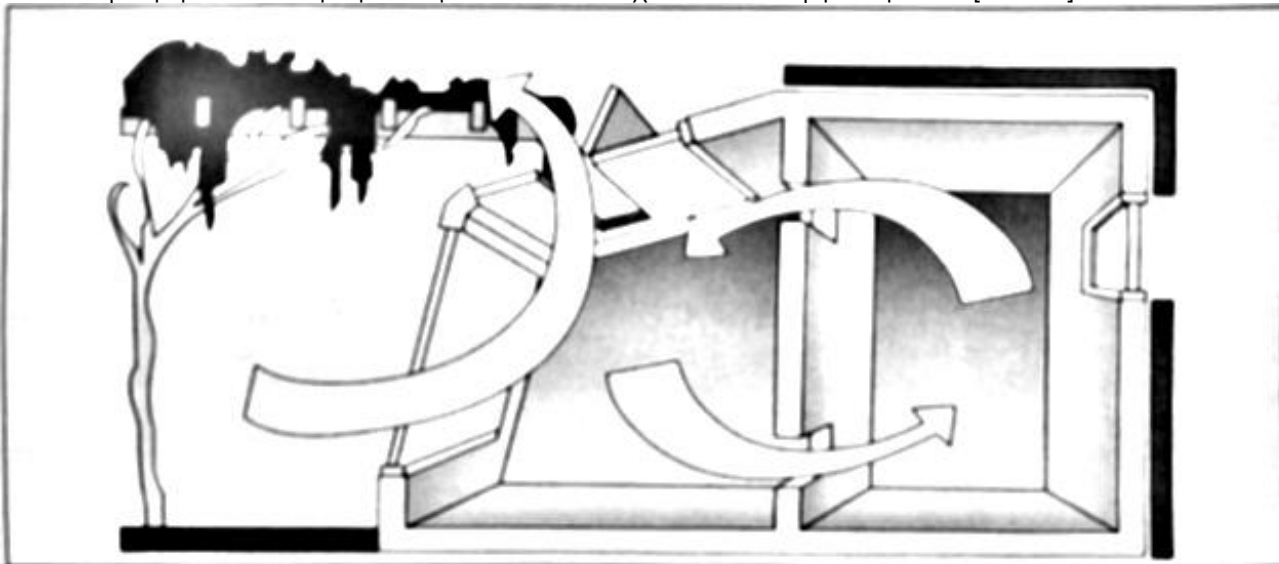
Μέγεθος θερμοκηπίου, προσαρτημένου στη νότια πλευρά του κτηρίου, για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες		
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα	Απαιτούμενη επιφάνεια υαλοστασίου στο θερμοκήπιο, ανά μονάδα επιφάνειας του κατοικήσιμου χώρου	
	για τοίχο από βαριά υλικά	για τοίχο νερού
<b>Κλίμα ψυχρό</b>		
- 6,7	0,90 - 1,5	0,68 - 1,27
- 3,9	0,78 - 1,3	0,57 - 1,05
- 1,1	0,65 - 1,17	0,47 - 0,82
<b>Κλίμα εύκρατο</b>		
+ 1,5	0,53 - 0,90	0,38 - 0,65
+ 4,4	0,42 - 0,69	0,30 - 0,51
+ 7,2	0,33 - 0,53	0,24 - 0,38

Εικ. 93: Συσχέτιση μεγέθους θερμοκηπίου με το κλίμα



Εικ. 94: Σύνδεση του ηλιακού χώρου με τοίχο θερμικής

- Οι τοίχοι που αποθηκεύουν θερμότητα δεν πρέπει να είναι θερμομονωμένοι, γιατί παρεμποδίζεται η παθητική διείσδυση της θερμότητας που συλλέγεται από το θερμοκήπιο, προς τον εσωτερικό χώρο. [Εικ. 94 & 95] Αν η μεταφορά της θερμότητας επιτυγχάνεται με την διανομή του θερμασμένου αέρα της ζώνης ανάσχεσης προς τον βιώσιμο χώρο, είναι επιθυμητή η τοποθέτηση θερμομόνωσης. Με αυτόν τον τρόπο, το κτήριο προφυλάσσεται από συνθήκες υπερθέρμανσης τη θερινή περίοδο, εφόσον πάντα συνδυάζεται με την απαγωγή του ζεστού αέρα προς το εξωτερικό περιβάλλον από τις αντίστοιχες θυρίδες του ηλιακού χώρου.
- Τα υλικά κατασκευής του ηλιακού χώρου πρέπει να είναι διαφανή, από καθαρό γυαλί, με διπλό τζάμι για καλύτερη θερμική προστασία. Η καλύτερη κλίση είναι από 40-70°, ως προς την οριζόντια, γιατί ο ήλιος προσπίπτει πιο κάθετα το χειμώνα. Ωστόσο, επειδή η κλίση αυτή δημιουργεί δυσκολίες για τη σκίαση των τζαμιών το καλοκαίρι, αποδεκτή είναι και η κατακόρυφη τοποθέτηση των γυάλινων στοιχείων του θερμοκηπίου. [Εικ. 96]



Εικ. 95: Φυσικός αερισμός του ηλιακού χώρου.

Εικ. 96: Υποβαθμισμένος ηλιακός χώρος, με φύτευση, δυνατότητα αερισμού και πέτρινο τοίχο μάζας.





## [Γ.Β.4] Ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες

### Προδιαγραφές

Οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται κατά βάση για την **προθέρμανση της παροχής φρέσκου αέρα** στο κτήριο, τα **ζεστά νερά χρήσης** μίας κατοικίας και για την υποστήριξη της λειτουργίας άλλων θερμαντικών συστημάτων. Εκτιμάται ότι τα συστήματα θέρμανσης νερών χρήσης ικανοποιούν **50-80%** των ετήσιων αναγκών. Ενώ την καλοκαιρινή περίοδο ικανοποιούν το ποσοστό των 50-60% λόγω περιορισμένης ηλιακής ακτινοβολίας και θερμικών απωλειών. Μια τάξη μεγέθους: για μονοκατοικίες ή κατοικίες 2 οικογενειών πρέπει να υπολογίζεται 1.2-1.5 μ<sup>2</sup> επιφάνειας επίπεδων συλλεκτών και όγκο αποθήκευσης 80-100 λίτρα ανά άτομο. <sup>(44)</sup>

Μακροσκοπικά οι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούνται από μία απορροφητική πλήρως μεταλλική επιφάνεια σε ένα τετράγωνο πλαίσιο με έναν υαλοπίνακα στην πάνω στάθμη και μόνωση στην κάτω. Σωληνώσεις οδεύουν τον αέρα ή το νερό κατά μήκος της επιφάνειας του συλλέκτη και δεσμεύουν από αυτόν την θερμότητα. Λόγω του έργου που επιτελεί, η επιφάνεια συλλογής αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα της κατασκευής. Η ικανότητα της να απορροφά και να εκπέμπει ακτινοβολία καθορίζει την απόδοση του ηλιακού συλλέκτη. Η απλή μαύρη επικάλυψη του συλλέκτη, αν και αποτελεσματική, έχει αντικατασταθεί πλέον από την επιλεκτική επικάλυψη τιτανίου, η οποία αποδίδει 95% απορροφητικότητα μειώνοντας δραστικά την ανάκλαση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που φέρει τα μεγαλύτερα φορτία θερμότητας [Εικ. 97].

**Κατά την εφαρμογή των συλλεκτών, η θέση τους στο κτήριο εξαρτάται από την λειτουργία που επιτελούν.** Εγκαταστάσεις προδιαγεγραμμένες για **θέρμανση νερού** πρέπει να προσανατολίζονται νότια, με κλίση που ανταποκρίνεται στην υψηλή Γωνία Ύψους του ήλιου, πιο συγκεκριμένα **20°** από την στάθμη του εδάφους. Εάν στόχος είναι η συμπληρωματική **θέρμανση των χώρων**, η κλίση των συλλεκτών πρέπει να ανταποκρίνεται στην χαμηλή Γωνία Ύψους του ήλιου την χειμερινή περίοδο, το οποίο μεταφράζεται σε γωνία **60°**. <sup>(44)</sup>

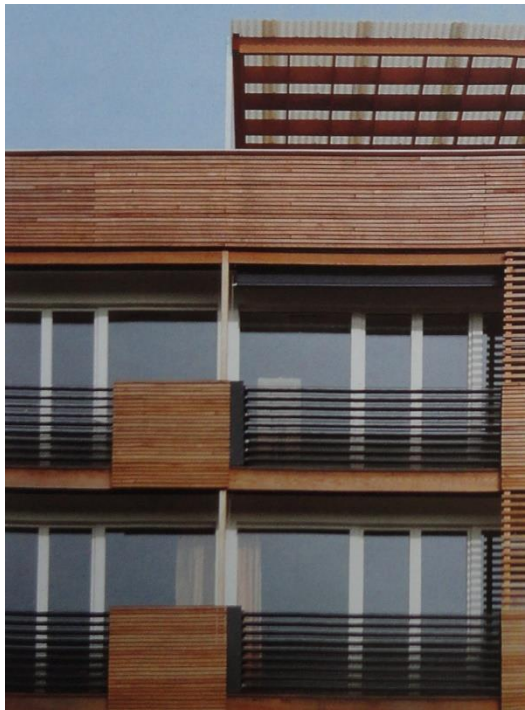
### Συλλέκτες Κενού

Οι συλλέκτες με σωλήνες κενού (vacuum tubes) παγιδεύουν την ηλιακή ενέργεια στο εσωτερικό του υαλοσωλήνα κενού (το κενό αέρος έχει τον μικρότερο συντελεστή θερμικής απώλειας), με αποτέλεσμα να έχουμε χαμηλές ως μηδαμινές θερμικές απώλειες στο περιβάλλον [Εικ. 98].

Εικ. 97: Τοποθέτηση ηλιακών επιλεκτικών συλλεκτών σε στέγη κτιρίου για θέρμανση χώρων



Εικ. 98: Τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών κενού σε στέγη κτιρίου



Εικ. 99: Κυκλιδώματα των μπαλκονιών από ηλιακούς συλλέκτες κενού. Συγκρότημα οικογενειακών κατοικιών στην Ζυρίχη (2001), Αρχιτέκτονας: Beat Kampfen

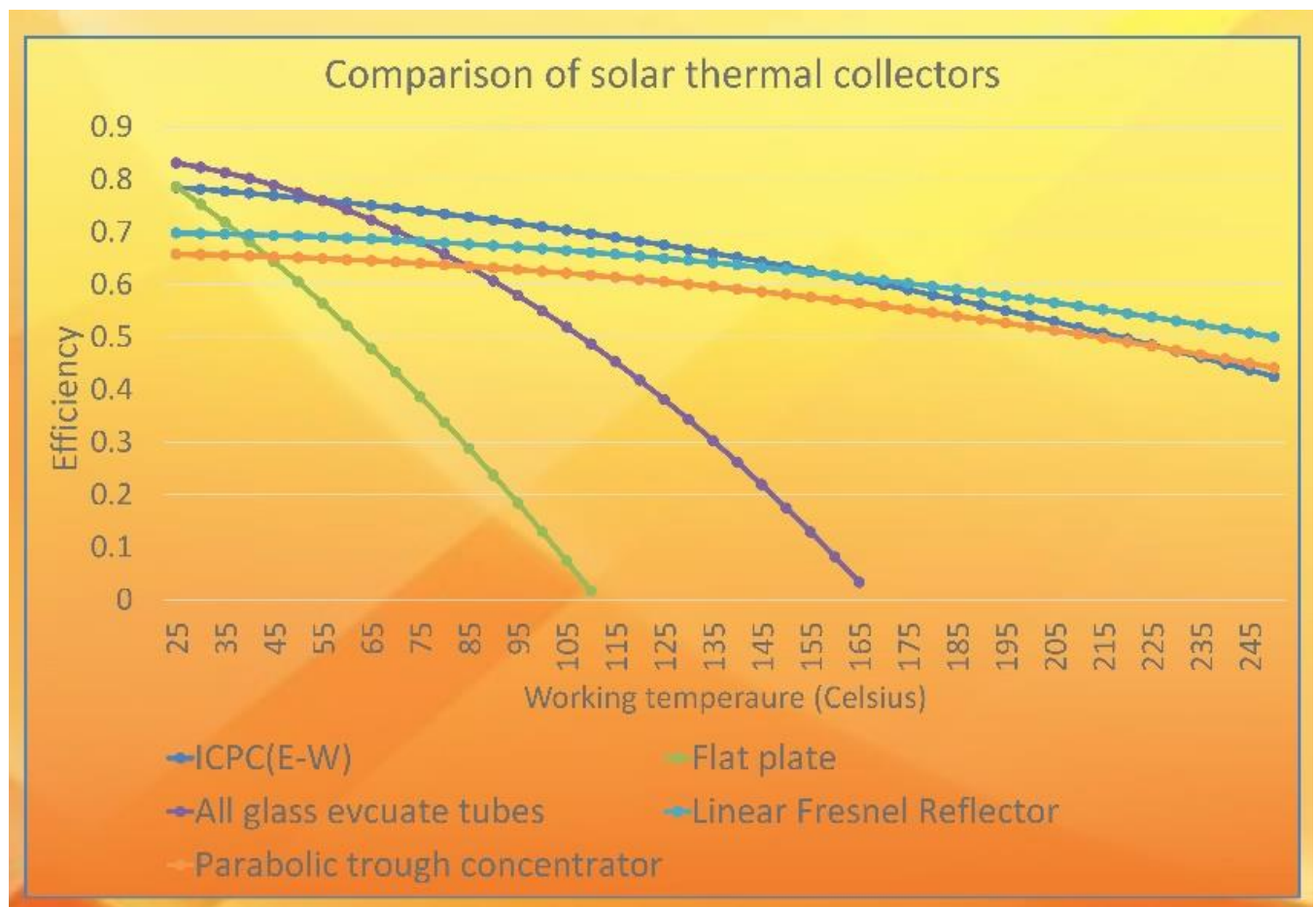


Πετυχαίνοντας έτσι υψηλότερες θερμοκρασίες από τους συμβατικούς συλλέκτες σε συνθήκες κρύου καιρού αλλά η απόδοση τους είναι πιο μικρή σε συνθήκες πλήρους ηλιοφάνειας. [Εικ. 99] Επιπρόσθετα οι συλλέκτες με σωλήνες κενού, έχουν ωφέλιμη ζωή πάνω από 25 χρόνια, σε αντίθεση με τους συμβατικούς συλλέκτες που η απόδοση τους μειώνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Παγκόσμιες έρευνες έχουν αποδείξει ότι η απόδοση τους σε σχέση με τους επίπεδους συλλέκτες είναι 30-40% μεγαλύτερη. Επίσης μετά από 10-15 χρόνια το μέγιστο που μπορούν να χάσουν σε απόδοση είναι 40% που σημαίνει ότι μετά από 15 χρόνια θα έχουν περίπου την ίδια απόδοση με τους επίπεδους συλλέκτες. [Εικ. 100]

### Συστήματα θέρμανσης χώρων

Στην ελληνική αγορά προϊόντων, τα ηλιακά συστήματα που μπορούν να θερμάνουν ζεστά νερά χρήσης με την υποβοήθηση ηλεκτρικών αντιστάσεων στις περιπτώσεις που ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι διαθέσιμη ή επαρκής, χαρακτηρίζονται ως «διπλής ενέργειας». Τα ηλιακά συστήματα που προσφέρουν την δυνατότητα σύνδεσης με συστήματα θέρμανσης χώρων χαρακτηρίζονται ως «τριπλής ενέργειας».

Τα συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων συνδυάζονται καλύτερα με συστήματα διανομής της θερμικής ενέργειας χαμηλών θερμοκρασιών (Fan coils, ενδοδαπέδια θέρμανση) επειδή το νερό θερμαίνεται ευκολότερα και με καλύτερη απόδοση σε θερμοκρασίες 45-60°C παρά σε θερμοκρασίες 70-90°C (που απαιτούν τα κοινά θερμαντικά σώματα καλοριφέρ). Εφόσον επιτευχθεί σύζευξη με σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης μπορεί να εξασφαλιστεί οικονομία καυσίμου από 60% έως 80% ενώ με απλό καλοριφέρ -με μειωμένη απόδοση συλλεκτών δηλαδή- μπορεί να εξασφαλιστεί οικονομία καυσίμου από 35% έως 45%. Σε δίκτυο fan coils, η ηλιακή θέρμανση μπορεί να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης χώρων μέχρι 100%. Μία τυπική οικιακή εγκατάσταση (20m<sup>2</sup>) εξοικονομεί ετησίως περίπου 11500 kWh ενέργειας συμβατικού ορυκτού καυσίμου που θα κατανάλωνε ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης χώρων. <sup>(45)</sup>



Εικ. 100: Υπολογιζόμενη πτώση απόδοσης συστημάτων ηλιακών θερμικών συλλεκτών με βάση τη θερμοκρασία λειτουργίας.

# ΕΝΟΤΗΤΑ Γ

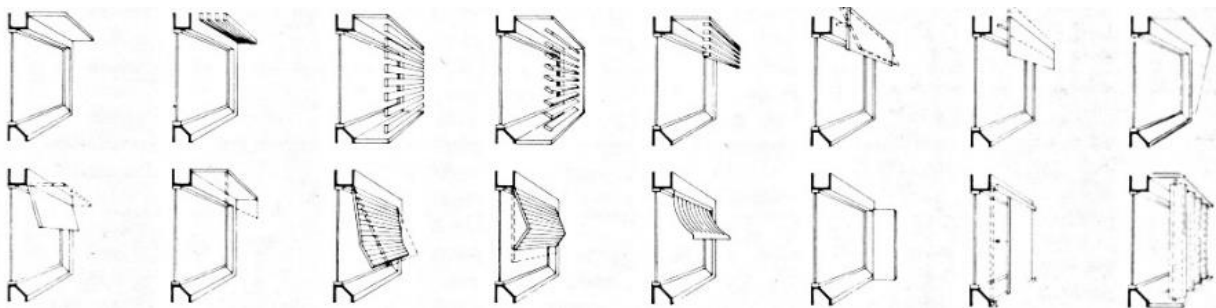
## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

### [Γ.Γ.1] Σκιασμός

Η στρατηγική μελέτης του κελύφους του κτιρίου περιλαμβάνει συνθήκες χειμώνα και θέρους έτσι ώστε, για παράδειγμα, να μπορούν να ελέγχονται τα **υπερβολικά ηλιακά κέρδη κατά το θέρος**, ενώ θα είναι διαθέσιμος ο φυσικός φωτισμός στη διάρκεια όλου του έτους, με **αποφυγή της ανάγκης χρήσης τεχνητού φωτισμού** στη διάρκεια της ημέρας με τα επακόλουθα φορτία ψύξης. Η ισορροπία μεταξύ θέρμανσης, ψύξης και φυσικού φωτισμού αποτελεί μία κρίσιμη θεώρηση για την επιλογή του προσανατολισμού και του μεγέθους των ανοιγμάτων. Η μελέτη των ανοιγμάτων εξαρτάται συνήθως από τον τύπο του κτηρίου και μπορεί να εξαρτάται από τους οικοδομικούς κανονισμούς σε σχέση με τις μέγιστες ή ελάχιστες επιφάνειες υαλοπινάκων. Από τον προσανατολισμό θα εξαρτηθεί κατ' επέκταση και η κατάλληλη επιλογή από μία ευρεία ποικιλία σταθερών ή κινητών συστημάτων σκίασης. [Εικ. 101 & 102] Η αρχιτεκτονική δυναμική της σκίασης δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί συχνά, ειδικά όταν δεν έχει αντιμετωπιστεί στα αρχικά στάδια.

Τα σταθερά συστήματα σκίασης χρησιμοποιούνται συνήθως στις εξωτερικές όψεις όπου εμποδίζουν την άμεση ακτινοβολία να φτάσει τα υαλοστάσια ή τα άλλα ανοίγματα και όπου η θερμότητα που απορροφάται από το σύστημα σκίασης μπορεί να διαχυθεί στον εξωτερικό αέρα. Αν εγκατασταθούν εσωτερικά, η θερμότητα θα μείνει μεταξύ του συστήματος σκίασης και του υαλοστασίου με αποτέλεσμα να περιοριστεί η αποδοτικότητα του συστήματος τυπικά γύρω στα 30%.

Κινητά συστήματα σκίασης χρησιμοποιούνται εξωτερικά και εσωτερικά. Ο έλεγχος μπορεί να επιτευχθεί είτε χειροκίνητα είτε με χρήση ενέργειας και δύναται να αυτοματοποιηθεί ώστε να ανταποκρίνεται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες, όπως είναι οι στάθμες τρέχουσας ακτινοβολίας και φυσικού φωτισμού ή οι θερμικές απαιτήσεις. Η αποτελεσματικότητα των εσωτερικών περσίδων και των κουρτινών εξαρτάται από το ποσό της ενέργειας που μεταφέρεται προς τα έξω. Απορροφητικά και χαμηλής εκπομπής τζάμια δεν πρέπει κατά συνέπεια να χρησιμοποιούνται με εσωτερικά στόρια. Με την εξαίρεση των ανακλαστικών περσίδων, κουρτίνες και στόρια εγκατεστημένα εσωτερικά είναι λιγότερο ικανοποιητικά, καθώς παρέχουν σκιά μόνο αφού η ακτινοβολία διέλθει από τα τζάμια. Οι τυπικές θερινές τιμές του  $K(U)$  είναι 1.06 για ένα ακάλυπτο χώρο, 0.81 για ένα παράθυρο με απλό τζάμι και σφιχτά εφαρμοσμένη κουρτίνα, γύρω στο 0.65 όπου έχουν εφαρμοστεί διπλά στόρια ή κουρτίνες. Η χρήση κουρτινών ή εσωτερικών στοριών για σκίαση μπορεί συχνά να αντιστρατεύεται τις ανάγκες φυσικού φωτισμού και αερισμού.



Εικ. 101, Πάνω: τυπικές εξωτερικές διατάξεις σκίασης

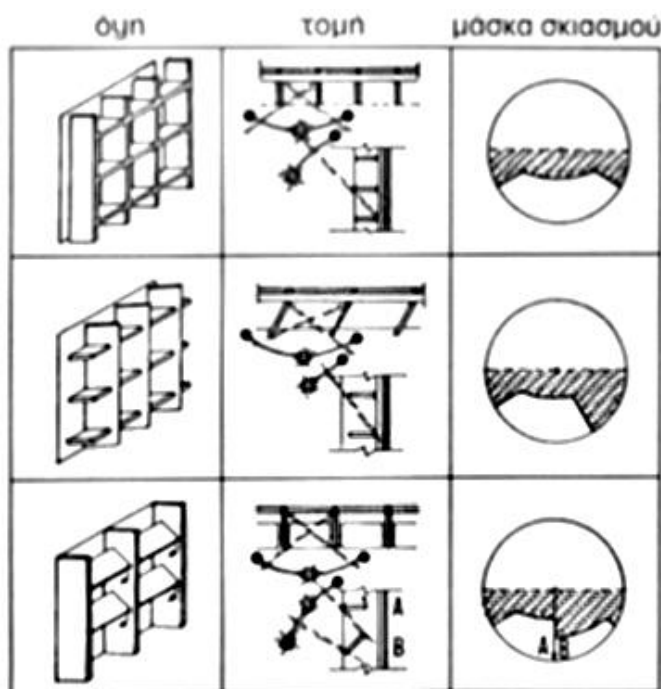
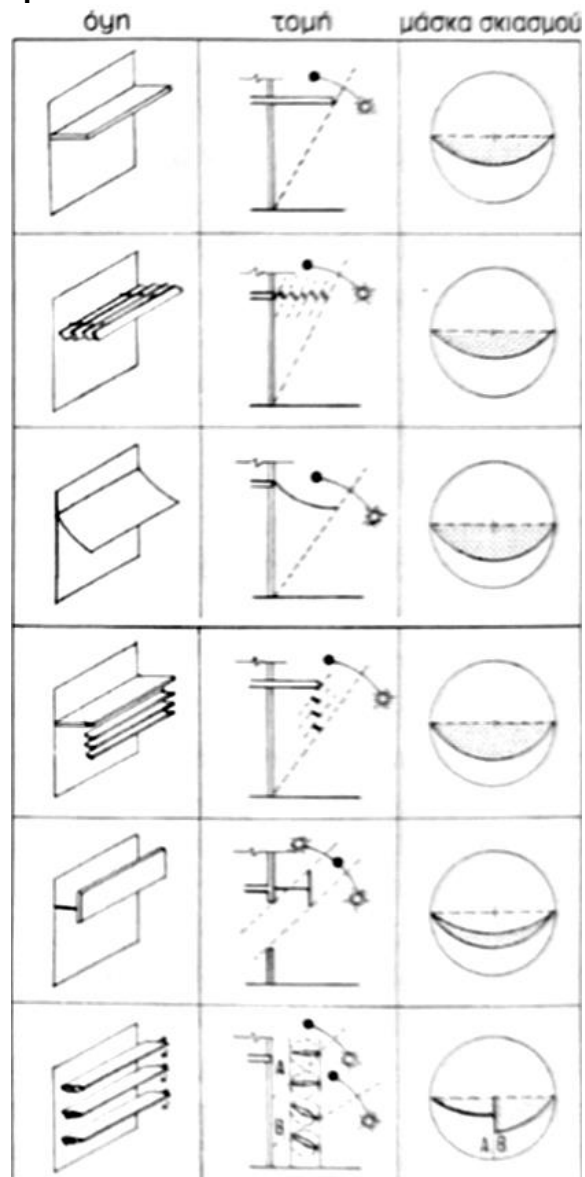
Εικ. 102, Κάτω: Χαρακτηριστικά μετάδοσης ανάκλασης και απορρόφησης ενετικών περσίδων (σε 45° κλίση κάθετη προς το ηλιακό φως).

Χρώμα	Τύπος	% Μετάδοση	% Ανάκλαση	% Απορρόφηση
Ελαφρά - έγχρωμο	οριζόντιο	5	55	40
Μέσο - έγχρωμο	οριζόντιο	5	35	60
Λευκό	κατακόρυφο (κλειστό)	0	77	23

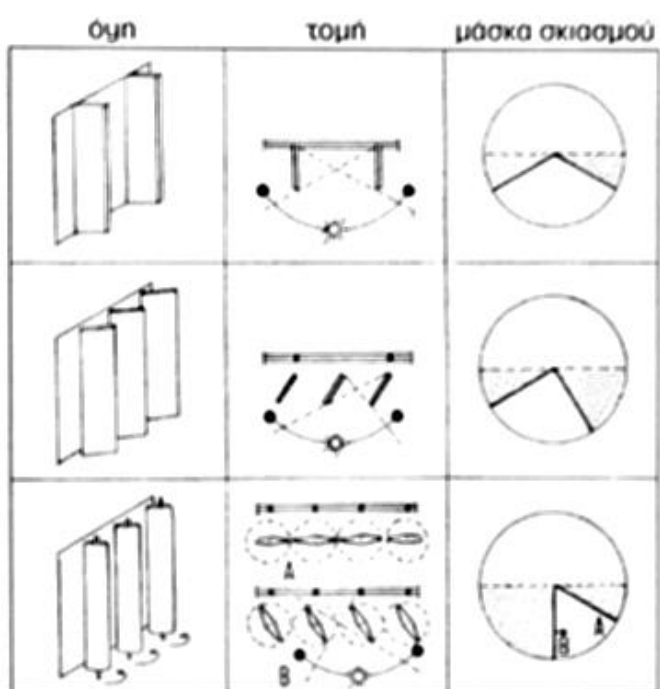
## Σκιασμός ανοιγμάτων Όψεων ανά προσανατολισμό.

- **Προς τον Νότο**, τα πλέον κατάλληλα συστήματα σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά, λόγω υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής των περσίδων, έτσι ώστε το μεν καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκιασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα να επιτρέπεται η διέλευση του ήλιου μέσα στο χώρο. [Εικ. 103]
- **Προς Ανατολή και Δύση**, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα. Η σταθερή σκίαση παρεμποδίζει τον ηλιασμό του χώρου το χειμώνα, για τον λόγο αυτό η κινητή ηλιοπροστασία είναι προτιμότερη. [Εικ. 104]
- **Νοτιοανατολικά και Νοτιοδυτικά**, τα στοιχεία ηλιακής προστασίας πρέπει να είναι συνδυασμός οριζοντίων και κατακόρυφων περσίδων υπό μορφή σχάρας, για να είναι αποτελεσματικά. Η μορφή αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου για τους μήνες του καλοκαιριού. [Εικ. 105]
- **Προς τον Βορρά**, τα ανοίγματα μπορούν να αποτελέσουν μία πηγή ομοιόμορφου φωτισμού καθώς λαμβάνουν μόνο την ανακλώμενη και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Επηρεάζονται λιγότερο από τις εποχικές διακυμάνσεις και ίσως να προσδιορίζονται σε μεγάλο ποσοστό από τις απαιτήσεις για φυσικό φωτισμό και τις ανάγκες σε διαμπερή αερισμό.

Εικ. 103: Δεξιά, μορφές οριζόντιων σκιάστρων για νότια όψη.



Εικ. 104: Μορφές περσίδων για Ν.Δ. & Ν.Α. όψη.



Εικ.105: Μορφές περσίδων για ανατολική και δυτική όψη



## Ενετικά στόρια, πρόβολοι, εξωτερικές περσίδες

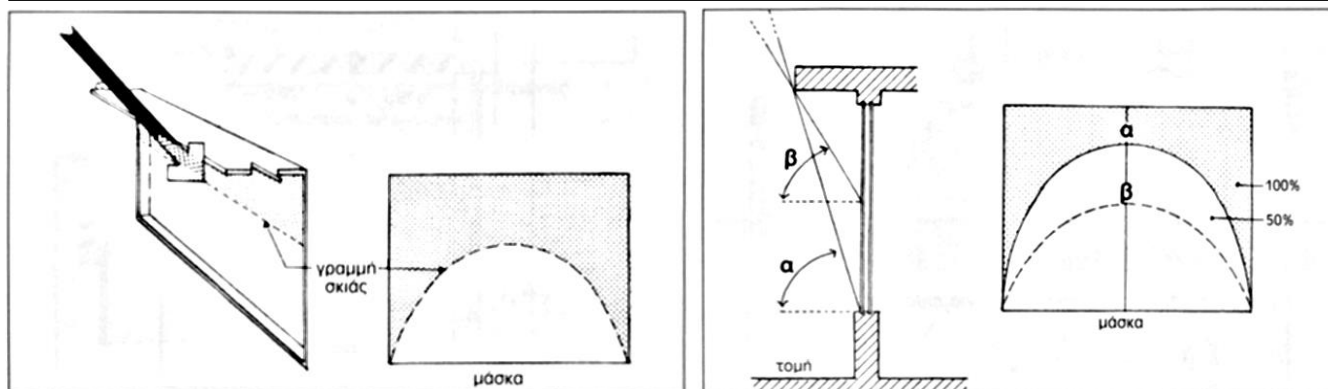
Οριζόντια διάταξη – Τα ενετικά στόρια μπορούν να επιτρέπουν ταυτόχρονα αερισμό και σκίαση που να μπορούν να ελέγχονται και ίσως επιτρέπουν την ανάκλαση του φυσικού φωτισμού στην οροφή για παράδειγμα. Από μελέτες έχει προκύψει ότι για να είναι τα σκίαστρα αποτελεσματικά, δηλαδή να παρεμποδίζουν πλήρως την πρόσπτωση του ήλιου στα ανοίγματα τους 3 καλοκαιρινούς μήνες, πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα [Εικ. 106-108]:

- Για  $32^\circ+36^\circ$  Β.Γ.Π. η κατακόρυφη γωνία ( $\alpha$ ) πρέπει να είναι ίση με  $60^\circ$  ως προς την οριζόντια.
  - Για  $40^\circ$  Β.Γ.Π. η κατακόρυφη γωνία ( $\alpha$ ) πρέπει να είναι ίση με  $55^\circ$  ως προς την οριζόντια.
- [Εικ. 109]

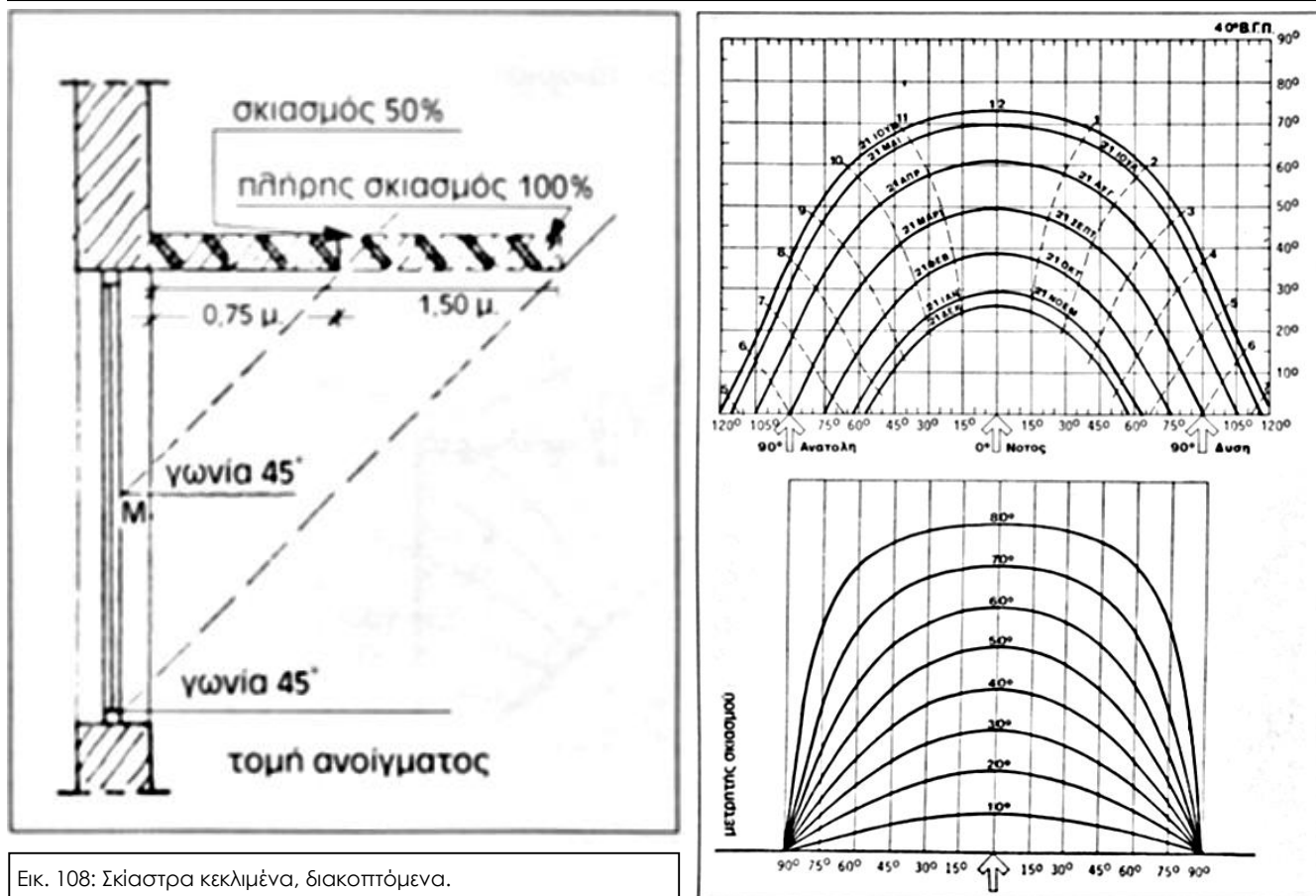
Κατακόρυφη διάταξη - Για τα γεωγραφικά πλάτη του Ελληνικού χώρου έχει προκύψει από μελέτες ότι οι γωνίες ( $\alpha$ ) & ( $\beta$ ) πρέπει να αντιστοιχούν σε  $55^\circ$  περίπου, προκειμένου να εξασφαλίζεται πλήρης σκιά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. [Εικ. 110-113]

Εικ. 106, Αριστερά: Προσδιορισμός του ορίου σκιασμού βάσει της γωνίας ύψους του ήλιου, αποτυπωμένη στον ηλιακό χάρτη του γεωγραφικού χάρτη της περιοχής.

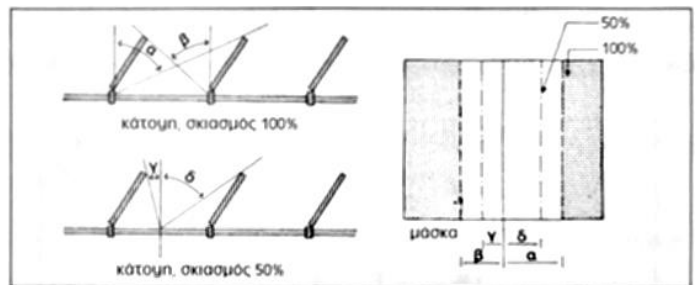
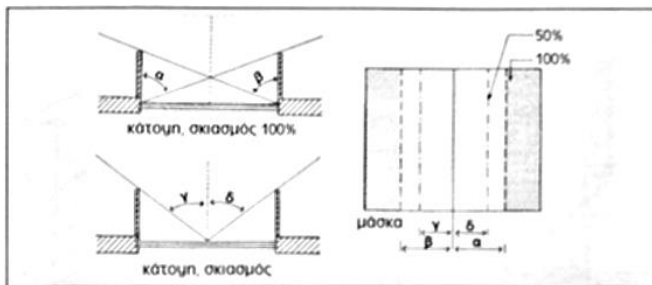
Εικ. 107, Δεξιά: Γωνία  $\alpha$ , σύνδεση απόληξης προεξοχής με το κατώφλι του παραθύρου. Η γωνία αυτή προσφέρει σκίαση σε όλο το ύψος του παραθύρου για την αντίστοιχη γωνία ύψους. Γωνία  $\beta$ , σύνδεση απόληξης με το μέσο



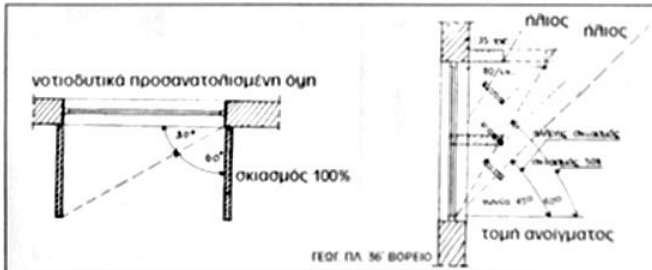
Εικ. 109, Κάτω Δεξιά: Ηλιακός χάρτης για  $40^\circ$  Β.Γ.Π. & Μετρητής σκιασμού.



Εικ. 108: Σκίαστρα κεκλιμένα, διακοπτόμενα.

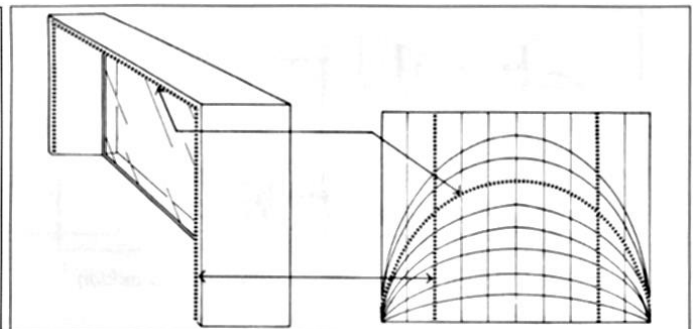
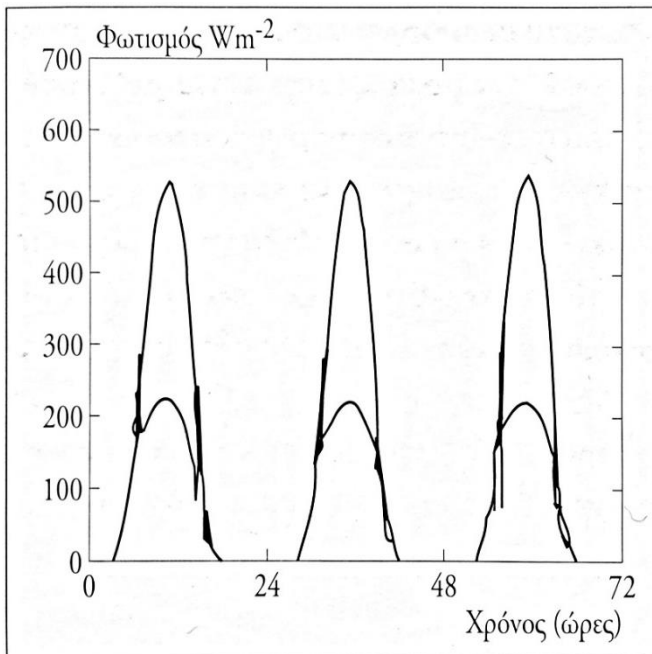


Εικ. 110, Πάνω: Χάραξη των γωνιών για κεκλιμένες κατακόρυφες προεξοχές.



Εικ. 111, Πάνω Αριστερά: οι γωνίες α & β ανταποκρίνονται σε 100% σκίαση του ανοίγματος. Οι γωνίες γ & δ ανταποκρίνονται σε 50% σκίαση.

Εικ. 112: Σχεδιασμός σκιάστρων για Ν.Δ. όψη.



Εικ. 113: Πάνω, σκίαση με οριζόντιες και κατακόρυφες προεξοχές. Στο δεξί τμήμα, εμφανίζονται πάνω στον ηλιακό χάρτη του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής τα όρια που ορίζουν τα επιλεγμένα σκιάστρα, αναλογικά με τις διαστάσεις τους και τον προσανατολισμό τους.

Εικ. 114, Αριστερά: Ολική κατακόρυφη νότια ακτινοβολία που μετριέται κάτω και πάνω από την τέντα.

Εικ. 115, Κάτω: Ηλιακή διαπερατότητα για υλικά τέντας.

## Τέντες

Οι τέντες μπορούν να περιορίσουν το θερμικό κέρδος μέχρι και 65% κατά το θέρος στις νότιες όψεις και μέχρι 80% στις ανατολικές και δυτικές επιφάνειες. Η γεωμετρική μορφή των τεντών είναι παρόμοια με αυτή των οριζόντιων προστεγασμάτων αλλά η απόδοση εξαρτάται από το ποσοστό αδιαφάνειας των υλικών τόσο στην άμεση όσο και στην έμμεση ακτινοβολία καθώς και στην παρουσία σκόνης ή ρύπων που μπορούν να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά απορροφητικότητας ή ακτινοβολίας της τέντας. Κανονικά ένα διάκενο αέρα μεταξύ της τέντας και της όψης του κτηρίου πρέπει να εξασφαλίζεται ώστε να επιτρέπει την κυκλοφορία του αέρα. Η αποτελεσματικότητα της υφασματινής τέντας περιορίζεται με τη πάροδο του χρόνου ή με φθορές καιρικών συνθηκών. [Εικ. 114 & 115]

Υλικό	% Άμεση διαπερατότητα	% Διάχυτη διαπερατότητα
Καραβόπανο	0	0
Πλαστικό	25	15
Αλουμίνιο (χωριστά φύλλα)	0	20

## Υαλοπίνακες

Οι υαλοπίνακες μπορεί να είναι διαφανείς ή μπορεί να έχουν ειδικές βαφές ή επεξεργασίες που ενισχύουν τα χαρακτηριστικά ανάκλασης ή απορρόφησης της θερμότητας. Οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες επιτρέπουν τη μεταβολή των ιδιοτήτων μετάδοσης της ακτινοβολίας με διαφοροποίηση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από το γυάλινο πανό. Η εικόνα 116 δείχνει τα αποτελέσματα μετρήσεων για τα ποσά της ηλιακής ενέργειας που διέρχονται από μία ποικιλία υλικών υαλοστασίων. Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους, solar factor gain, είναι το ποσό της ενέργειας που γίνεται αποδεκτή, εκφρασμένη ως ποσοστό της ολικής άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Στην εικόνα 117 παρατίθενται οι τιμές του συντελεστή για απλό ή διπλό υαλοπίνακα σε συνεργασία με κοινά σταθερά συστήματα σκίασης, που έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του άμεσου ηλιακού κέρδους μέχρι 90%.

Περιγραφή	Πάχος Τζαμιού (mm)	Τιμή K (U) (χειμώνα)	Τιμή K(U) (θερούς)	Διείσδυση Ορατή	Ηλιακή	Συντελεστής σκίασης(SC)
Μονό, διαφανές	3	1,16	1,04	0,90	0,84	1,00
	6	1,13	1,04	0,89	0,78	0,95
	10	1,11	1,03	0,88	0,72	0,90
	13	1,09	1,03	0,86	0,67	0,86
Μονό, με απορρόφηση θερμότητας	6	1,13	1,10	0,52	0,96	0,71
Διάκενο αέρα						
Διπλό	5	0,62	0,65		0,71	0,88
	6	0,58	0,61			
	13	0,49	0,57	0,80		0,82
	13					
Επίστρωση με ανακλαστική βαφή χαμηλής τιμής ε	ε = 0,20	0,32	0,38			
	ε = 0,40	0,42	0,49	0,14		0,25
	ε = 0,60	0,43	0,51			
Τριπλό	6	0,39	0,44			0,71
Ακρυλικό με μονό φύλλο	6	0,96	0,89	0,92	0,85	0,98
Ακρυλικό με ανακλαστική βαφή	6	0,88	0,83	0,14	0,12	0,21

Εικ. 116: Πίνακας Συντελεστή Σκίασης και τιμών K(U) για διάφορους τύπους υαλοπινάκων.

Εικ. 117: Παράγοντες ηλιακού κέρδους για διάφορους τύπους τζαμιών και σκιάσεων (ακριβώς για Η.Β., σχεδόν ακριβείς για όλο τον κόσμο).

Θέση σκίασης και τύποι διατάξεων προστασίας από τον ήλιο		Συντελεστές ηλιακού κέρδους (*)	
Σκίαση	Τύποι διατάξεων προστασίας από τον ήλιο	Τύποι τζαμιών *	
		Απλό	Διπλό
Καμιά	Καμιά	0,76	0,64
	Τζάμι ελαφριάς απορρόφησης θερμότητας	0,51	0,38
	Τζάμι ισχυρής απορρόφησης θερμότητας	0,39	0,25
	Σκούρο τζάμι βαμμένο με βερνίκι	0,56	-
	Χρυσοατί τζάμι με ανάκλαση της θερμότητας (οφραγισμένο όταν είναι διπλό)	0,26	0,25
Εσωτερική	Πλαστικές περσίδες με σκούρο πράσινο και ανοικτά φύλλα	0,62	0,56
	Λευκές ενετικές περσίδες	0,46	0,46
	Κουρτίνα από βαμβάκερο ύφασμα	0,41	0,40
	Περσίδες από κρεμ ολλανδικό λινό	0,30	0,33
Ενδιάμεση	Λευκές ενετικές περσίδες	-	0,28
Εξωτερική	Πλαστικές περσίδες με σκούρο πράσινο και ανοικτά φύλλα	0,22	0,17
	Τέντα από καραβόπανο	0,14	0,11
	Λευκά φύλλα προστασίας από τον ήλιο, φύλλα σε 45°	0,14	0,11

(\*) Ο παράγοντας ηλιακού κέρδους ενός διαφανούς υλικού είναι ο λόγος της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει προς την ηλιακή ενέργεια που περνά διά του υλικού.



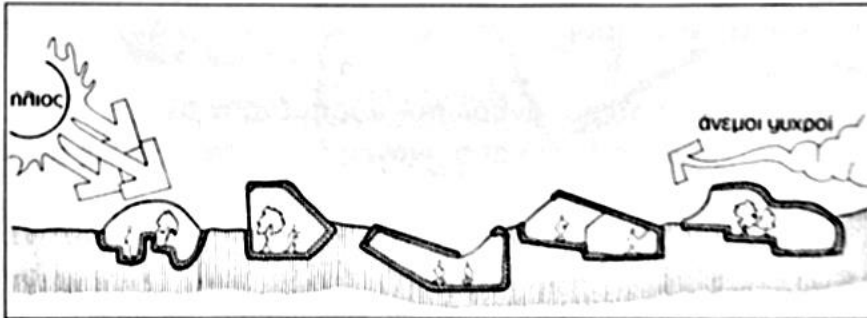
## [Γ.Γ.2] Αξιοποίηση υπεδάφους

### Εδαφική ενσωμάτωση

Προσαρμόζοντας ένα κτήριο στο υπέδαφος ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες, καθώς το έδαφος είναι ελάχιστα δεκτικό στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και αμβλύνει την επίδραση των κλιματικών εναλλαγών του εξωτερικού περιβάλλοντος [Εικ. 118]. Είναι αποδεκτό ακόμη, ότι κτήρια με επιχωματωμένη βόρεια όψη και προσανατολισμένα προς την πορεία του ήλιου δύναται να προσφέρουν άνετες συνθήκες διαβίωσης [Εικ. 119]. Εξίσου ουσιώδης είναι και η αξιοποίηση της άμεσης και απομονωμένης ψύξης που μπορεί να προσφέρει το έδαφος

Εικ. 118, Δεξιά: Παραδείγματα συστημάτων παθητικής ψύξης.

Εικ. 119, Κάτω: Κελύφη κτηρίων για περιορισμό των θερμικών απωλειών.

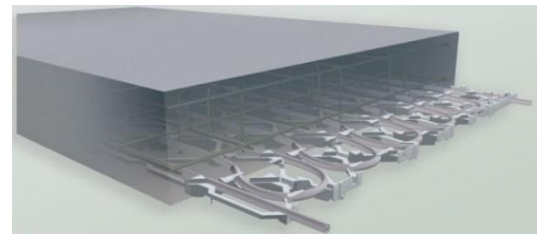
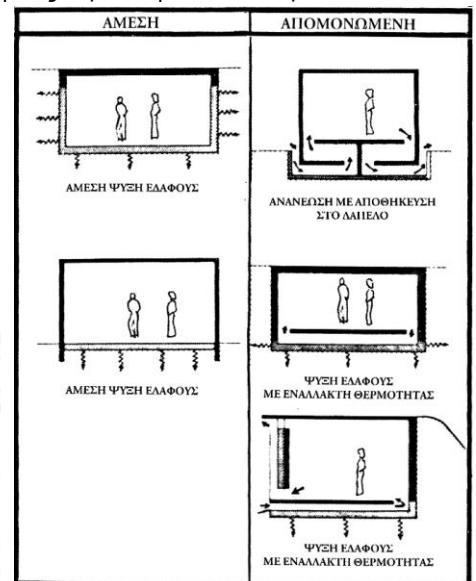


κατά τη θερινή περίοδο.

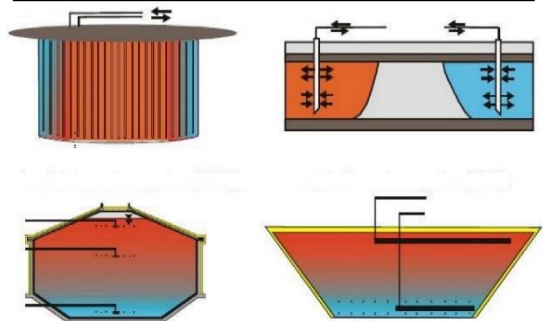
### Γεωθερμία

Εν αντιθέσει με όλες σχεδόν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η γεωθερμία είναι ανεξάρτητη από την περιοδική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Εξαιρέση αποτελούν οι επιφανειακές εφαρμογές και οι εφαρμογές σύζευξης με ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες, για την αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμικής ενέργειας. Η αυξημένη χρήση υποδαπέδιας θέρμανσης και η, συγγενικής φύσεως, θερμική ενεργοποίηση του πυρήνα των κτηρίων, όπως και η ταυτόχρονη βελτίωση των επιπέδων θερμομόνωσης, συνιστούν έφορο έδαφος για την χρήση της γεωθερμικής ενέργειας [Εικ. 120]. Πιο συγκεκριμένα, τα πρώτα 2 συστήματα απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, γεγονός που εναρμονίζεται με την χαμηλή θερμοκρασιακή απόδοση των συστημάτων γεωθερμίας (όπως επίσης και με την αυξημένη απόδοση των ηλιακών θερμικών συλλεκτών στις χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας). Ενώ προσφέρονται συστήματα αξιοποίησης της γεωθερμίας στην κλίμακα μίας μονοκατοικίας, σε μεγαλύτερη κλίμακα ο λόγος απόδοσης και κόστους επένδυσης είναι μεγαλύτερος [Εικ. 121 & 122].

Υπόγειες οδεύσεις αερισμού μπορούν να ελαττώσουν τον αντίκτυπο των εναλλαγών του αέρα και της ανισορροπίας που προκαλούν στις συνθήκες θερμικής άνεσης, με την προθέρμανση ή την πρόψυξη του εξωτερικού αέρα προσεγγιστικά στους 8°C. (46) Η πλειονότητα των γεωθερμικών συστημάτων δεσμεύουν την επιθυμητή θερμότητα από τα επίπεδα του εδάφους, ως και 40 μέτρων βάθους με την τεχνολογία των πασσάλων γεωεναλλακτών [Εικ. 123].



Εικ. 120, Τομή πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος με σύστημα θερμικής ενεργοποίησης στην κάτω στάθμη. Σε σύγκριση με την θερμική ενεργοποίηση στον πυρήνα της πλάκας, ο ρυθμός εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας από τις επιφάνειες είναι εντονότερος και μειώνεται ταυτόχρονα ο χρόνος υστέρησης της θερμικής μάζας.

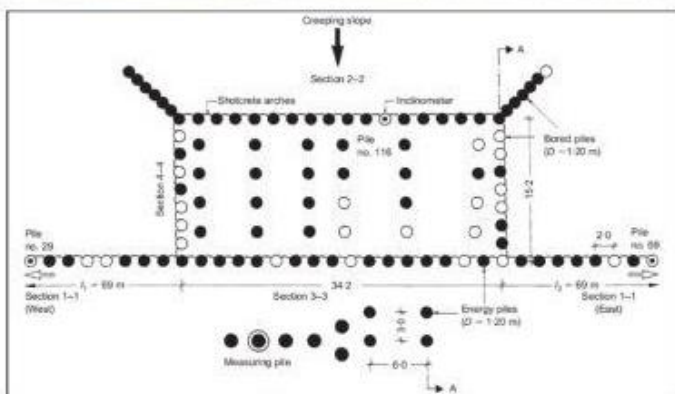
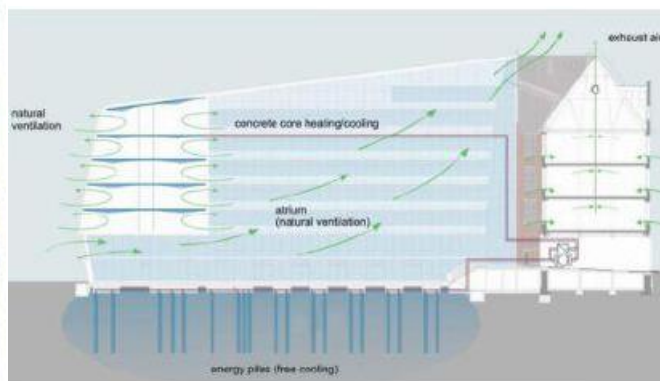


Εικ. 121: Μεγάλης κλίμακας υπόγεια συστήματα επαύξησης της θερμικής αποθηκευτικής απόδοσης. Πάνω αριστερά/δεξιά συστήματα γεωτρήσεων και υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Κάτω αριστερά/δεξιά, συστήματα υπόσκαφης δεξαμενής και διαμόρφωσης λάκκου.

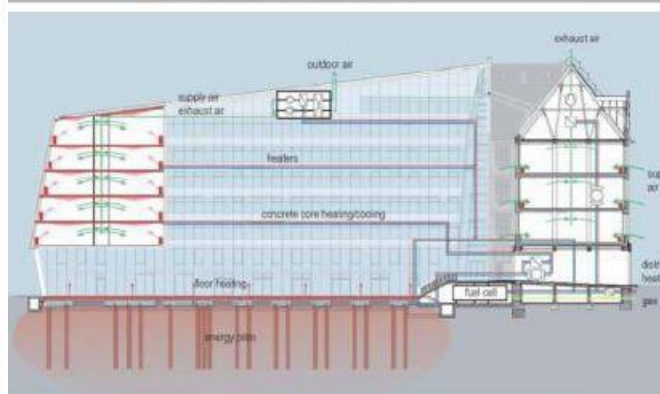
Μάλιστα, είναι εφικτή η θερμική ενεργοποίηση των πασσάλων θεμελίωσης ενός κτηρίου. Οι πάσσαλοι θεμελίωσης είναι η περισσότερο διαδεδομένη μέθοδος βαθιάς θεμελίωσης, λόγω του χαμηλότερου κόστους κατασκευής, σε σχέση με άλλους τύπους βαθιών θεμελιώσεων, αλλά και της δυνατότητας εύκολης προσαρμογής σε μεγάλο ποσοστό κατασκευών και εδαφών. Πρόκειται για κατακόρυφα στοιχεία μικρής διατομής σε σχέση με τις διαστάσεις των κατασκευών, που κατασκευάζονται με διαφορετικούς τρόπους μέσα στο έδαφος ή μπήγονται σε αυτό, επάνω στα οποία εδράζονται τελικά οι κατασκευές. Στην περίπτωση που επιλεγεί αυτή η μέθοδος θεμελίωσης, τότε το αρχικό κόστος για την εγκατάσταση συστήματος ενεργειακών πασσάλων (energy piles, boreholes) μειώνεται δραστικά. [Εικ. 124-126] Στην Γερμανία λαμβάνεται εύκολα η άδεια για εγκαταστάσεις έως 99μ βάθους, στις περιπτώσεις που συνδυάζεται η γεωθερμική ενέργεια με την χρήση μονάδων για θέρμανση/εσωτερικό κλιματισμό.



Εικ. 122, πάνω: Συστήματα γεωθερμίας μικρής κλίμακας σε επιφανειακή και εις βάθους στρώση εδάφους.



Εικ. 125: Εφαρμογή πασσάλων – γεωεναλλακτών στο Bad Schallerbach της Αυστρίας. Επάνω φωτογραφία του κτηρίου και κάτω η κάτοψη του πεδίου των γεωεναλλακτών. Με μαύρο χρώμα φαίνονται οι πάσσαλοι που εφοδιάζονται με βρόχους σωλήνων.



Εικ. 126: Το σύστημα αξιοποίησης των πασσάλων – γεωεναλλακτών κατά την περίοδο ψύξης (επάνω) και την περίοδο θέρμανσης (κάτω) του κτηρίου Energieforum στο Βερολίνο.



Εικ. 123: Διαγραμματική απεικόνιση συστήματος θερμικών γεωτρήσεων/πασσάλων (energy piles). Κατάλληλο για μεσαίες και μεγάλες εφαρμογές (με ανάγκες πάνω από 700GJ/χρόνο). Εύρος θερμοκρασίας 0-25°C. Απαιτείται χαμηλή ροή υδροφόρου ορίζοντα.



Εικ. 124: Οριζόντιο δίκτυο σε πεδίο πασσάλων-γεωεναλλακτών πριν από τη σκυροδέτηση της πλάκας, ως θερμικά ενεργό στοιχείο.

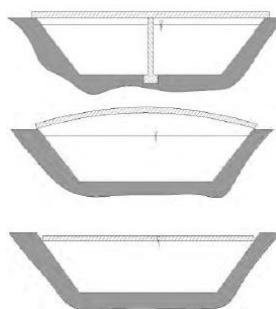


## Γεωθερμική εποχιακή αποθήκευση θερμότητας

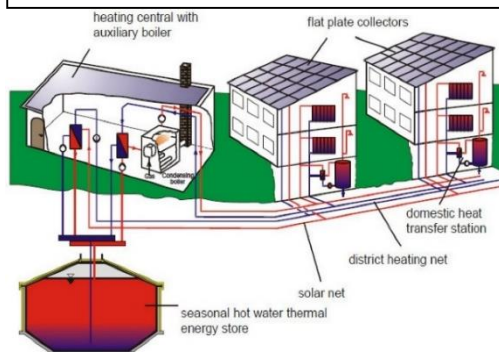
Η αυξημένη ιδιότητα αποθήκευσης ενέργειας του νερού ανά μονάδα όγκου, μεγάλες δεξαμενές υδάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ηλιακής ενέργειας του καλοκαιριού με στόχο την αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας τον χειμώνα, όπου τα ηλιακά συστήματα υστερούν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες του κτηρίου. Ωστόσο, το σύστημα απαιτεί μηχανισμούς διανομής και εκτεταμένο αποθηκευτικό όγκο, περίπου  $50\text{m}^3$  για μία οικογενειακή μονοκατοικία, και κατά συνέπεια η απόδοση τους σε οικονομικούς όρους είναι πιο προσιπή σε εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας, π.χ. σε ξενοδοχειακές μονάδες και σε συνολικά προσχεδιασμένους αστικούς οικισμούς [Εικ. 127 & 128]. Εδαφικές διαμορφώσεις υπό την μορφή λάκκου ή «στέρνας» μπορούν να εσωκλείουν νερό είτε σκύρα με διαστρώσεις υδάτινων σωληνώσεων. Τα θετικά του δεύτερου συστήματος που αφορούν την επανάχρηση του επιφανειακού εδάφους και την στιβαρότητα της κατασκευής, πρέπει να αντισταθμίζουν επαρκώς τα αρνητικά στοιχεία, που αφορούν την χαμηλότερη θερμοχωρητικότητα σε σύγκριση με το νερό, την δύσκολη επιδιόρθωση διαρροών και τη μειωμένη διαστρωμάτωση [Εικ. 129 & 130]

Με δεδομένο το σταθερό ενεργειακό δυναμικό που παρουσιάζεται, τόσο στα πετρώματα μικρού βάθους, όσο και τα νερά του υδροφόρου ορίζοντα, που στην Ελλάδα κυμαίνονται από  $14 - 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (αβαθής γεωθερμική ενέργεια), ο σχεδιασμός τέτοιων συστημάτων εξασφαλίζει οικονομικότερη λειτουργία, κατά  $40 - 60\%$ , ανάλογα με το αν πρόκειται για θέρμανση ή ψύξη αντίστοιχα. <sup>(47)</sup> Τόσο στα συστήματα εκμετάλλευσης ενέργειας από τα πετρώματα μικρού βάθους, όσο και στα συστήματα εκμετάλλευσης ενέργειας που προέρχεται από τον υδροφόρο ορίζοντα, κατασκευάζεται ένας γήινος εναλλάκτης, ο οποίος στη συνέχεια αξιοποιεί το επίπεδο θερμοκρασίας με τη βοήθεια αντλιών θερμότητας. Για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης απαιτείται ικανή υδατοπερατότητα (πορώδες) του εδάφους και χαμηλή ροή του υδροφόρου ορίζοντα.

Εικ. 129: Αριστερά, παράδειγμα λάκκου θερμικής αποθήκευσης με νερό κατά την κατασκευή. Το κάλυμμα, που αποτελεί κρίσιμη συνιστώσα, πρέπει να επιτρέπει τη διόγκωση του νερού και την αποστράγγισή του. Δεξιά, η απεικόνιση διαφοροποιήσεων των σκεπασμάτων. Α) Υποστηριζόμενο κάλυμμα. Απαιτείται θεμελίωση. Β) Αυτοφερόμενο κάλυμμα. Προεξέχον ύψος, ακριβή ως λύση. Γ) Πλεούμενο κάλυμμα. Προσφέρει προσβασιμότητα, πρέπει να μελετηθεί η διαχείριση των όμβριων υδάτων.



Εικ. 127: Υπόσκαφη δεξαμενή κατά την κατασκευή.



Εικ. 128: Διαγραμματική απεικόνιση συστήματος θερμικής αποθήκευσης σε υπόσκαφη δεξαμενή. Σύστημα παροχής ζεστών νερών χρήσης, με σύζευξη ηλιακών θερμικών συλλεκτών και βοηθητικού λέβητα.



Εικ. 130: Παραδείγματα λάκκων θερμικής αποθήκευσης με σκύρα κατά την κατασκευή. Στο στάδιο αυτό είναι εμφανείς οι διαστρώσεις των σωληνώσεων.



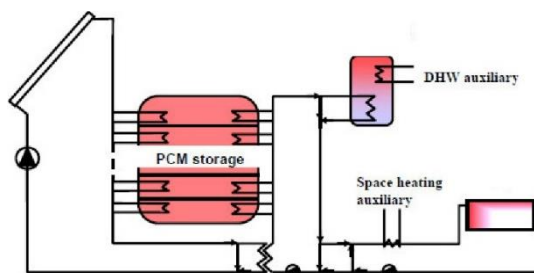


## [Γ.Γ.3] Σύγχρονα συστήματα θερμικής αποθήκευσης

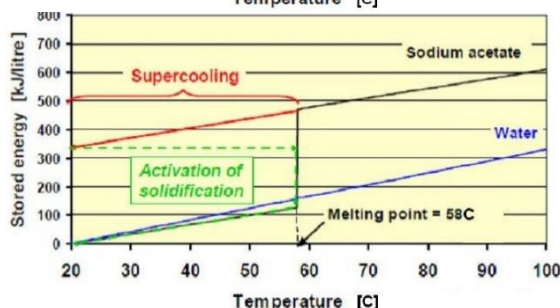
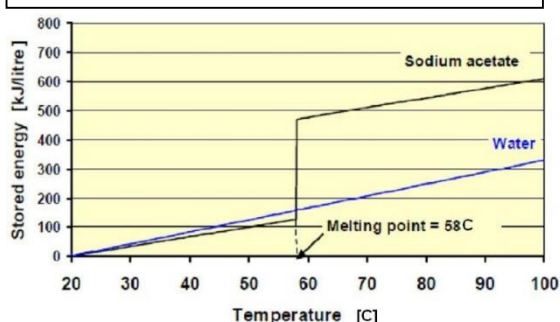
### Λανθάνουσα θερμική αποθήκευση

Η μέθοδος της λανθάνουσας θερμικής αποθήκευσης υλοποιεί την δυνατότητα αλλαγής φάσης των υλικών, κατά βάση από υγρή σε στερεά μορφή, για μία αποδοτικής φύσεως θερμική αποθήκευση (από άποψη χρήσης υλικών κατασκευής) με αντίστοιχα υψηλή δυνατότητα αποθήκευσης. Κατά την διαδικασία αποθήκευσης θερμότητας το υλικό αρχίζει να λιώνει αλλά δεν παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας του μέχρι την πλήρη τήξη του και είναι ο λόγος που αναφέρεται ως λανθάνουσα.

Ένα σύστημα λανθάνουσας θερμικής αποθήκευσης μπορεί να λειτουργεί παθητικά δεσμεύοντας ενέργεια άμεσα από τον ήλιο, είτε έμμεσα με την χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών αξιοποιώντας την ανώτερη απόδοση τους στην δέσμευση ηλιακής ενέργειας. Στην δεύτερη περίπτωση μάλιστα είναι δυνατή η επίτευξη έως 100% του Ηλιακού Κλάσματος (f), όπως στην κατασκευασμένη κατοικία 135μ<sup>2</sup> χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων στην Δανία, εξοπλισμένη με 35μ<sup>2</sup> ηλιακών συλλεκτών και όγκο αποθήκευσης υλικού αλλαγής φάσης 10-12μ<sup>3</sup> [Εικ. 131]. (48) Το κλάσμα, αφορά την ποσότητα της ενέργειας που παρέχεται από την ηλιακή εγκατάσταση προς το σύνολο των καλυπτόμενων ενεργειακών αναγκών. Η παραφίνη αποτελεί ένα από τα κατάλληλα υλικά, καθώς η θερμοχωρητικότητα της είναι 10 φορές μεγαλύτερη από το σκυρόδεμα [Εικ. 132 & 133]. Πιο συγκεκριμένα, ένα τοίχιο 3 εκατοστών διατομής με στερεή παραφίνη έχει την ίδια δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης με ένα τοίχιο σκυροδέματος 40 εκ. Η παραφίνη μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα των υαλοπινάκων του κελύφους δίνοντας ένα αρκετά ελκυστικό αισθητικό αποτέλεσμα [Εικ. 134 & 135]. Η αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον βιώνεται στο εσωτερικό με την διακύμανση της φωτεινότητας που αποδίδει ο τοίχος. Το καλοκαίρι έχει θολή όψη από το εσωτερικό, ενώ τις ηλιόλουστες μέρες του χειμώνα η παραφίνη λιώνει και η φωτεινότητα αυξάνεται.



Εικ. 131: Σύστημα σύζευξης μονάδας θερμικής αποθήκευσης, ηλιακών θερμικών συλλεκτών και ηλεκτρικών αντιστάσεων για την ικανοποίηση των αναγκών ζεστών νερών χρήσης και θέρμανσης χώρων.



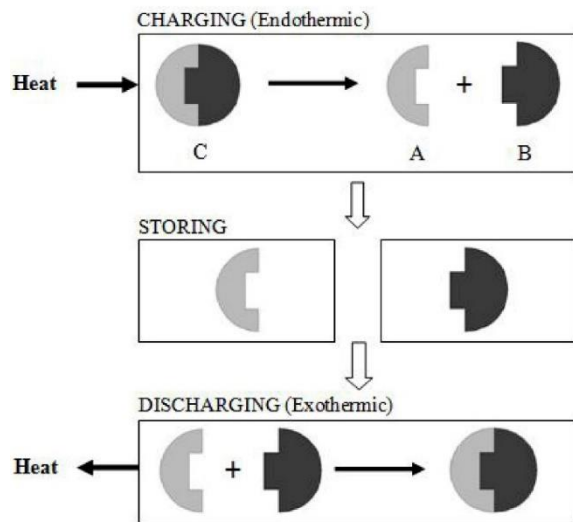
Εικ. 132 & 133: Διάγραμμα θερμομετρικής συμπεριφοράς του Οξικού Νατρίου (Sodium Acetate) σε αναλογία παρεχόμενης θερμότητας, σε σύγκριση με την συμπεριφορά του νερού. Το υλικό διαθέτει υψηλή ικανότητα υπόψυξης.

Εικ. 134 & 135: Solar House III, Schwarz Architekten (Αυστρία, 2000). Η νότια όψη είναι κατασκευασμένη από ημιδιαφανή τοίχο θερμικής αποθήκευσης παραφίνης. Υαλοπίνακες συμπληρώνουν την όψη για την ικανοποίηση των αναγκών φωτισμού και απρόσκοπτης θέας.



## Θερμοχημική αποθήκευση

Αφορά την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας μέσω της αλληλεπίδρασης 2 υλικών, τα οποία δεσμεύουν θερμότητα καθώς διαχωρίζονται και αποβάλλουν θερμότητα όταν ενοποιούνται [Εικ. 136]. Η τεχνολογία των συστημάτων είναι αρκετά περίπλοκη σε σύγκριση με τις προαναφερθείς μεθοδολογίες αποθήκευσης, κινείται ακόμη σε πειραματικά πλαίσια για την βελτιστοποίηση των διεργασιών και την επιλογή των κατάλληλων υλικών [Εικ. 137 & 138].



Εικ. 136, Αριστερά: Διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τον κύκλο της θερμοχημικής αποθήκευσης – Φόρτιση, Αποθήκευση, Αποφόρτιση.

Εικ. 137, Δεξιά: Πειραματική εγκατάσταση θερμοχημικής αποθήκευσης με βάση το οξείδιο του ασβεστίου  $\text{CaO}$  και το υδροξείδιο του ασβεστίου  $\text{Ca(OH)}_2$ , ενεργειακής αποθήκευσης 10 kW.

Εικ. 138, Κάτω: Συγκριτικός πίνακας μεθόδων Περιοδικής Αποθήκευσης Ενέργειας (TES) σε διάφορους παράγοντες

Performance Parameter	Type of Thermal Energy Storage		
	Sensible TES	Latent TES	Chemical TES (Sorption and Thermo-chemical)
Temperature range	Up to: 110 °C (water tanks) 50 °C (aquifers and ground storage) 400 °C (concrete)	20-40 °C (paraffins) 30-80 °C (salt hydrates)	20-200 °C
Storage density	Low (with high temperature interval): 0.2 GJ/m <sup>3</sup> (for typical water tanks)	Moderate (with low temperature interval): 0.3-0.5 GJ/m <sup>3</sup>	Normally high: 0.5-3 GJ/m <sup>3</sup>
Lifetime	Long	Often limited due to storage material cycling	Depends on reactant degradation and side reactions
Technology status	Available commercially	Available commercially for some temperatures and materials	Generally not available, but undergoing research and pilot project tests
Advantages	Low cost Reliable Simple application with available materials	Medium storage density Small volumes Short distance transport possibility	High storage density Low heat losses (storage at ambient temperatures) Long storage period Long distance transport possibility Highly compact energy storage
Disadvantages	Significant heat loss over time (depending on level of insulation) Large volume needed	Low heat conductivity Corrosivity of materials Significant heat losses (depending on level of insulation)	High capital costs Technically complex



## [Γ.Γ.4] Φυσικός Αερισμός

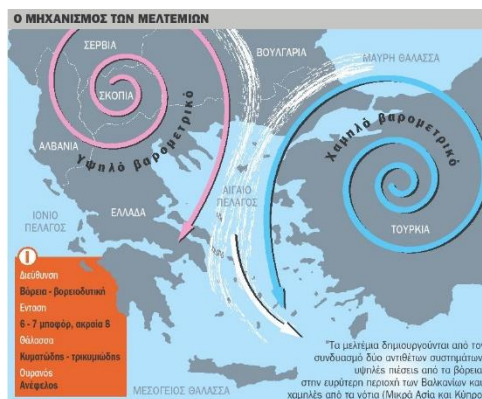
Ο αερισμός παρέχει ψύξη χρησιμοποιώντας τον αέρα για την **απομάκρυνση της θερμότητας από το κτήριο και από το ανθρώπινο σώμα**. Η κίνηση του αέρα μπορεί να οφείλεται είτε σε φυσικές δυνάμεις (άνεμος και φαινόμενο της καμινάδας) είτε σε μηχανική δύναμη. Η μορφή της ροής του αέρα είναι **αποτέλεσμα των διαφορών πίεσης** που παρατηρούνται γύρω και μέσα στο κτήριο. Ο αέρας κινείται από τις περιοχές υψηλής στις περιοχές χαμηλής πίεσης. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη της εσωτερικής, ο αερισμός του κτηρίου μπορεί να ανακουφίσει από τα εσωτερικά θερμικά κέρδη ή από τα ηλιακά κέρδη κατά τη διάρκεια της μέρας και να εφοδιάζει με ψυχρό αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας, αν αυτό απαιτείται.

Η κίνηση του εσωτερικού αέρα αυξάνει τη μεταβίβαση θερμότητας από την επιφάνεια του δέρματος και αυξάνει την εξάτμιση της υγρασίας από αυτό. Η εξάτμιση αποτελεί έναν πολύ ισχυρό μηχανισμό ψύξης που μπορεί να δώσει ένα αίσθημα άνεσης στους ενοίκους κάτω από συνθήκες ζέστης. Για να φέρει αποτέλεσμα, ο αέρας του περιβάλλοντος θα πρέπει οπωσδήποτε να μην είναι υπερβολικά υγρός (σχετική υγρασία χαμηλότερη από 85%). Η στροβιλώδης κίνηση του αέρα ευνοεί και τους 2 αυτούς μηχανισμούς απομάκρυνσης θερμότητας.

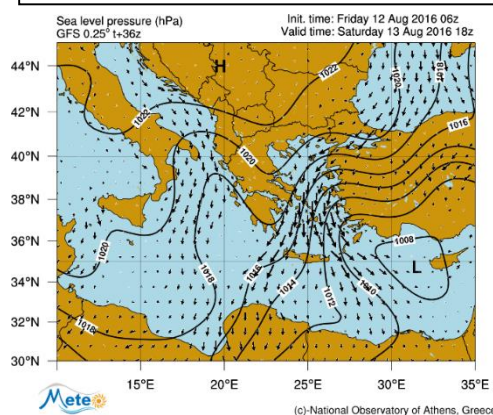
Ο σχεδιασμός του κτηρίου αυτός καθ' αυτός και οι περιβάλλοντες χώροι έχουν εξίσου μεγάλη επίδραση στην αποτελεσματικότητα του φυσικού δροσισμού. Οι εναλλαγές αέρα σε **όγκους του χώρου ανά ώρα (ACH)** μπορεί να μεταβάλλονται σημαντικά ανάλογα με τις συνθήκες. Για ψύξη με αερισμό σε συνθήκες κατοικίας ή γραφείου, σύμφωνα με τις προϋποθέσεις της ASHRAE συνιστώνται 0,75 με 1 ACH, ενώ σε πλήρη θέατρα ή μπαρ απαιτούνται ορισμένες φορές 3 έως 50 ACH. Υψηλές τιμές εναλλαγών αερισμού επηρεάζουν τις συνθήκες άνεσης και προξενούν ενοχλήσεις: για παράδειγμα ένα κερί τρεμοπαίζει σε ταχύτητα αέρα περίπου 0,5 m/s ενώ σελίδες χαρτιού μπορούν να παρασυρθούν όταν η ταχύτητα του αέρα φτάσει τα 1,5m/s. Σε γενικές γραμμές αύξηση της ταχύτητας του αέρα κατά 0,15 m/s αντιστοιχεί σε αύξηση της αισθητής από τους ενοίκους θερμοκρασίας κατά 1 βαθμό, για μέτρια επίπεδα υγρασίας (κάτω του 70%). (49)

Η τιμή της ροής του ανέμου δια του κτηρίου επηρεάζεται από την τοποθεσία, τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά ροής των ανοιγμάτων, τις συνέπειες των εσωτερικών εμποδίων και την επίδραση του σχήματος του κτηρίου σε σχέση με την κατεύθυνση του ανέμου, π.χ. τοίχοι αντιστήριξης. Η ροή του ανέμου μέσα στα κτήρια θα πρέπει να θεωρείται τρισδιάστατη.

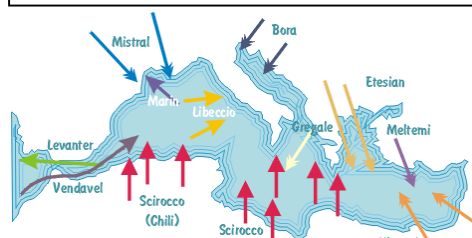
Οι επικρατέστεροι άνεμοι στην Ελλάδα πνέουν από Βορρά (Μελτέμια/Ετησίαι) [Εικ. 139 & 140] και από Νότο (Khamsin) [Εικ. 141]. Η διεύθυνση των Μελτεμιών είναι ΒΔ στο βόρειο/νότιο Αιγαίο και στο Κρητικό πέλαγος, Β και ΒΑ στο κεντρικό Αιγαίο και Δ διεύθυνσης στη Ρόδο. (50) Οι «ετησίες» σχηματίζονται την περίοδο Ιουλίου-Οκτωβρίου, πνέουν από βόρεια κατεύθυνση ως ψυχρή μάζα με συνέπεια να δροσίζουν ευχάριστα το καλοκαίρι. Οι νότιοι άνεμοι που απαντώνται κατά βάση την άνοιξη (Φεβρουάριο-Ιούνιο) δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις όπως τους βόρειους ανέμους και επιφέρουν ξηρή και ζεστή ατμόσφαιρα με μεγάλη περιεκτικότητα σωματιδίων σκόνης. (51)



Εικ. 139: Χάρτης στον οποίο φαίνεται πως δημιουργούνται οι «Ετησίαι» άνεμοι (Μελτέμια). Από το υψηλό βαρομετρικό των Βαλκανίων και το χαμηλό της Μικράς Ασίας. Εάν τα κέντρα βρίσκονταν πλησιέστερα, θα δημιουργούνταν καταστρεπτικός κυκλώνας.



Εικ. 140: Διαγραμματική απεικόνιση έντονου Μελτεμιού την περίοδο του Αυγούστου (12-13/08/2016). Οι μεγαλύτερες ριπές που κατέγραψαν οι σταθμοί ήταν 122 km/h στην Παξιάδα Καρύστου, 98 km/h στην Πάρνηθα, 90 km/h στην Ανάφη, 87 km/h στη Μύκονο και στην Πεντέλη, 84 km/h στο Καβοντόρο και 81 km/h στη Σκύρο.



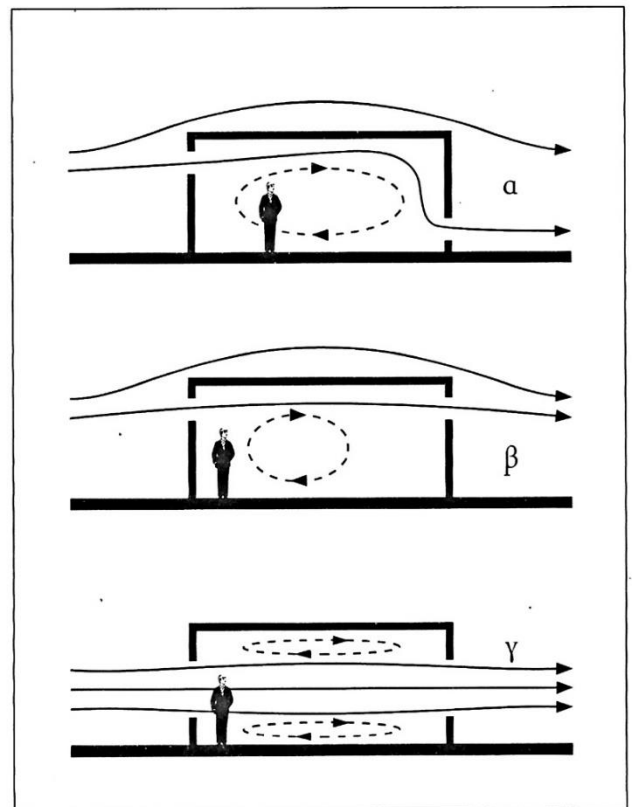
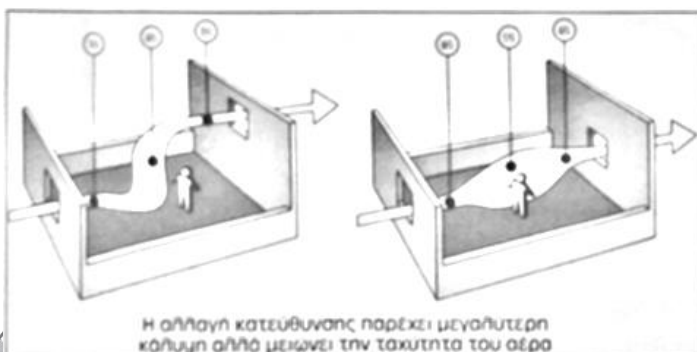
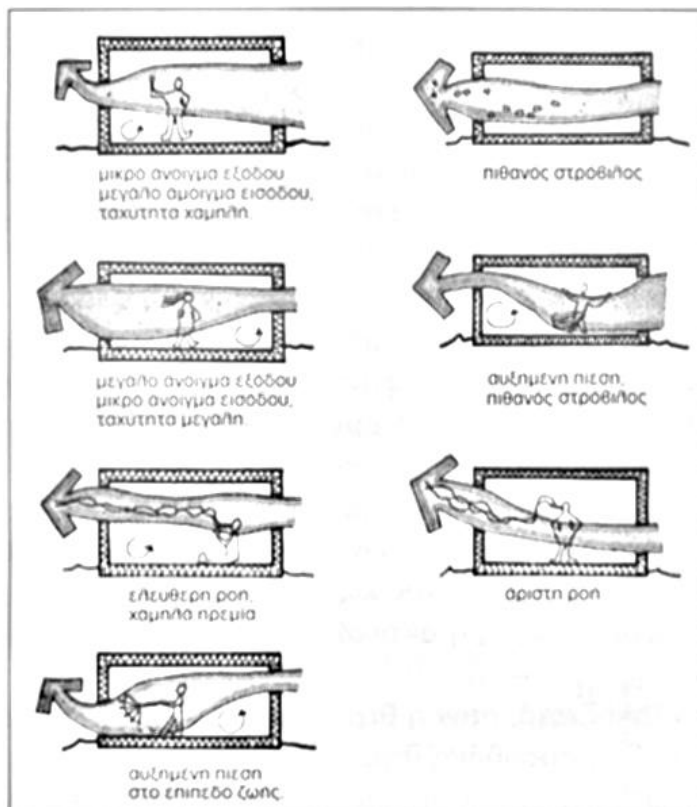
Εικ. 141: Οι επικρατέστεροι άνεμοι της Μεσογείου.



## Ανοίγματα

Η διανομή των ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτηρίου αποτελεί το κλειδί για αποτελεσματικό φυσικό εξαερισμό. Η θέση των ανοιγμάτων εισόδου κυριαρχεί στη διαμόρφωση της ροής μέσα στο χώρο. Η θέση των ανοιγμάτων εξόδου είναι δευτερεύουσας σημασίας. Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα **αντιμέτωπους**, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο το χώρο. Καλύτερες συνθήκες αερισμού και συνεπώς φυσικής ψύξης μέσω ανοιγμάτων επιτυγχάνεται όταν:

- **Τα μεγέθη των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου** του αέρα προτείνεται να είναι περίπου ίδια, αρκεί η θέση τους στην τομή να μην βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο, βάσει ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί. Δηλαδή όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά, ή το αντίστροφο. Έτσι ώστε το ρεύμα του αέρα που δημιουργείται να εξασφαλίζει δροσιά στο επίπεδο της ζωής [Εικ. 142].
- **Το ύψος τοποθέτησης των ανοιγμάτων** ανταποκρίνεται στις ανάγκες του εκάστοτε χώρου. Τα ανοίγματα στο ύψος του ανθρώπου παρέχουν συνήθως καλό αερισμό. Ανοίγματα εισόδου τοποθετημένα ψηλά δε δημιουργούν ισχυρή ταχύτητα αέρα στη ζώνη διαβίωσης και για αυτό δεν είναι πολύ κατάλληλα για την ψύξη των ενοίκων. Παρ' όλα αυτά η διάταξη αυτή είναι συχνά ενδιαφέρουσα για το φυσικό εξαερισμό επειδή το ρεύμα αέρα κατευθύνεται προς τα στοιχεία θερμικής αποθήκευσης, για παράδειγμα την οροφή. Επιπλέον η υψηλή θέση παρέχει βελτιωμένες συνθήκες ασφάλειας. [Εικ. 143 & 144]



Εικ. 142, Πάνω αριστερά: Τύποι διαμετρών ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα και αντίστοιχη διανομή της ροής του στο χώρο.

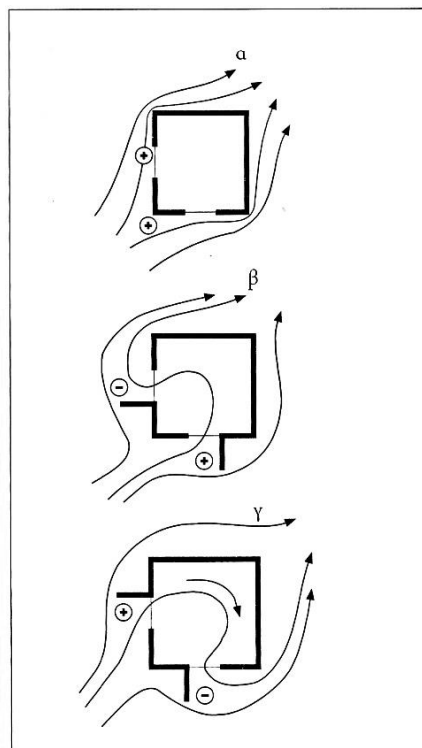
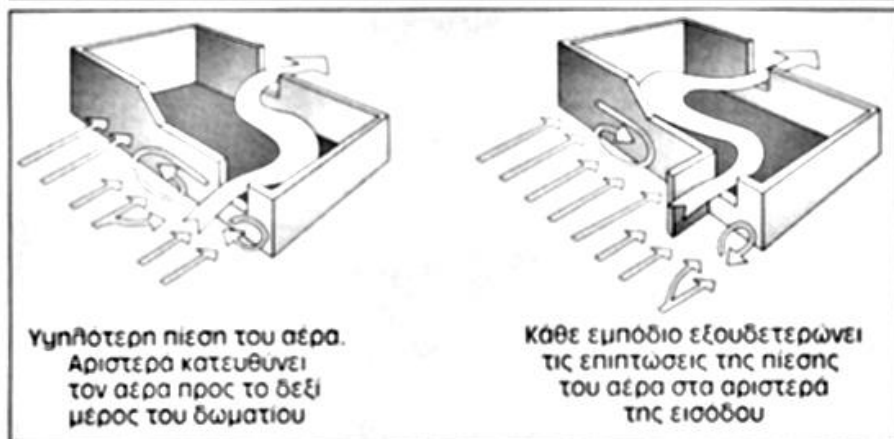
Εικ. 143, Αριστερά: Διακύμανση ροής αέρα κατ' αντίστοιχία της διαδρομής που ακολουθεί.

Εικ. 144, Πάνω δεξιά: Διαφορετικά ύψη διαμετρών ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα και αντίστοιχη διανομή της ροής του στο χώρο.

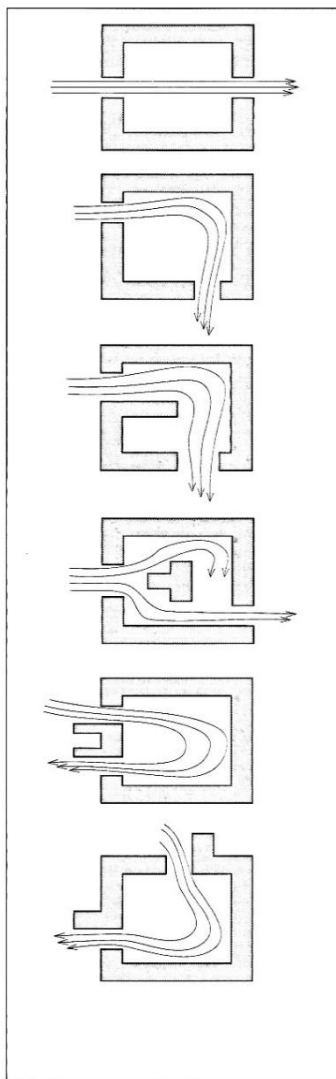
- Ο χώρος έχει **ανοιγμάτα με πτερύγια κοντά σε παρακείμενους ή αντιδιαμετρικούς τοίχους**, καθώς τα πτερύγια μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το διαμπερή αερισμό [Εικ. 145 & 146].

Εικ. 145, Δεξιά: Τα πτερύγια τροποποιούν τη αρχική ροή μέσα στο χώρο.

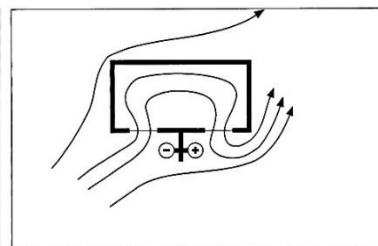
Εικ. 146, Κάτω: Ο ρόλος των εξωτερικών στοιχείων του κτηρίου στην κατεύθυνση και ροή του αέρα.



- Δεν είναι εφικτός ο διαμπερής αερισμός αλλά εξασφαλίζονται **πτερύγια και ικανή απόσταση ανοιγμάτων της όψης**. Ο διαμπερής αερισμός ενδείκνυται συχνά αν ο χώρος έχει τρία ανοιγμάτα σε διαφορετικές προσόψεις. Δυστυχώς αυτή η διάταξη είναι σπάνια, καθώς οι περισσότεροι χώροι έχουν έναν εξωτερικό τοίχο. Με ένα ανοιχτό παράθυρο ο αερισμός οφείλεται κυρίως στις στροβιλώδεις διαταράξεις: Του ανέμου και η κίνηση του αέρα στο εσωτερικό δεν είναι αξιοσημείωτη. Ο αερισμός μπορεί να βελτιωθεί, αν δύο παράθυρα μπορούν να τοποθετηθούν σε μία όψη όσο το δυνατό μακρύτερα το ένα από το άλλο. Οι διακυμάνσεις του ανέμου δημιουργούν διαφορές πίεσης ανάμεσα στα παράθυρα που ευνοούν την κυκλοφορία αέρα στο χώρο. Τα πτερύγια κατά τη διεύθυνση του ανέμου στα παράθυρα μπορούν να αυξήσουν τις διαφορές επίσης μεταξύ δύο παραθύρων ευνοώντας την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο [Εικ. 147].

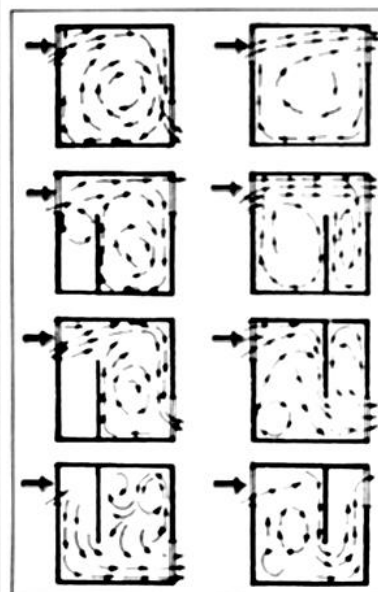


Εικ. 148: Τρόποι παθητικού αερισμού για παράθυρα διαφόρων μεγεθών και θέσεων.



Εικ. 147, Κάτω: Τα πτερύγια κατά την διεύθυνση του ανέμου σε παράθυρα ευνοούν σημαντικά το διαμπερή αερισμό του χώρου. Όμως είναι αναποτελεσματικά για τις υπήνεμες όψεις.

- **Η διάταξη των εσωτερικών τοίχων** συμβάλλει στην αλλαγή κατεύθυνσης του ρεύματος και του αέρα μέσα στον χώρο, αρκεί να μην δημιουργούνται μεγάλες ταχύτητες, με κίνδυνο να παρασύρονται χαρτιά [Εικ. 148 & 149].



Εικ. 149: Η ροή του αέρα με δεδομένο σημείο εισόδου και διαφοροποιήσεις του εσωτερικού χώρου.

- **Η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο,** γιατί έτσι έχουμε μία ομοιόμορφη κατανομή του ρεύματος του αέρα και δροσισμό όλου του χώρου ζωής [Εικ. 150 & 151].

Εικ. 150, Κάτω: Η κυκλική κίνηση του αέρα εξασφαλίζει περισσότερη δροσιά.

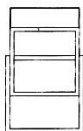
Εικ. 151, Δεξιά: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συνηθέστερων τύπων παραθύρων.



## ΤΥΠΟΣ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

## ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

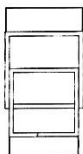
Με απλό κατακόρυφο συρόμενο πλαίσιο



Είναι δυνατή η ρύθμιση της ανοιγόμενης επιφάνειας. Ο αέρας εισέρχεται και συνεχίζει με την ίδια διεύθυνση.

Το άνοιγμα περιορίζεται στο 50% του παράθυρου. Αν δε στεγανοποιηθεί κατάλληλα το χειμώνα είναι αεροπερατό.

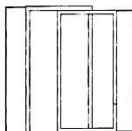
Με διπλό κατακόρυφο συρόμενο πλαίσιο



Είναι δυνατή η ρύθμιση της ανοιγόμενης επιφάνειας. Είναι δυνατή κάποια ρύθμιση ώστε να κατευθύνεται το ρεύμα αέρα σε συγκεκριμένη περιοχή.

Το άνοιγμα περιορίζεται στο 50% του παράθυρου. Αν δε στεγανοποιηθεί κατάλληλα το χειμώνα είναι αεροπερατό.

Με οριζόντιο συρόμενο πλαίσιο



Είναι δυνατή η ρύθμιση της ανοιγόμενης επιφάνειας ώστε να κατευθύνεται το ρεύμα αέρα σε συγκεκριμένη περιοχή.

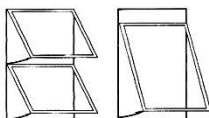
Το άνοιγμα περιορίζεται στο 50% του μεγέθους του παραθύρου. Το πλάτος/ ύψος του δεν ευνοεί τον επαρκή αερισμό για όλες τις διευθύνσεις αέρα.

Με πλευρικές αρθρώσεις



100% ανοιγόμενα. Το πλαίσιο μπορεί να λειτουργήσει ως πτερύγιο και να ανακατευθύνει τη ροή. Καλή συναρμογή.

Με άξονες περιστροφής στο πάνω μέρος



Άριστη προστασία από τη βροχή επιτρέποντας παράλληλα κάποιο εξαερισμό.

Για μικρές γωνίες ανοίγματος η ροή στρέφεται προς τα πάνω έξω από τη ζώνη ζωής του δωματίου. Περιορισμένη επιφάνεια ανοίγματος.

Με οριζόντιες περσίδες (Jalousie)



Μπορεί να λειτουργήσει για όλες τις διευθύνσεις ανέμου. Σχεδόν 100% ανοιγόμενα. Μπορεί να κατευθύνει τη ροή.

Δύσκολα στεγανοποιείται όταν είναι κλειστό.

Ανακλινόμενα



Καλό για νυκτερινό εξαερισμό.

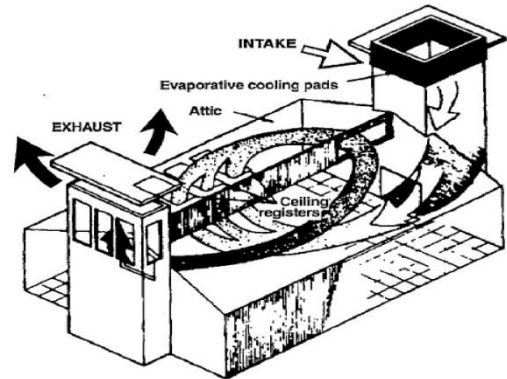
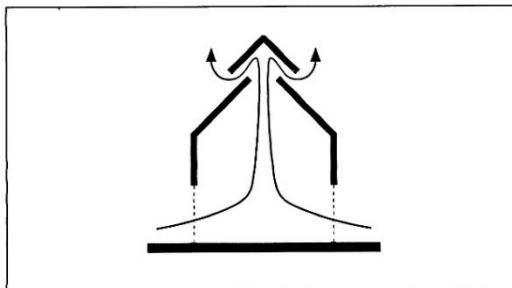
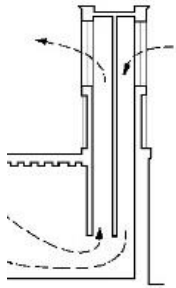
Διεσθύνει η βροχή. Μειωμένη επιφάνεια ανοίγματος.



## Ανεμόπυργοι

Οι ανεμόπυργοι αξιοποιούν τη δύναμη του ανέμου για να δημιουργήσουν κίνηση του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου. Υπάρχουν διάφορα συστήματα που βασίζονται σε αυτήν την αρχή. Οι **είσοδοι προσαγωγής** προσανατολίζονται προς την κατεύθυνση του κτηρίου που δέχεται τους καλοκαιρινούς **ψυχρούς ανέμους** και οδηγούν τον αέρα προς τον πυρήνα του κτηρίου διαμέσου της καμινάδας. **Η ροή του ανέμου αυξάνεται με το νυχτερινό ψυχρό αέρα.**

Εναλλακτικά το σκέπαστρο της καμινάδας μπορεί να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να δημιουργεί μία περιοχή χαμηλής πίεσης στην κορυφή του πύργου. Η πτώση της πίεσης του αέρα που προκύπτει έχει ως αποτέλεσμα τη ροή αέρα προς τα πάνω στην καμινάδα. Ένα άνοιγμα κατά τη φορά του ανέμου θα πρέπει να συνδυάζεται με ένα σύστημα εισόδου αέρα. Η διαδικασία της ανόδου ευνοείται στην περίπτωση αυτή από την άνωση λόγω του θερμού αέρα στο εσωτερικό [Εικ. 151 & 152]. Οι δύο αυτές αρχές μπορούν να συνδυαστούν σε ένα μόνο πύργο, παρέχοντας είσοδο και έξοδο στον αέρα. Έτσι δημιουργείται ένα αυτοτελές σύστημα [Εικ.153-155].

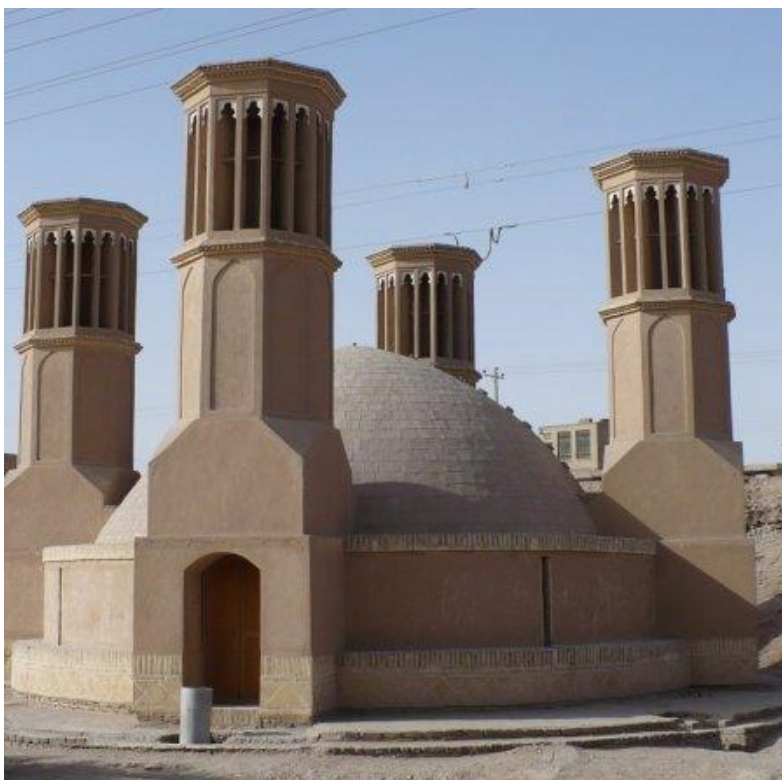


Εικ. 151: Ανεμόπυργοι με ψυκτικές επιστρώσεις εξάτμισης.

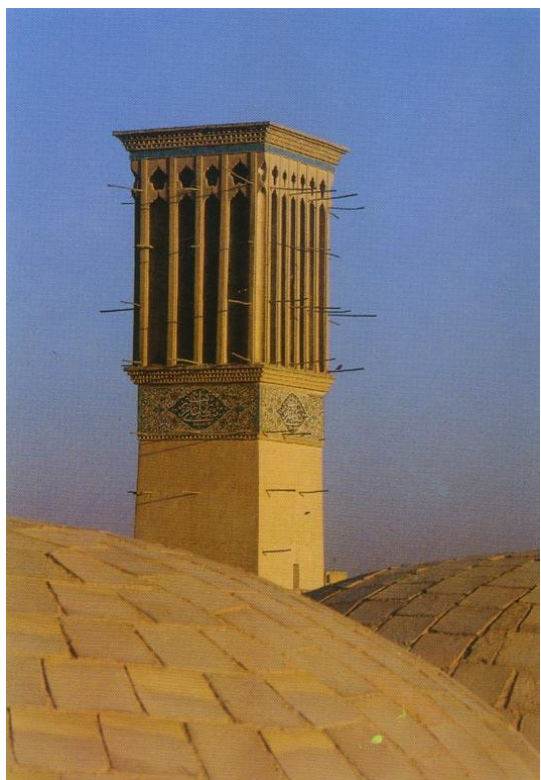
Εικ. 152, Πάνω δεξιά: Όταν το κτήριο είναι πολύ βαθύ για να αποδώσει διαμερή αερισμό, ή όταν δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν αντιδιαμετρικά ανοίγματα, τότε τα ανοίγματα οροφής μπορούν να ευνοήσουν την ανοδική ροή. Τα ανοίγματα της οροφής πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να δημιουργούν περιοχές χαμηλής πίεσης κοντά στο άνοιγμα για να ενισχύουν το φαινόμενο της καμινάδας.

Εικ. 153, Πάνω αριστερά: Τομή τυπικού ιρανικού ανεμόπυργου. Λόγω των εξαιρετικά θερμών κλιματολογικών συνθηκών, η τοπική αρχιτεκτονική ανέδειξε την δέσμευση του αέρα για την επίτευξη βιώσιμων συνθηκών. Οι πύργοι είναι σχεδιασμένοι να υποδέχονται ψυχρό εξωτερικό αέρα, οδηγούμενο από θετική πίεση. Ο εσωτερικός διαχωρισμός επιτρέπει την χαμηλή πίεση στην υπήνεμη πλευρά του πύργου και κατά συνέπεια την απορρόφηση του εσωτερικού αέρα.

Εικ. 155: Σύστημα ανεμόπυργων στο Yazd



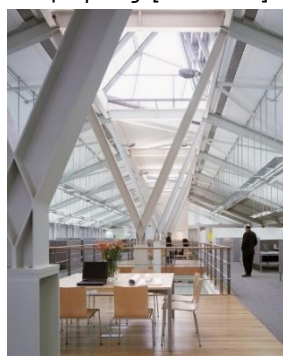
Εικ. 154: Παράδειγμα ιρανικού ανεμόπυργου.



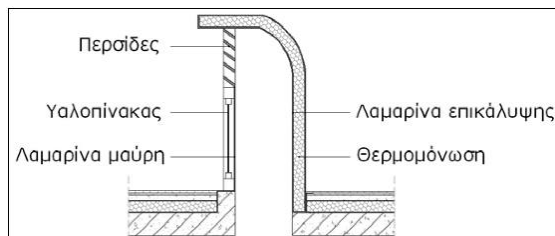
## Ηλιακή Καμινάδα

Οι ηλιακές καμινάδες χρησιμοποιούν τον ήλιο για να θερμάνουν την εσωτερική επιφάνεια. Οι δυνάμεις άνωσης, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας, βοηθούν στη δημιουργία ανοδικής ροής κατά μήκος της επιφάνειας [Εικ. 156]. Για να λειτουργεί αποδοτικά η μεθοδολογία: <sup>(52)</sup>

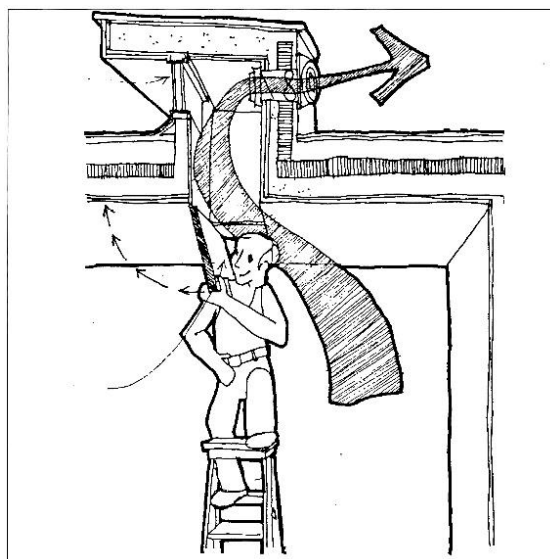
- **Το εύρος της καμινάδας** θα πρέπει να είναι περίπου όσο και το πλάτος της οριακής στιβάδας ώστε να αποφευχθεί η αντίστροφη ροή.
- **Είναι απαραίτητο να προσεγγιστεί η κατάλληλη διεύθυνση.** Ο αερισμός που προέρχεται από τον άνεμο μπορεί να αποτελέσει ιδανική στρατηγική στην περίπτωση που οι άνεμοι έχουν σταθερή διεύθυνση και ένταση (μεγαλύτερη από 3m/s). Στην πραγματικότητα φυσικά οι άνεμοι είναι εξαιρετικά μεταβαλλόμενοι και για τις περισσότερες περιοχές δεν υπάρχουν έτοιμα λεπτομερειακά στοιχεία (μικροκλιματικά).
- **Πρέπει να υφίσταται δυνατότητα φραγής.** Αν η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας παραμένει πάνω από την εσωτερική θερμοκρασία λειτουργίας, τότε ο νυχτερινός εξαερισμός είναι ανεπιθύμητος.
- **Πρέπει να ανταποκρίνεται το μέγεθος και ο αριθμός** των καμινάδων προς τους εξυπηρετούμενους χώρους. Εναλλαγές αέρα της τάξης των 20 έως 40 αλλαγών ανά ώρα (ACH) μπορούν να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη του δροσισμού με εξαερισμό, αλλά και μικρότερες τιμές μπορεί να είναι ικανοποιητικές [Εικ 157-160].
- **Μπορεί να συνδυαστεί με απλό μηχανολογικό εξοπλισμό.** Ένας σταθερός ανεμιστήρας, ένας κινητός ανεμιστήρας ή ένας ανεμιστήρας οροφής μπορεί να συμπληρώσει το φυσικό αερισμό αυξάνοντας τις ταχύτητες του αέρα καθώς και την ανταλλαγή θερμότητας λόγω μεταφοράς [Εικ. 161].



Εικ. 157: Συγκρότημα γραφείων στο Solihull, Ηνωμένο Βασίλειο. Arup Architects, 2001. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην εξασφάλιση φυσικού φωτισμού και αερισμού για την λειτουργία των γραφείων, με στοιχεία που επηρέασαν την μορφή και την κατασκευή του κτηρίου.



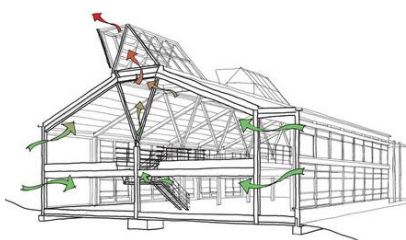
Εικ. 156: Ενδεικτική τομή ηλιακής καμινάδας.



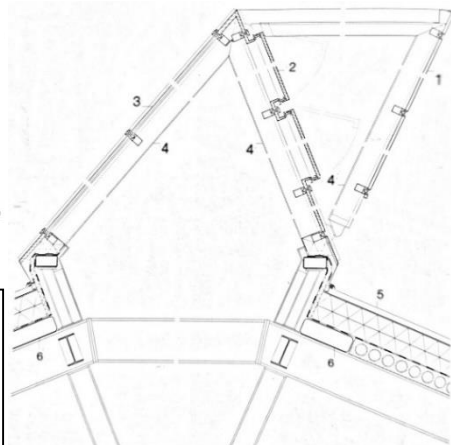
Εικ. 161, Πάνω: Αερισμός από υψηλή στάθμη.

Εικ. 158, Πάνω αριστερά: Το φυσικό φως διαπερνά το κέλυφος με την βοήθεια υαλοπινάκων στις ηλιακές καμινάδες, προσανατολισμένους προς τον Νότο.

Εικ. 159. Κάτω δεξιά: Τομή ηλιακής καμινάδας γραφείων στο Solihull: 1. Αντιανεμική επικάλυψη αλουμινίου 40mm 2. Περίσδεσ Αλουμινίου 40mm με θερμομόνωση. 3. Διπλό μονωτικό σύστημα υαλοπινάκων αποτελούμενο από: Υαλοπίνακα θερμικής σκληρύνσης και χαμηλής ενεργειακής εκπομπής 6,4mm + 22mm κενό με κάθετες γρίλιες + υαλοπίνακα 10,8mm με μεμβράνη ασφαλείας. 4. Δοκός χάλυβα RHS 150/50/6 με επικάλυψη αλουμινίου. 5. Κατασκευή οροφής: Επικάλυψη 0,6mm επενδυμένου χάλυβα, 260mm πετροβάμβακα, Φράγμα υδρατμών, Προκατασκευασμένες κοίλες πλάκες σκυροδέματος 150mm. 6. Δίοδος καλωδιώσεων.



Εικ. 160, Πάνω: Αυτοματοποιημένες μεταλλικές περισίδες αντιδιαμετρικά των υαλοπινάκων οροφής καθώς και στις όψεις του κτηρίου, εξασφαλίζουν ιδιαίτερα αποδοτικό φυσικό αερισμό.





## [Γ.Γ.5] Τεχνητός Αερισμός

### Ανάκτηση ενέργειας από τις εναλλαγές του αέρα

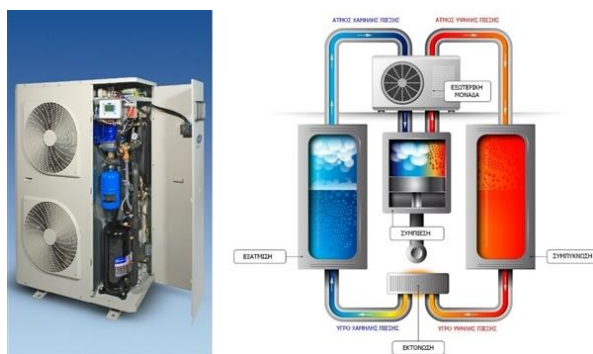
Η εναλλαγή του εσωτερικού αέρα είναι απαραίτητη για την σταθερότητα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και για λόγους υγιεινής προσεγγίζεται στα 40-60 m<sup>3</sup> ανά ώρα ανά άτομο. Στις περιπτώσεις που η παρεχόμενη ποσότητα δεν είναι επαρκής, μπορεί να εμφανιστούν μύκητες μούχλας ως αποτέλεσμα της συγκέντρωσης υγρασίας, ή υποβαθμισμένη ποιότητα αέρα ως αποτέλεσμα αλλεργιογόνων όπως διακοσμητικών φυτών, ακάρεων σκόνης και κατοικίδιων. Όταν η διαδικασία της εναλλαγής πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο τις περιόδους ψύχους υπολογίζεται ότι αποτελεί την αιτία του 60% και παραπάνω των θερμικών αναγκών. Ενόσω οι δείκτες θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων και των πλαισίων τους έχουν μειωθεί τα περασμένα χρόνια (από σχεδόν 3 W/m<sup>2</sup>K σε λιγότερο από 1,2 W/m<sup>2</sup>K), οι θερμικές απώλειες του λόγω του αερισμού εξαρτάται από την συχνότητα του αερισμού και κατά συνέπεια την συμπεριφορά του χρήστη. Η λογική καταλήγει στην εγκατάσταση μηχανολογικών συστημάτων αερισμού σχεδιασμένα για συγκροτήματα γραφείων ή εμπορικών καταστημάτων στην κλίμακα των οικιστικών συγκροτημάτων. Με τα παραπάνω συστήματα είναι δυνατή η επίτευξη σταθερής ποιότητας αέρα στους εσωτερικούς χώρους και η δραστική μείωση των θερμικών απωλειών. (53)

Οι ανάγκες θέρμανσης μίας κατοικίας χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης εξοπλισμένη με άριστη μόνωση και ενεργά θερμικά ηλιακά τμήματα είναι προσεγγιστικά 50 Kwh/m<sup>2</sup> ετησίως σύμφωνα με την EnEV, γεγονός που αντιστοιχεί σε 5 Lt/m<sup>2</sup> πετρελαίου θέρμανσης ανά χρόνο. Οι θερμικές απώλειες διαχωρίζονται σε 20 Kwh/m<sup>2</sup> λόγω απωλειών μεταφοράς/μετάδοσης και σε 30 Kwh/m<sup>2</sup> λόγω αερισμού ετησίως. Εάν οι εναλλαγές του αέρα υλοποιούνται με τεχνητό αερισμό και εάν τα παράθυρα διατηρούνται κλειστά όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλές, οι ανάγκη για θέρμανση μπορεί να περιοριστεί κατά 50% φτάνοντας το επίπεδο των 25 Kwh/m<sup>2</sup> που διαθέτει μία παθητική κατοικία. Ωστόσο είναι ουσιώδες να αναφερθεί, ότι η χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση επιτυγχάνεται αν το σύστημα τεχνητού αερισμού δουλεύει σε συνεργασία με σύστημα εναλλάκτη θερμότητας. (53)

Ο εναλλάκτης θερμότητας (αντλία θερμότητας) είναι ένα σύστημα που παρέχει θερμική ενέργεια από μία πηγή θερμότητας σε μία δεξαμενή θερμότητας. Οι εναλλάκτες είναι σχεδιασμένοι να κινούν την θερμική ενέργεια αντίστροφα της φυσικής ροής της θερμικής ενέργειας, αντλώντας δηλαδή θερμότητα από κρύο χώρο την οποία ελευθερώνει σε έναν πιο θερμό. Για την υποστήριξη της αντίστροφης αυτής διαδικασίας απαιτείται παροχή εξωτερικής ενέργειας. [Εικ. 162] Ενώ οι κλιματιστικές μονάδες και οι καταψύκτες είναι οικία παραδείγματα, ο όρος «εναλλάκτης ενέργειας» είναι γενικότερος και αρμόζει σε πολλές εγκαταστάσεις HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning – Θέρμανσης, Εξαερισμού και Κλιματισμού). Η ενεργειακή απόδοση της θέρμανσης που αποδίδουν οι εναλλάκτες είναι 3πλάσια σε σύγκριση με την απόδοση των ηλεκτρικών αντιστάσεων θέρμανσης, αλλά η τιμή αγοράς τους είναι 20πλάσια. (54)

### Νυχτερινός Αερισμός

Ο ελεύθερος νυχτερινός αερισμός επιτυγχάνεται εύκολα μέσω ενός παραθύρου ή διάκενο εξαερισμού. Ωστόσο, σε συνδυασμό με θερμικές μάζες αποθήκευσης είναι ιδιαίτερα αποδοτικό στην εξισορρόπηση του θερμικού ισοζυγίου τη θερμή περίοδο. Ενέργεια που δεσμεύεται στις μάζες κατά τη διάρκεια της ημέρας για την άμβλυνση των θερμοκρασιακών κορυφώσεων, ελευθερώνεται τη νύχτα ανανεώνοντας την δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης των στοιχείων μάζας την επόμενη ημέρα. Η διαδικασία διαστασιολόγησης και η μέθοδος κατασκευής των αναφερόμενων ανοιγμάτων πρέπει να συνυπολογίζουν την ανάγκη προστασίας από τα έντομα, τις διαρρήξεις και την δημιουργία υπέρμετρης ροής αέρα. Το σύστημα μπορεί να είναι παθητικό, απαιτώντας περιορισμένες ενέργειες από το χρήστη ή να είναι υβριδικό, προσφέροντας αφενός αυτόματα ή αυτοματοποιημένη έναρξη/παύση λειτουργίας του συστήματος και αφετέρου την ενίσχυση της απόδοσης μέσω ανεμιστήρων όταν κρίνεται απαραίτητο.



Εικ. 162: Παράδειγμα αντλίας θερμότητας με διαγραμματική απεικόνιση της λειτουργίας της.



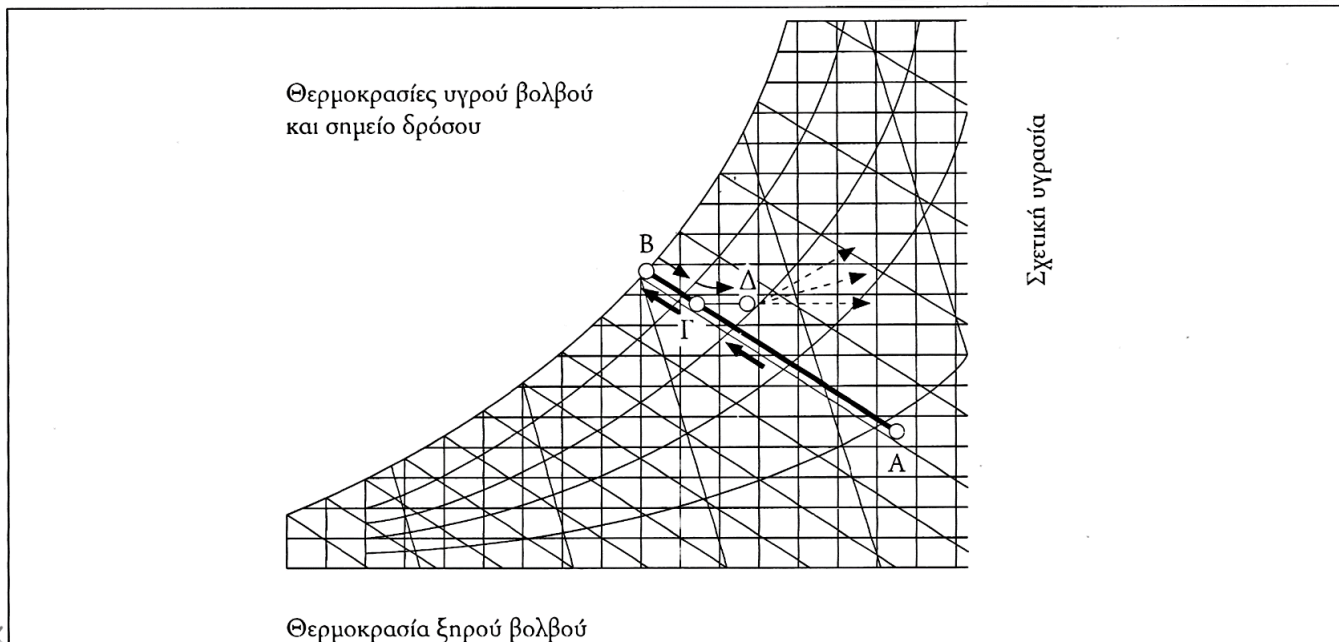
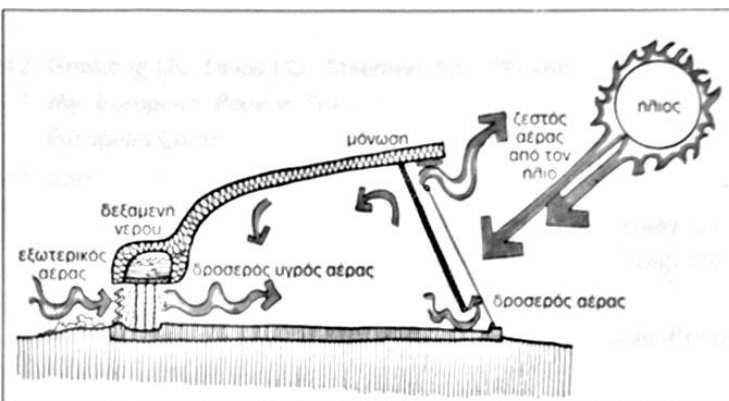
### [Γ.Γ.6] Ψύξη με Εξάτμιση

Η εξάτμιση λαμβάνει χώρα όταν η πίεση του ατμού του νερού (με τη μορφή σταγονιδίων ή σε μία βρεγμένη επιφάνεια) είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση των ατμών του νερού στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Η **αλλαγή φάσης του νερού** από υγρό σε ατμό επιβάλλει την απόδοση μεγάλης ποσότητας αισθητής θερμότητας από τον αέρα που χαμηλώνει τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα, ενώ αυξάνει την υγρασία του αέρα. Η αποτελεσματικότητα τη διαδικασίας της ψύξης εξαρτάται από τις θερμοκρασίες του αέρα και του νερού, το περιεχόμενο σε υδρατμούς του αέρα και το μέγεθος της ροής του ανέμου που διέρχεται πέρα από την επιφάνεια του νερού. Η σκίαση και η παροχή ψυχρού ξηρού αέρα ενισχύουν τη διαδικασία της ψύξης. Η εξάτμιση χαρακτηρίζεται από μετατόπιση κατά μήκος μίας ευθείας γραμμής θερμοκρασίας ξηρού βολβού AB [Εικ. 163].

Σήμερα, επανέρχεται στην αρχιτεκτονική η χρήση μικρών δεξαμενών νερού σε κατάλληλες θέσεις, έτσι ώστε ο ζεστός εξωτερικός αέρας που διέρχεται επάνω από το νερό να προκαλεί εξάτμιση και συνεπώς, να μπαίνει πιο δροσερός μέσα στο κτίριο, δημιουργώντας συνθήκες ευχάριστης δροσιάς [Εικ. 164]. Όταν η μείωση της θερμοκρασίας ξηρού βολβού συνοδεύεται από αύξηση της υγρασίας του αέρα, η διαδικασία κοινώς αναφέρεται ως **άμεση ψύξη με εξάτμιση**. Όταν η εξάτμιση του νερού γίνεται σε μία επιφάνεια ή μέσα σε σωλήνα, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών είναι δυνατό να ψυχθεί ο παρακείμενος προς αυτές τις επιφάνειες αέρας χωρίς να αυξηθεί η υγρασία που περιέχεται. **Στην περίπτωση αυτή η διαδικασία ονομάζεται ψύξη με έμμεση εξάτμιση** και χαρακτηρίζεται από μετατόπιση κατά μήκος της ευθείας ΓΔ με σταθερό περιεχόμενο υγρασίας.

Εικ. 163: Το σημείο Α αναπαριστά την εσωτερική θερμοκρασία αέρα. Η ψύξη με εξάτμιση λαμβάνει χώρα κατά μήκος της ευθείας ΑΒ, και το σημείο Γ αναπαριστά τη θερμοκρασία του αέρα αφού ολοκληρωθεί η ψύξη λόγω εξάτμισης. Η ευθεία ΓΔ αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη στάθμη θέρμανσης λόγω του παραμένουστος νερού. Τελικά όταν ο αέρας που ψύχθηκε αναμιχθεί με το θερμότερο εσωτερικό αέρα, η θερμοκρασία και η υγρασία θα ακολουθήσουν μία από τις διαδρομές που θα ξεκινήσουν από το σημείο Δ.

Εικ. 164: Φυσική άμεση ψύξη κελύφους μέσω εξάτμισης νερού, κατά την είσοδο ζεστού νερού από την εξωτερική ατμόσφαιρα.



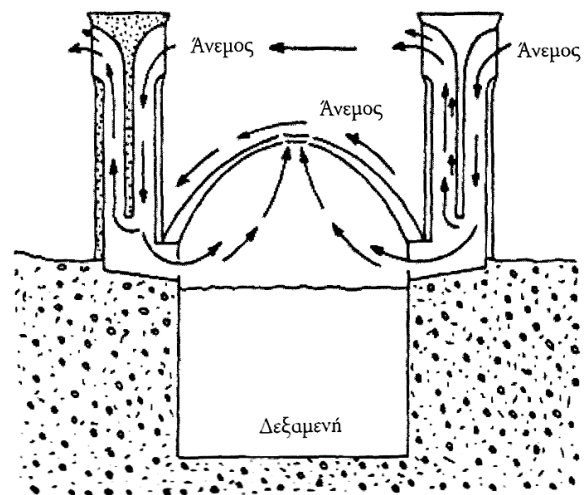
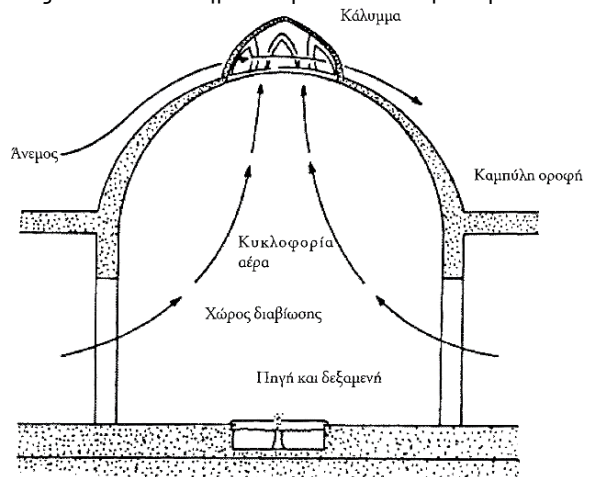
## Χαρακτηριστικά συστημάτων ψύξης άμεσης εξάτμισης

Στα συστήματα ψύξης με άμεση εξάτμιση αυξάνεται η υγρασία του ψυχθέντος αέρα ανεβάζοντας τη σχετική υγρασία του αέρα του εσωτερικού χώρου. Αυτό μπορεί να είναι αποδεκτό, ειδικά αν ο αριθμός των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα είναι επαρκής. Αλλιώς είναι δυνατό, όπως παρουσιάζεται στην προηγούμενη ενότητα, να επηρεαστεί δυσμενώς η άνεση και να παρατηρηθεί συμπύκνωση ή σχηματισμός μούχλας. Το σύστημα πρέπει να μπορεί να απομονωθεί όταν δεν απαιτείται ψύξη, για παράδειγμα το χειμώνα. Παθητικά συστήματα της κατηγορίας αυτής περιλαμβάνουν τη χρήση βλάστησης για εξάτμιση με διαπνοή, καθώς και τη χρήση σιντριβανιών, δεξαμενών και μικρών λιμνών [Εικ. 165-167].

Εικ. 165: Παραδοσιακή κατασκευή που χρησιμοποιεί τη ροή του ανέμου πάνω από το νερό.

Εικ. 166: Διαγραμματική απεικόνιση ροής αέρα κινούμενου μέσω του συνδυαστικού παθητικού συστήματος ψύξης.

Εικ. 167: Ο «Πύργος της Σιωπής», Ιράν  
Συνεργασία ανεμόπυργων και άμεσης εξάτμισης.



Τυπικά αποδεκτά μεγέθη απόδοσης για συστήματα άμεσης εξάτμισης είναι:

- Απόδοση κορεσμού κατά τη διαδικασία ψύξης 70% ή καλύτερη.
- Μέγιστη ταχύτητα του εσωτερικού αέρα 1m/s
- Η θερμοκρασία του αέρα στον εσωτερικό χώρο θα πρέπει να είναι γύρω στα 2K υψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα που εκβάλλεται και η σχετική υγρασία του κάτω από το 70%.
- Η θερμοκρασία που προκύπτει στον εσωτερικό χώρο θα πρέπει να είναι 4K κάτω από την εξωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού.

### Ψύκτης Όγκου

Μία σημαντική τεχνική γνωστή ως ψύκτης όγκου χρησιμοποιείται στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Το σύστημα βασίζεται στη χρήση ενός πύργου όπου το νερό που περιέχεται σε ένα δοχείο ψεκάζεται ή ραντίζεται. Ο εξωτερικός αέρας εισάγεται στον πύργο, ψύχεται από την εξάτμιση και μεταφέρεται στο κτίριο (PDEC-Passive Down-draft Evaporative Cooling). <sup>(55)</sup>

Μία σύγχρονη έκδοση αυτής της τεχνικής παρουσιάστηκε από τους Cumming και Thomson. <sup>(56)</sup> Στην περίπτωση αυτή, μία βρεγμένη επιφάνεια από κυτταρίνη τοποθετείται στην κορυφή ενός πύργου καθοδικού ρεύματος αέρα, κάτω από την οροφή του, με αποτέλεσμα να υγραίνεται ο αέρας. Μετρήσεις έδειξαν ότι για θερμοκρασίες εισερχόμενου αέρα ξηρού βολβού 25,6°C και υγρού βολβού 22,2°C, η θερμοκρασία εξόδου ήταν γύρω στους 24°C. Όπως και τα περισσότερα παθητικά συστήματα, οι ψύκτες όγκου μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές κατασκευαστικά και να εναρμονιστούν κατάλληλα με τις υπόλοιπες μεθοδολογίες αξιοποίησης/προστασίας ηλιακής ενέργειας. [Εικ. 168 & 169]

## Ψεκασμός Οροφής

Αποτελεί ψύξη με έμμεση εξάτμιση, όπου η εξωτερική επιφάνεια της μη θερμικά μονωμένης οροφής διατηρείται υγρή με ψεκασμό. **Η αισθητή θερμότητα στην επιφάνεια της οροφής μετατρέπεται σε λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης και το νερό εξατμίζεται.** Δημιουργείται έτσι θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των εσωτερικών και των εξωτερικών επιφανειών με αποτέλεσμα την ψύξη του κτιρίου. Συνθήκη προϋπόθεσης για τη λειτουργία αυτής της τεχνικής είναι ότι η θερμοκρασία της οροφής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία υγρού βολβού του αέρα.

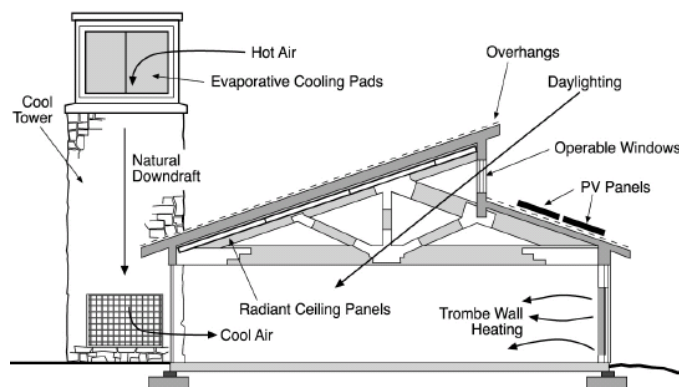
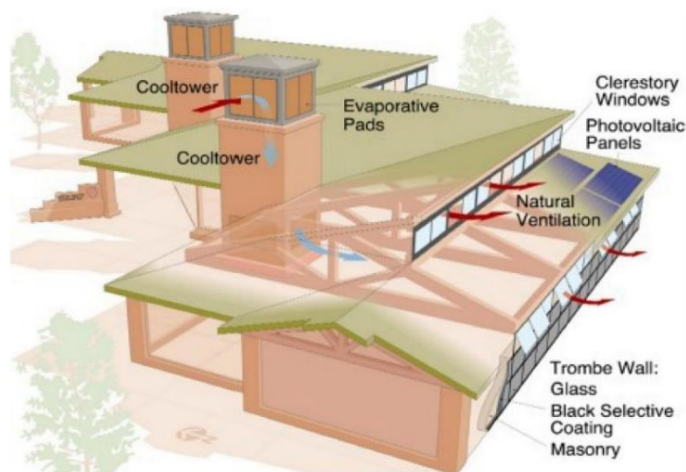
**Η μείωση του ψυκτικού φορτίου που επιτυγχάνεται είναι περίπου 25%,** <sup>(57)</sup> αλλά παρόλα αυτά πιθανόν να υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις από μία εγκατάσταση σε άλλη. Πρακτική εμπειρία από τη χρήση της τεχνικής έχει αποκτηθεί από πολλές εμπορικές εφαρμογές στις ΗΠΑ και από πειραματικές εργασίες των Jain & Rao. <sup>(58)</sup> Ο Yellot μέσω της έρευνας του παραθέτει πως, υπό μέσες τιμές ροής ανέμου και θερμοκρασιών υγρού/ξηρού θερμομέτρου, η ενέργεια που ελευθερώνεται είναι 200W ανά τετραγωνικό μέτρο (1 m<sup>2</sup>) και η εξάτμιση μισού λίτρου νερού αντιστοιχεί περίπου σε 0.3 kWh. <sup>(59)</sup>

Ενώ δεν υπάρχουν πληροφορίες για την απόδοση του συστήματος στην Ευρώπη, μια μέθοδος για την αξιολόγηση της συμβατότητας αυτού του συστήματος για ένα δοσμένο κλίμα παρουσιάστηκε από τον Kishore. <sup>(60)</sup> Υπάρχει ένας αριθμός προβλημάτων που σχετίζονται με αυτού του είδους την τεχνική. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι δεν είναι σκόπιμο οικονομικά και ότι καλύτερη εναλλακτική λύση είναι η αύξηση της θερμομόνωσης της οροφής. Υπάρχουν ακόμα προβλήματα που συνδέονται με την αισθητική εμφάνιση των σωληνώσεων, καθώς και δυνατή ζημία στην στέγη λόγω ψύξης των σωληνώσεων.

## Δεξαμενές Οροφής

Οι δεξαμενές οροφής έμμεσης εξάτμισης αποτελούνται από μία δεξαμενή νερού υπό σκίαση που βρίσκεται πάνω από μία αμόνωτη οροφή από σκυρόδεμα. Η εξάτμιση του νερού στη ξηρή ατμόσφαιρα γίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Η θερμοκρασία της οροφής ακολουθεί στενά τη θερμοκρασία υγρού βολβού του περιβάλλοντος, ενώ η οροφή λειτουργεί ως ψυκτικό σώμα μεταφοράς ακτινοβολίας για το χώρο. Έτσι οι θερμοκρασίες του εσωτερικού αέρα και της ακτινοβολίας μπορούν να κατεβούν, χωρίς να αυξηθούν οι στάθμες της εσωτερικής υγρασίας.

Μια θεωρητική συνθήκη προϋπόθεσης για την εφαρμογή αυτού του συστήματος είναι ότι η θερμοκρασία της οροφής θα πρέπει να είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία υγρού βολβού του αέρα. Ο Givoni συστήνει ότι η θερμοκρασία υγρού βολβού πρέπει να είναι μικρότερη από 20°C. <sup>(61)</sup> Σύμφωνα με τον ίδιο επιτυγχάνεται μείωση της θερμοκρασίας κατά 2-3K ενώ οι Jain & Rao αναφέρουν μείωση 13K. <sup>(62)</sup>



Εικ. 168 & 169: Κέντρο Επισκεπτών, Εθνικό Πάρκο Ζάιον, Γιούτα ΗΠΑ, 2000. National Park Service (NPS), National Renewable Energy Lab (NREL)  
Φωτορεαλιστική απεικόνιση (πάνω) και τομή (κάτω) που υποδεικνύουν τα ηλιακά συστήματα που εφαρμόστηκαν.

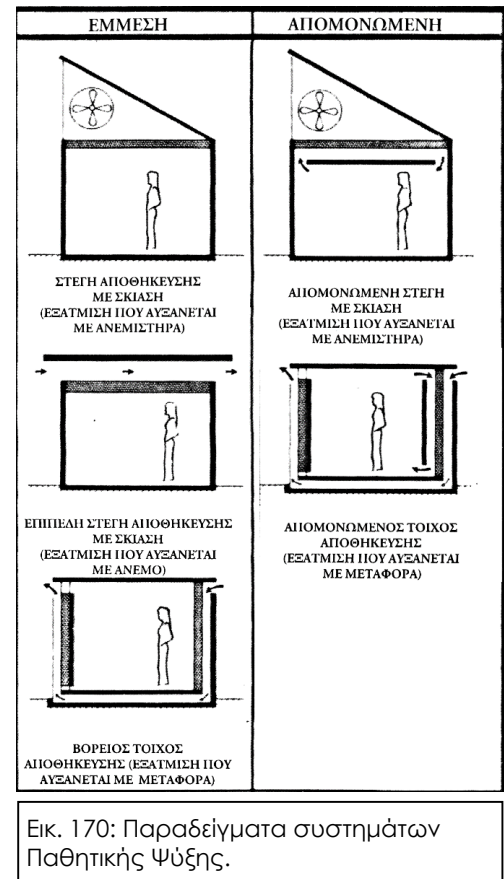


Προβλήματα και περιορισμοί για την τεχνική αυτή έμμεσης παθητικής εξάτμισης είναι ότι εφαρμόζεται μόνο σε επίπεδες οροφές από σκυρόδεμα μονώροφων κτιρίων και στην κορυφή των πολυώροφων και το κόστος είναι υψηλό. Υπάρχει ακόμη ένα ζήτημα το κατά πόσο μία καλά μονωμένη οροφή μιας συμβατικής κατασκευής μπορεί να είναι περισσότερο κατάλληλη. Στην δίπλα εικόνα συντάσσονται διαγραμματικά περαιτέρω συστήματα που αξιοποιούν τις δυνατότητες της εξάτμισης για έμμεση και απομονωμένη ψύξη [Εικ. 170].

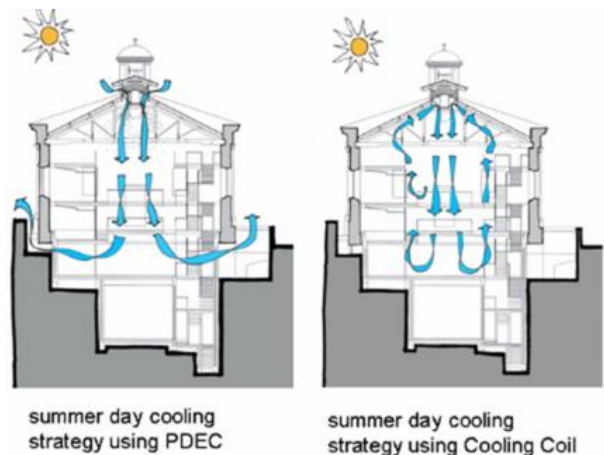
### Έμμεση εξάτμιση μέσω εναλλάκτη θερμότητας

Ο εσωτερικός αέρας που προωθείται με ανεμιστήρα διέρχεται από το πρωτεύον κύκλωμα του εναλλάκτη στο οποίο πραγματοποιείται εξάτμιση, ενώ ο εξωτερικός αέρας διοχετεύεται στο δεύτερο κύκλωμα, **μειώνοντας τη θερμοκρασία του αέρα χωρίς να επηρεάζει την υγρασία του**. Το σύστημα αυτό έχει αναπτυχθεί σημαντικά σε βιομηχανικό επίπεδο από περισσότερους από 10 κατασκευαστές παγκοσμίως. **Τιμή κατώτερου ορίου** για τη χρήση ενός συστήματος αυτής της μορφής ορίζεται όταν η θερμοκρασία υγρού βολβού του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από 24°C, όπως επίσης όταν η εσωτερική θερμοκρασία υγρού βολβού γίνει χαμηλότερη από την εξωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού.

Σε θερμά και ξηρά κλίματα μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 60% σε σύγκριση με τα συστήματα ψύξης με συμπιεστές. Πάντως η αποδοτικότητα του συστήματος επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία υγρού βολβού του εξωτερικού αέρα. <sup>(63)</sup> Εξαρτήματα που διαβρώνονται θα πρέπει να αποφεύγονται για λόγους συντήρησης. Αποτελεσματικά φίλτρα είναι αναγκαία για να εμποδιστεί η συσσώρευση σωματιδίων σκόνης. Υπάρχουν πολλές εφαρμογές αυτών των συστημάτων, ειδικά στην California των ΗΠΑ όπου υπάρχει αριθμός καθιερωμένων κατασκευαστών. [Εικ. 171 & 172]



Εικ. 170: Παραδείγματα συστημάτων Παθητικής Ψύξης.



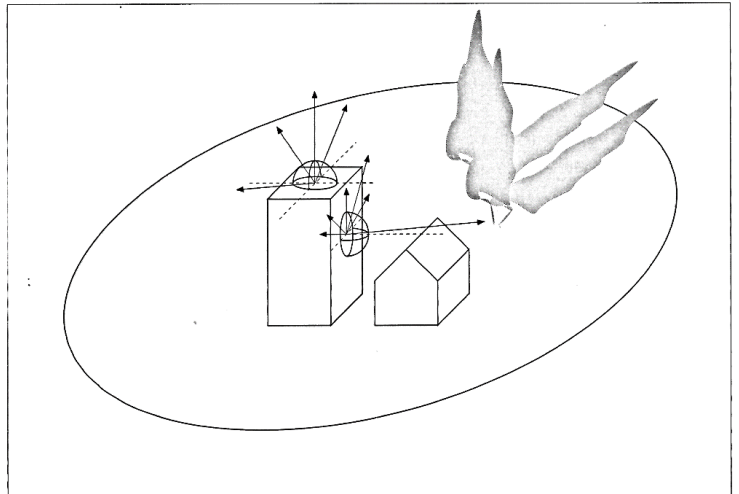
Εικ. 171, Αριστερά: Χρηματιστήριο Μάλτας, Βαλέτα, Architecture Project, Brian Ford & Associates, 2001

Εικ. 172, Πάνω: Χρηματιστήριο Μάλτας, Αριστερά διάγραμμα ροής αέρα κατά τη λειτουργία ψύκτη όγκου εξάτμισης και δεξιά εναλλάκτη θερμότητας του αέρα με σύστημα ανεμιστήρων προώθησης.

## [Γ.Γ.7] Ψύξη με Ακτινοβολία

Κάθε αντικείμενο εκπέμπει ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αν δύο στοιχεία σε διαφορετική θερμοκρασία είναι το ένα απέναντι στο άλλο, θα παρατηρηθεί καθαρή θερμική απώλεια ακτινοβολίας από το θερμότερο σώμα. Αν το πιο ψυχρό στοιχείο διατηρηθεί σε μία ορισμένη θερμοκρασία, το άλλο στοιχείο θα ψυχθεί μέχρις ότου φτάσει σε εξισορρόπηση με το πιο ψυχρό στοιχείο. Η φυσική αυτή αρχή αποτελεί τη βάση της ψύξης με ακτινοβολία. **Κάθε δομικό στοιχείο που βλέπει τον ουρανό ανταλλάσσει θερμότητα με αυτόν** [Εικ. 173]. Για να επιτευχθεί μία υπολογίσιμη καθαρή ροή θερμότητας μεταξύ των δύο σωμάτων, οι διαφορές θερμοκρασίας θα πρέπει να είναι σημαντικές. Χαμηλές θερμοκρασίες ουρανού συνδέονται με καθαρό ουρανό. Οι αδιαφανείς επιφάνειες θα πρέπει να έχουν μία μέγιστη ανακλαστικότητα στην περιοχή μικρού μήκους κύματος του φάσματος για να ανακλούν ηλιακή ακτινοβολία και τη μέγιστη ικανότητα εκπομπής στην περιοχή του μεγάλου μήκους κύματος ώστε να ευνοείται η ακτινοβολία από το κτίριο προς τον ουρανό κατά τη νύχτα. [Εικ. 174]

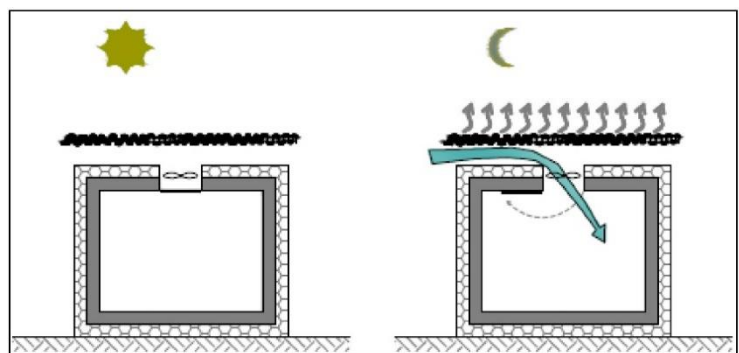
Υπό θερμές και ξηρές συνθήκες με καθαρό ουρανό, θερμοκρασία οροφής 27°C, και μέγιστη τιμή ανακλαστικότητας των υλικών της οροφής, **η καθαρή απώλεια θερμότητας από ακτινοβολία είναι περίπου 160 W/m<sup>2</sup>**. Η αποδοτικότητα του συστήματος σε ό,τι αφορά στα ψυκτικά φορτία του κτιρίου και τη μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας ακτινοβολίας, εξαρτάται σημαντικά από το βαθμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος μέσω της οροφής. Η επιφάνεια οροφής είναι το στοιχείο του περιβλήματος με την καλύτερη οπτική επαφή με τον ουράνιο θόλο και **αντιπροσωπεύει την πιο κατάλληλη επιφάνεια για ψύξη με ακτινοβολία**. Ένα βαμμένο μεταλλικό φύλλο με διάκενο αέρα 50-100εκ. από κάτω, αποτελεί έναν τυπικό ανακλαστήρα για να μεγιστοποιηθεί το ποσοστό μεταφοράς θερμότητας από τον εσωτερικό αέρα, στις επιφάνειες ψύξης [Εικ. 175]. Ο αέρας μπορεί επίσης να κυκλοφορεί σε σωλήνες προσκολλημένους στο μεταλλικό φύλλο. Η μόνωση πρέπει να τοποθετηθεί κάτω από το διάκενο αέρα, ώστε να μεγιστοποιηθεί η μεταφορά θερμότητας προς τον αέρα.



Εικ. 173: Ψύξη με Ακτινοβολία από τοίχους και οροφή.

ΑΜΕΣΗ	ΕΜΜΕΣΗ	ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΗ
<p>ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ (ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΟΥΡΑΝΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΥΧΤΑ)</p>	<p>ΗΛΙΑΚΗ ΣΤΕΓΗ (ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΟΥΡΑΝΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΥΧΤΑ (ΑΠΑΙΤΕΙ ΚΙΝΗΤΗ ΜΟΝΩΣΗ))</p>	<p>ΣΤΕΓΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ (ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΟΥΡΑΝΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΥΧΤΑ (ΑΠΑΙΤΕΙ ΚΙΝΗΤΗ ΜΟΝΩΣΗ))</p>
<p>ΑΜΕΣΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΨΥΞΗΣ (ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΟΥΡΑΝΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΥΧΤΑ)</p>	<p>ΣΤΕΓΗ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΔΑΠΕΔΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ (ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΟΥΡΑΝΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΥΧΤΑ (ΑΠΑΙΤΕΙ ΚΙΝΗΤΗ ΜΟΝΩΣΗ))</p>	<p>ΣΤΕΓΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΣΚΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΤΟΙΧΟ ΠΟΥ ΕΛΕΓΧΕΤΑΙ</p>
	ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΠΟΥ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ. ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΣΕ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΣΕ ΟΠΙΟΔΗΠΟΤΕ ΑΠΟ ΤΑ ΠΙΘΟ ΠΑΝΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΠΟΥ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ. ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΣΕ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΣΕ ΟΠΙΟΔΗΠΟΤΕ ΑΠΟ ΤΑ ΠΙΘΟ ΠΑΝΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Εικ. Χ: Παραδείγματα συστημάτων Παθητικής Ψύξης μέσω ακτινοβολίας



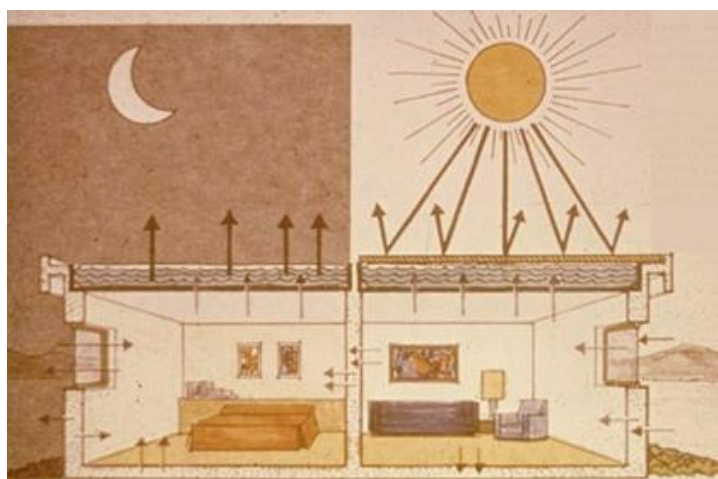
Εικ. 175: Σύστημα δροσισμού με χρήση μεταλλικού ακτινοβολητή και ανεμιστήρα προώθησης νυχτερινού αέρα.

Η ψύξη με ακτινοβολία μπορεί να επηρεαστεί δυσμενώς από τη μεταφορά θερμότητας από τον αέρα του περιβάλλοντος προς την επιφάνεια που ακτινοβολεί. **Η επίδραση αυτή μπορεί να μειώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της ψύξης** με ακτινοβολία και μπορεί να απαιτεί την τοποθέτηση αντIANεμικών προπετασμάτων που να είναι διαφανή ως προς την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Οποιαδήποτε στρώση σκόνης ή συμπύκνωσης υγρασίας που σχηματίζεται πάνω σε αυτά τα προπετάσματα εμποδίζει τη διαδικασία ψύξης.

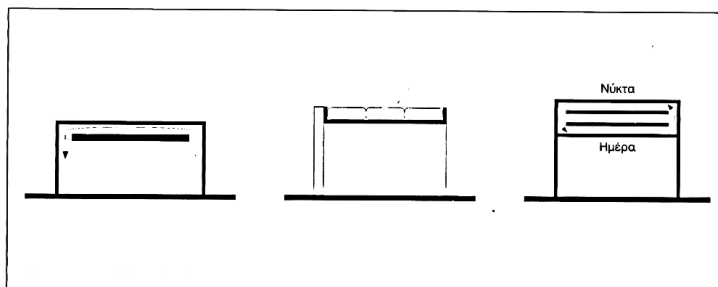
### Κινητή Μόνωση

Η έκθεση της θερμικής μάζας στον αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας και η προστασία αυτής κατά την ημέρα με χρήση κινητής μόνωσης βελτιστοποιεί το δυναμικό της ψύξης με ακτινοβολία. Οι χώροι αποθήκευσης απαιτούν μόνωση που να μετακινείται κατά τη διάρκεια τα νύχτας με χειροκίνητο ή μηχανικό χειρισμό. Η μάζα αποθήκευσης μπορεί να είναι η μάζα της οροφής ή δοχεία νερού [Εικ. 176]. Απαιτείται άμεση θερμική επαφή με την οροφή.

Το σύστημα μπορεί να αντιστρέφεται τον χειμώνα, ώστε να επωφελείται από τα ημερήσια ηλιακά κέρδη και να περιορίζει τις απώλειες από ακτινοβολία και αγωγιμότητα κατά τη νύχτα.



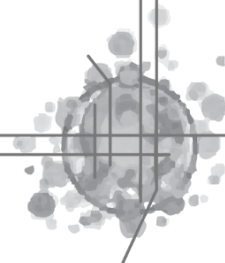
Εικ. 176: Δεξαμενή Οροφής με κινητό σύστημα θερμομόνωσης για την ημέρα.



Εικ. 177: Νυχτερινή Ψύξη, (α) με Κίνηση Αέρα, (β) με Κινητή Μόνωση, (γ) Κινητή Θερμική Μάζα.

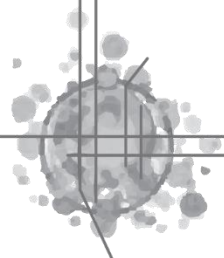
### Κινητή Θερμική Μάζα

Κατά τη νύχτα η δεξαμενή οροφής που είναι τοποθετημένη πάνω από ένα μονωτικό στρώμα γεμίζεται με νερό το οποίο ψύχεται κατά τη διάρκεια της νύχτας λόγω ακτινοβολίας. Το πρωί, το ψυχρό νερό χύνεται κάτω από τη μονωτική στρώση όπου μπορεί να απορροφήσει μεγάλες ποσότητες θερμότητας και να συμβάλλει στη μείωση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας του τελευταίου ορόφου. [Εικ. 177]



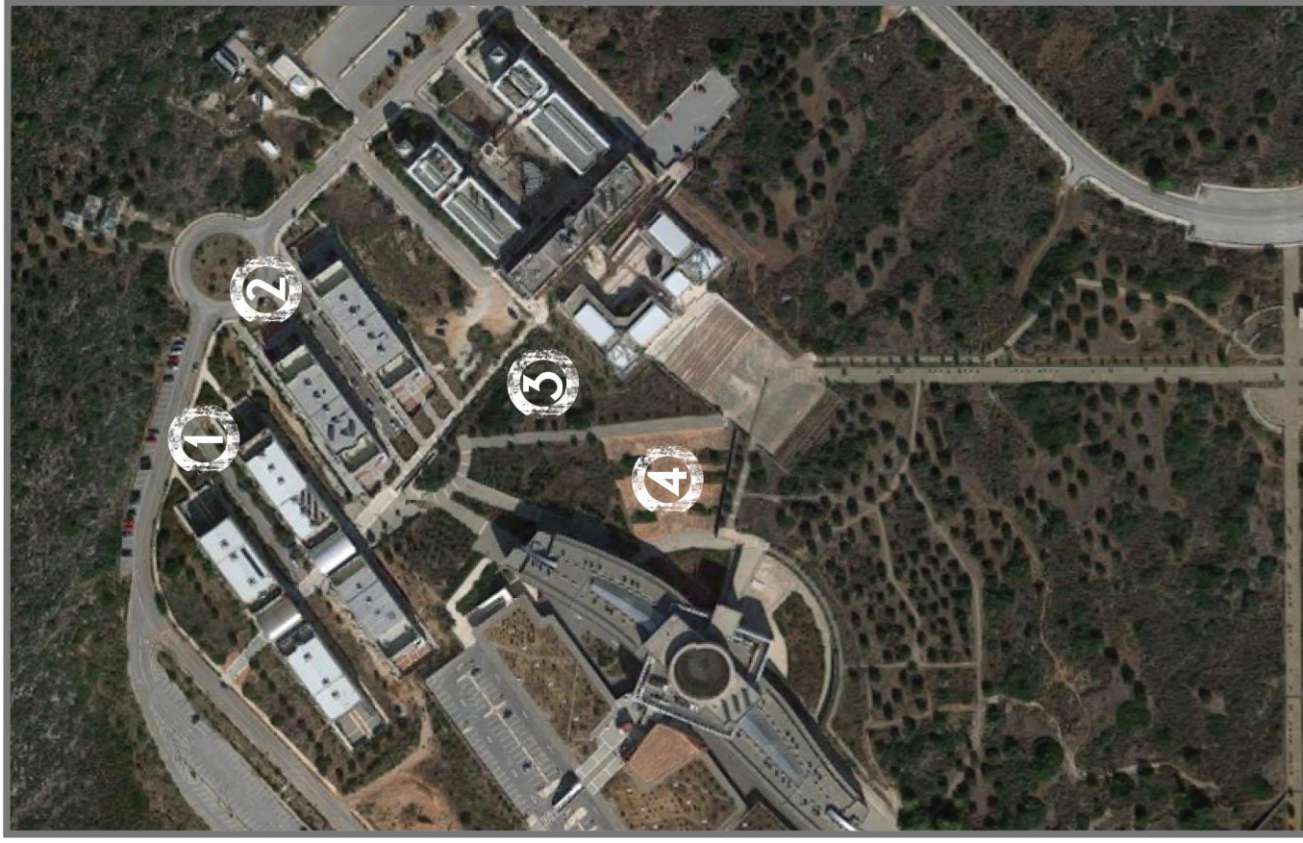


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 'Γ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΗΛΙΟ & ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΑΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ



# ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ-ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΗΛΙΟ & ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΑΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ



1

ΦΩ/Σ    ●●●●●    /    ●●●    ΘΑΜΒ.

ΣΚ.● / Θ.ΠΡ.● / ●Π.Ψ. / ●Π.Θ.

ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

2

ΦΩ/Σ    ●●●●●    /    ●●●    ΘΑΜΒ.

ΣΚ.● / Θ.ΠΡ.● / ●Π.Ψ. / ●Π.Θ.

ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

3

ΦΩ/Σ    ○●●●●    /    ●●●    ΘΑΜΒ.

ΣΚ.● / Θ.ΠΡ.● / ●Π.Ψ. / ●Π.Θ.

ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

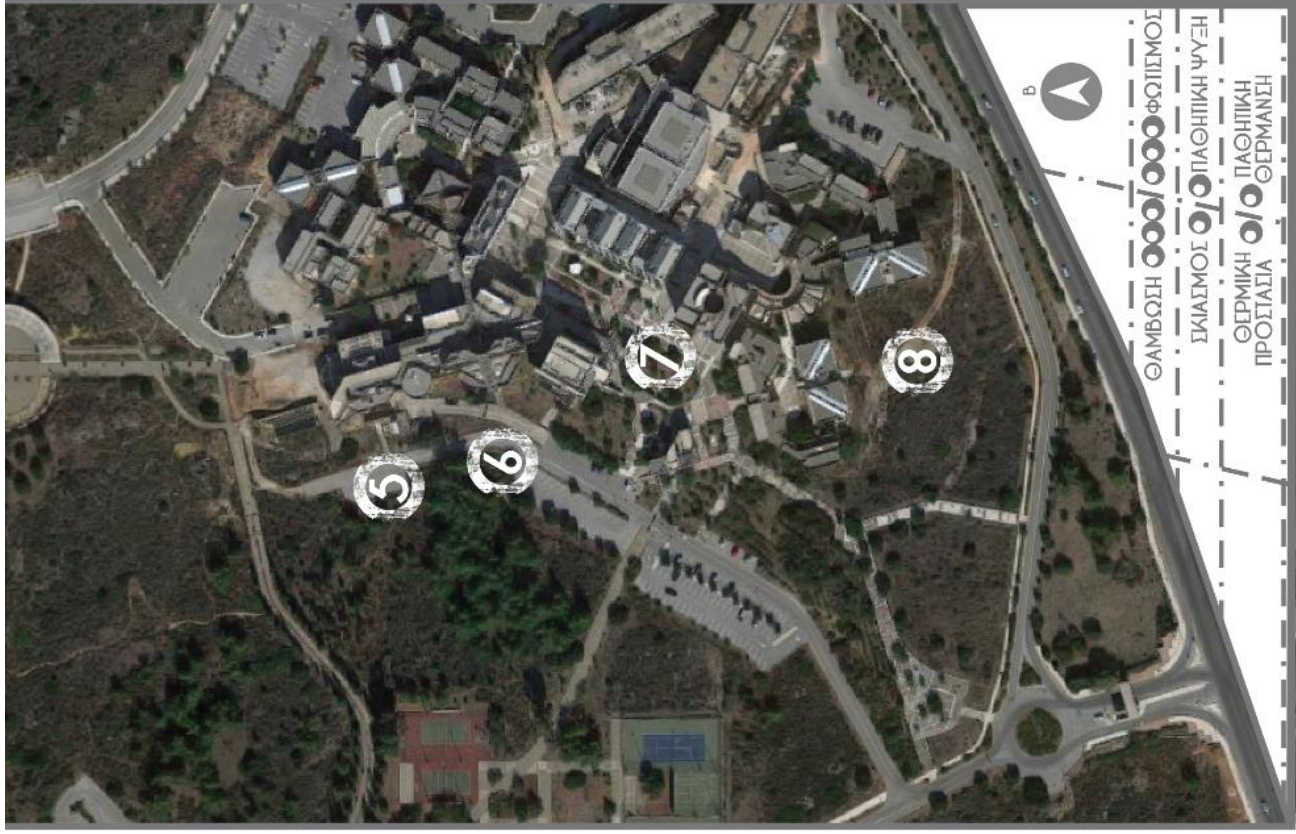
4

ΦΩ/Σ    ●●●●●    /    ●●●    ΘΑΜΒ.

ΣΚ.● / Θ.ΠΡ.● / ●Π.Ψ. / ●Π.Θ.

ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ





5

ΦΩ/Σ    ○ ○ ○ ○    ● ● ● ●    ● ● ● ●    ● ● ● ●    ΘΑΜΒ.  
 ΣΚ. ● / Θ.ΠΡ. ● / ● Π.Ψ. / ● Π.Θ.  
 ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

6

ΦΩ/Σ    ○ ○ ○ ○    ● ● ● ●    ● ● ● ●    ● ● ● ●    ΘΑΜΒ.  
 ΣΚ. ● / Θ.ΠΡ. ● / ● Π.Ψ. / ● Π.Θ.  
 ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

7

ΦΩ/Σ    ○ ○ ○ ○    ● ● ● ●    ● ● ● ●    ● ● ● ●    ΘΑΜΒ.  
 ΣΚ. ● / Θ.ΠΡ. ● / ● Π.Ψ. / ● Π.Θ.  
 ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

8

ΦΩ/Σ    ○ ○ ○ ○    ● ● ● ●    ● ● ● ●    ● ● ● ●    ΘΑΜΒ.  
 ΣΚ. ● / Θ.ΠΡ. ● / ● Π.Ψ. / ● Π.Θ.  
 ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ



ΦΩ/Σ ●●● / ●●○ ΘΑΜΒ.

ΣΚ. ● / Θ.ΠΡ. ● / ● Π.Ψ. / ● Π.Θ.

ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

## ΦΩΤΙΣΜΟΣ

- Χαρακτηριστικό στοιχείο των κτηρίων Κ1 & Κ2 είναι ο κεντρικός στεγασμένος ηλιακός χώρος, ο οποίος παρέχει επαρκή φωτισμό λειτουργίας για ικανοποιητικό μέρος της ημέρας, στον ισόγειο χώρο της κεντρικής εισόδου, καθώς και στους διαδρόμους κίνησης & λιγότερο στα γραφεία του ορόφου.
- Καθώς ο κεντρικός χώρος δεν ήταν σχεδιασμένος να υποστηρίξει λειτουργίες γραφείων, δεν προβλέφθηκε η ανάλογη προστασία έναντι της θάμβωσης. Σε δεύτερη φάση, τοποθετήθηκαν εσωτερικά σκίαστρα τα οποία σε συνδυασμό με την καθαυτή παρουσία των γραφείων περιορίζουν αρκετά την ένταση του φωτισμού σε όλα τα επίπεδα.
- Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες περιορίζουν ελαφρώς τον φυσικό φωτισμό. (τουλάχιστον 20%)
- Το κάθε κτήριο διαθέτει 6 φωταγωγούς που υποστηρίζουν επαρκώς την κίνηση διανομής στο εσωτερικό χώρο για την διάρκεια της ηλιοφάνειας.
- Όλοι οι χώροι διαθέτουν ανοίγματα ικανά να υποστηρίξουν την εκάστοτε λειτουργία.
- Οι χώροι που φωτίζονται από την ΒΔ όψη δέχονται χαμηλότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά 1/3 από την ΝΑ όψη. Ο φωτισμός που παρέχεται είναι ως επί το πλείστον διάχυτος τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου, ο οποίος δεν προκαλεί θάμβωση και δεν είναι απαραίτητη η περιοριστική λειτουργία των εσωτερικών στοριών.

## ΘΑΜΒΩΣΗ

- Οι **ανακλαστικοί υαλοπίνακες** περιορίζουν ελαφρώς το φαινόμενο της θάμβωσης.
- Οι διαμήκεις όψεις των κτηρίων είναι **εκτεθειμένες** στο φαινόμενο της θάμβωσης, με την ΝΑ και την νότια όψη να έχουν ουσιαστικότερο πρόβλημα.

## ΣΚΙΑΣΜΟΣ

- Λόγω **χωροθέτησης**, οι ΝΑ όψεις **σκιάζονται τις πρώτες πρωινές ώρες** από τα γειτονικά κτήρια. Εξαίρεση αποτελεί το νότιο κομμάτι της ΝΑ όψης του κτηρίου Κ2. Οι **οροφή του ηλιακού χώρου** φέρει πλαστική επικάλυψη οποία περιορίζει δραστικά τον φυσικό φωτισμό.

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

- Το κέλυφος εμφανίζεται να διαθέτει **θερμομόνωση και διπλούς υαλοπίνακες** που ανακλούν την υπέρυθρη ακτινοβολία της ηλιακής ακτινοβολίας. (η οποία φέρει το 52,5% της θερμότητας)
- Λόγω της τοποθέτησης των **σκιάστρων στο εσωτερικό του κεντρικού χώρου**, η θερμότητα θα μένει μεταξύ του συστήματος σκίασης και του υαλοστασίου με αποτέλεσμα να περιοριστεί η αποδοτικότητα του συστήματος τυπικά γύρω στα 30% της εν δυνάμει θερμικής προστασίας. Τα κελύφη περιστοιχίζονται από χαμηλά πέτρινα τοιχεία, χαμηλή φύτευση στη μεγάλη διάσταση τους και σκυροδετημένα τοιχεία στις Β.Α. & Ν.Δ όψεις, γεγονός που παρέχει ουσιαστική **ανεμοπροστασία** και **κατά** συνέπεια περιορισμένες θερμικές απώλειες.



## ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ κατά τη χειμερινή περίοδο

- Ενώ τα κτήρια θα μπορούσαν να απολαμβάνουν τα θετικά της λειτουργίας του ηλιακού χώρου την περίοδο του χειμώνα, ο χώρος από εσκεμμένα μη θερμαινόμενο **μετατράπηκε σε χώρο κύριας δραστηριότητας**. Γεγονός που επιβαρύνει την ενεργειακή κατανάλωση και προσδίδει αρκετά μειωμένα θερμικά οφέλη. Το οποίο αποτελεί ευχάριστο γεγονός το χειμώνα αλλά δυσμενές το καλοκαίρι.
- Αντίστοιχη κατάσταση επιφέρει και ο κεντρικός ηλιακός χώρος, ο οποίος έχει **μεν θυρίδες εξαερισμού** στην βάση της στέγης, αλλά υπολειπουργούν λόγω της μετατροπής της λειτουργίας του χώρου. Συνεπώς επιβαρύνονται οι θερμοκρασιακές αιχμές του καλοκαιριού.
- Οι οροφή του ηλιακού χώρου φέρει **πλαστική επικάλυψη** οποία δυσχεραίνει περαιτέρω την λειτουργία του χώρου.
- Η περιορισμένη θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται από το κέλυφος δεν βρίσκει την αντίστοιχη θερμική μάζα για την αποθήκευση και διανομή της, καθώς τα χωρίσματα δαπέδου και οι οροφές είναι υλοποιημένες από κατασκευές γυψοσανίδας.

## ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο

- Λόγω της θερμικής προστασίας όλων των όψεων και των ανακλαστικών υαλοπινάκων που **εμποδίζουν την διέλευση ακτινοβολίας** μεγάλου κύματος, το κτήριο δεν μπορεί να αποβάλλει τα πλεονάζοντα θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. (160 W/m<sup>2</sup>)
- Δεν έχει γίνει **μελέτη φυσικού αερισμού** των κτηρίων.

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Η αξιοποίηση του **κεντρικού χώρου ως ηλιακού χώρου**. Απομάκρυνση χωρισμάτων, πλαστικής επικάλυψης υαλοπινάκων οροφής, ενίσχυση του εξαερισμού για ελάφρυνση των θερινών φορτίων σε συνδυασμό με εξωτερικά αυτοματοποιημένα σκίαστρα.
- Αυτοματοποίηση της **περιστροφής των εσωτερικών σκιάστρων** του κεντρικού χώρου, με βάση την πορεία του ήλιου και τις ενδείξεις εσωτερικού φωτισμού & αισθητής θερμοκρασίας. Ιδανικά, τοποθέτηση των σκιάστρων εξωτερικά του ηλιακού χώρου.
- Τοποθέτηση **ανακλαστικών ραφιών** κάτω από τα ανοίγματα οροφής που οδεύουν το φως από τους κεντρικούς φωταγωγούς, για επαύξηση της διάρκειας του φωτισμού που παρέχεται. Εναλλακτικά, χρήση **κατοπτρικών ανακλαστήρων** στο δώμα, για ενισχυμένη συγκέντρωση ηλιακού φωτός στους φωταγωγούς. Στις 2 αυτές περιπτώσεις θα ωφελήσει η επένδυση των κάθετων επιφανειών των φωταγωγών με **ανακλαστικές επιφάνειες**.
- Η **τοποθέτηση αρθρωτών εξωτερικών περυγίων** στα ανοίγματα των ΝΑ και ΒΔ όψεων θα εξυπηρετήσει τόσο την ανάγκη σκίασμού αλλά κυρίως την ανάγκη φυσικού αερισμού των χώρων.
- Συνιστάται **πυκνότερη φύτευση περιμετρικά** των όγκων, όπου είναι εφικτό, και σε μεγαλύτερο ύψος για την κάλυψη του 2<sup>ου</sup> επιπέδου.





ΦΩ/Σ



ΘΑΜΒ.

ΣΚ. ●



Π.Ψ. ●



Π.Θ.

ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

**ΦΩΤΙΣΜΟΣ**

- Χαρακτηριστικό στοιχείο των κτηρίων K1 & K2 είναι ο **κεντρικός στεγασμένος ηλιακός χώρος**, ο οποίος παρέχει **επαρκή φωτισμό λειτουργίας** για ικανοποιητικό μέρος της ημέρας, στον ισόγειο χώρο της κεντρικής εισόδου, καθώς και στους διαδρόμους κίνησης & λιγότερο στα γραφεία του ορόφου.
- Καθώς ο κεντρικός χώρος δεν ήταν σχεδιασμένος να υποστηρίξει λειτουργίες γραφείων, δεν προβλέφθηκε η ανάλογη προστασία έναντι της θάμβωσης. Σε δεύτερη φάση, τοποθετήθηκαν εσωτερικά **σκίαστρα τα οποία σε συνδυασμό με την καθαυτή παρουσία των γραφείων** περιορίζουν αρκετά την ένταση του φωτισμού σε όλα τα επίπεδα.
- Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες περιορίζουν ελαφρώς τον φυσικό φωτισμό. (τουλάχιστον 20%)
- Το κάθε κτήριο διαθέτει **6 φωταγωγούς** που υποστηρίζουν επαρκώς την **κίνηση διανομής** στο εσωτερικό χώρο για την διάρκεια της ηλιοφάνειας. Όλοι οι χώροι διαθέτουν **ανοίγματα** ικανά να **υποστηρίξουν την εκάστοτε λειτουργία**.
- Οι χώροι που φωτίζονται από την ΒΔ όψη δέχονται χαμηλότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά 1/3 από την ΝΑ όψη. Ο φωτισμός που παρέχεται είναι ως επί το πλείστον διάχυτος τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου, ο οποίος δεν προκαλεί θάμβωση και δεν είναι απαραίτητη η περιοριστική λειτουργία των εσωτερικών στοριών ή μόνιμη επεξεργασία αμμοβολής.

**ΘΑΜΒΩΣΗ**

- Οι **ανακλαστικοί υαλοπίνακες** περιορίζουν ελαφρώς το φαινόμενο της θάμβωσης.
- Οι διαμήκεις όψεις των κτηρίων είναι **εκτεθειμένες** στο φαινόμενο της θάμβωσης, με την ΝΑ και την νότια όψη να έχουν ουσιαστικότερο πρόβλημα. Τα ανοίγματα του ορόφου της ΝΑ όψης του K4 φέρουν μόνιμη επεξεργασία αμμοβολής, με άμεση συνέπεια τον περιορισμό του φωτισμού.

**ΣΚΙΑΣΜΟΣ**

- Λόγω **χωροθέτησης**, οι ΝΑ όψεις **σκιάζονται τις πρώτες πρωινές ώρες** από τα γειτονικά κτήρια. Εξαιρεση αποτελεί το νότιο κομμάτι της ΝΑ όψης του κτηρίου K2.
- Οι **οροφή του ηλιακού χώρου** φέρει πλαστική επικάλυψη οποία περιορίζει δραστικά τον φυσικό φωτισμό.

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ**

- Το κέλυφος εμφανίζεται να διαθέτει **θερμομόνωση και διπλούς υαλοπίνακες** που ανακλούν την υπέρυθρη ακτινοβολία της ηλιακής ακτινοβολίας. (η οποία φέρει το 52,5% της θερμότητας)





- Λόγω της τοποθέτησης των **σκιάστρων στο εσωτερικό του κεντρικού χώρου**, η θερμότητα θα μένει μεταξύ του συστήματος σκίασης και του υαλοστασίου με αποτέλεσμα να περιοριστεί η αποδοτικότητα του συστήματος τυπικά γύρω στα 30% της εν δυνάμει θερμικής προστασίας.
- Τα κελύφη περιστοιχίζονται από χαμηλά πέτρινα τοιχία, χαμηλή φύτευση στη μεγάλη διάσταση τους και σκυροδετημένα τοιχία στις Β.Α. & Ν.Δ όψεις, γεγονός που παρέχει ουσιαστική **ανεμοπροστασία** και κατά συνέπεια περιορισμένες θερμικές απώλειες.

#### **ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ κατά τη χειμερινή περίοδο**

- Ενώ τα κτήρια θα μπορούσαν να απολαμβάνουν τα θετικά της λειτουργίας του ηλιακού χώρου την περίοδο του χειμώνα, ο χώρος από εσκεμμένα μη θερμαινόμενο **μετατράπηκε σε χώρο κύριας δραστηριότητας**. Γεγονός που επιβαρύνει την ενεργειακή κατανάλωση και προσδίδει αρκετά μειωμένα θερμικά οφέλη. Το οποίο αποτελεί ευχάριστο γεγονός το χειμώνα αλλά δυσμενές το καλοκαίρι.
- Αντίστοιχη κατάσταση επιφέρει και ο κεντρικός ηλιακός χώρος, ο οποίος έχει **μεν θυρίδες εξαερισμού** στην βάση της στέγης, αλλά υπολειπονται λόγω της μετατροπής της λειτουργίας του χώρου. Συνεπώς επιβαρύνονται οι θερμοκρασιακές αιχμές του καλοκαιριού.
- Οι οροφή του ηλιακού χώρου φέρει **πλαστική επικάλυψη** οποία δυσχεραίνει περαιτέρω την λειτουργία του χώρου.
- Η περιορισμένη θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται από το κέλυφος δεν βρίσκει την αντίστοιχη θερμική μάζα για την αποθήκευση και διανομή της, καθώς τα χωρίσματα δαπέδου και οι οροφές είναι υλοποιημένες από κατασκευές γυψοσανίδας.

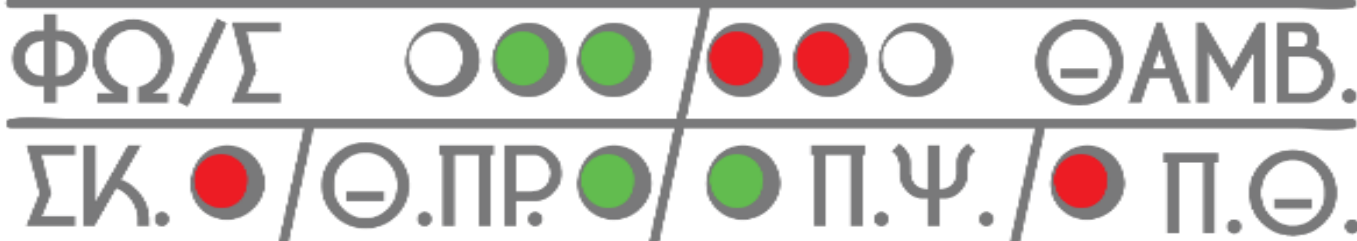
#### **ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο**

- Λόγω της θερμικής προστασίας όλων των όψεων και των ανακλαστικών υαλοπινάκων που **εμποδίζουν την διέλευση ακτινοβολίας** μεγάλου κύματος, το κτήριο δεν μπορεί να αποβάλλει τα πλεονάζοντα θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. (160 W/m<sup>2</sup>) Δεν έχει γίνει **μελέτη φυσικού αερισμού** των κτηρίων.

#### **ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

- Η αξιοποίηση του **κεντρικού χώρου ως ηλιακού χώρου**. Απομάκρυνση χωρισμάτων, πλαστικής επικάλυψης υαλοπινάκων οροφής, ενίσχυση του εξαερισμού για ελάφρυνση των θερινών φορτίων σε συνδυασμό με εξωτερικά αυτοματοποιημένα σκιάστρα.
- Αυτοματοποίηση της **περιστροφής των εσωτερικών σκιάστρων** του κεντρικού χώρου, με βάση την πορεία του ήλιου και τις ενδείξεις εσωτερικού φωτισμού & αισθητής θερμοκρασίας. Ιδανικά, τοποθέτηση των σκιάστρων εξωτερικά του ηλιακού χώρου.
- Τοποθέτηση **ανακλαστικών ραφιών** κάτω από τα ανοίγματα οροφής που οδεύουν το φως από τους κεντρικούς φωταγωγούς, για επαύξηση της διάρκειας του φωτισμού που παρέχεται. Εναλλακτικά, χρήση **κατοπτρικών ανακλαστήρων** στο δώμα, για ενισχυμένη συγκέντρωση ηλιακού φωτός στους φωταγωγούς. Στις 2 αυτές περιπτώσεις θα ωφεληθεί η επένδυση των κάθετων επιφανειών των φωταγωγών με **ανακλαστικές επιφάνειες**.
- Η **τοποθέτηση αρθρωτών εξωτερικών περυγίων** στα ανοίγματα των ΝΑ και ΒΔ όψεων θα εξυπηρετήσει τόσο την ανάγκη σκιασμού αλλά κυρίως την ανάγκη φυσικού αερισμού των χώρων.
- Συνιστάται **πυκνότερη φύτευση περιμετρικά** των όγκων, όπου είναι εφικτό, και σε μεγαλύτερο ύψος για την κάλυψη του 2<sup>ου</sup> επιπέδου.





ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

## ΦΩΤΙΣΜΟΣ

- Λόγω της χωροθέτησης & του προσανατολισμού των όψεων, όλοι οι χώροι διαθέτουν **ανοίγματα ικανά να υποστηρίξουν την εκάστοτε λειτουργία**, για τουλάχιστον το ήμισυ μίας ηλιόλουστης ημέρας.
- Οι χώροι που φωτίζονται από τις ΒΔ όψεις δέχονται **χαμηλότερη ηλιακή ακτινοβολία** (και άρα φωτισμό) κατά 1/3 από τις ΝΑ & ΝΔ όψεις. Ο φωτισμός που παρέχεται είναι ως επί το πλείστον **διάχυτος τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου**, ο οποίος δεν προκαλεί θάμβωση και δεν είναι απαραίτητη η περιοριστική λειτουργία των εσωτερικών στοριών.
- Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες περιορίζουν ελαφρώς τον φυσικό φωτισμό. (τουλάχιστον 20%)

## ΘΑΜΒΩΣΗ

Οι ΝΑ, Ν & ΒΔ όψεις των κτηρίων είναι **εκτεθειμένες** στο φαινόμενο της θάμβωσης, με την ΝΑ και την νότια όψη να έχουν ουσιαστικότερο πρόβλημα, λόγω των αντικειμενικών ωρών εργασίας.

- Διασφαλίζεται μερική προστασία των ανοιγμάτων στο **1<sup>ο</sup> επίπεδο των ΒΔ και λιγότερο των ΝΑ όψεων**, μέσω της φύτευσης και της υποβάθμισης από την περιμετρική στάθμη του εδάφους. Οι **ανακλαστικοί υαλοπίνακες** περιορίζουν ελαφρώς το φαινόμενο της θάμβωσης.

## ΣΚΙΑΣΜΟΣ

- Λόγω **χωροθέτησης**, οι ΒΔ πτέρυγες (M2&5) **σκιάζονται τις πρώτες πρωινές ώρες** από τις ΝΑ πτέρυγες (M1&4).
- Διασφαλίζεται **επαρκής σκιασμός** του κελύφους και των ανοιγμάτων στο **1<sup>ο</sup> επίπεδο των ΒΔ και λιγότερο των ΝΑ όψεων**, μέσω της φύτευσης και της υποβάθμισης από την περιμετρική στάθμη του εδάφους.
- Επίσης **το κεντρικό κτήριο** του συγκροτήματος (M3) **σκιάζει τις βόρειες πτέρυγες** (M1&2) σε μεγάλο βαθμό μετά την μεσουράνηση του ήλιου, με το φαινόμενο να είναι εκτενέστερο το χειμώνα λόγω του χαμηλού ύψους του ήλιου.
- Το κεντρικό κτήριο M3 διαθέτει **επιπρόσθετο κέλυφος στις ΒΑ & ΒΔ όψεις** με μεγάλα κάθετα στοιχεία που εξασφαλίζει σκιασμό του κυρίου κελύφους και των ανοιγμάτων, τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Η πτέρυγες **M4&5 προσφέρουν πλήρη σκιασμό των ψηλών ανοιγμάτων** στις εσωτερικές τους όψεις (ΝΑ & ΒΔ αντίστοιχα).

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

- Το κέλυφος εμφανίζεται να διαθέτει **θερμομόνωση στον πυρήνα** των τοιχοποιιών ( που συνεπάγεται αυξημένες θερμογέφυρες) και **απλούς υαλοπίνακες σε κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή**, που ανακλούν την υπέρυθρη ακτινοβολία της ηλιακής ακτινοβολίας. (η οποία φέρει το 52,5% της θερμότητας)
- Η χωροθέτηση των κτηρίων M1,2,3 οδεύει **και εγκλωβίζει τους βόρειους ψυχρούς ανέμους** στον ενδιάμεσο υπαίθριο χώρο με αποτέλεσμα τις επαυξημένες απώλειες από μεταφορά των κτηρίων. Αντιθέτως οι πτέρυγες M4,5 προστατεύονται από το φαινόμενο αυτό. Επίσης η πτέρυγα M3 προστατεύεται μερικώς λόγω του διπλού κελύφους των βόρειων όψεων χωρίς να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες προς το κυρίως κέλυφος.

## ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ κατά τη χειμερινή περίοδο

- Η θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται στο κέλυφος αξιοποιεί την **θερμική μάζα** για την αποθήκευση και διανομή της, καθώς τα χωρίσματα δαπέδου είναι **συμπαγή** και οι οροφές δεν φέρουν ψευδοροφές.





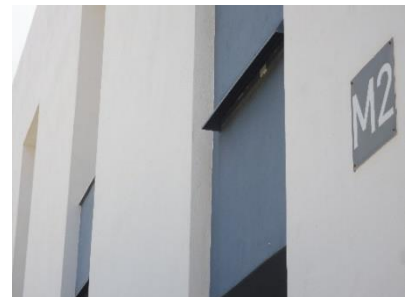
- Η **σκουρόχρωμη** επένδυση του κεντρικού κτηρίου Μ3 έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη επιφανειακή θερμοκρασία σε σύγκριση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, την στιγμή που οι υπόλοιπες πτέρυγες εξασφαλίζουν ως  $1\text{C}^\circ$  απόκλιση.
- Οι κλεισμένες από υαλοπίνακες **πεζογέφυρες** που ενώνουν το κεντρικό κτήριο με τις βόρειες πτέρυγες Μ1-2, συνεισφέρουν τους χειμερινούς μήνες στη θέρμανση των κτηρίων που ενώνουν, μειώνοντας **ως ζώνες ανάσχεσης** τις θερμικές απώλειες και προσφέροντας τα **θερμικά φορτία** που συσσωρεύουν. Θα ήταν αποτελεσματικότερη η λειτουργία αν υπήρχε δυνατότητα φραγής των οπών εξαερισμού και περισσότερη θερμική μάζα σε εκτενέστερη επαφή με τα κτήρια που ενώνει η γέφυρα.

#### ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο

- Λόγω της θερμικής προστασίας όλων των όψεων και των ανακλαστικών υαλοπινάκων που **εμποδίζουν την ομαλή διέλευση ακτινοβολίας** μεγάλου κύματος, το κτήριο δεν μπορεί να αποβάλλει τα πλεονάζοντα θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. ( $160\text{ W/m}^2$ )
- Η **περιμετρική φύτευση** των κτηρίων συμβάλλει θετικά στο θερμικό ισοζύγιο, μέσω της διαπνοής των φυτών.
- Δεν έχει γίνει **μελέτη φυσικού αερισμού** των κτηρίων και δεν υπάρχει δυνατότητα διαμπερούς αερισμού.
- Οι **δίοδοι αερισμού** που εμφανίζονται στις όψεις, κοντά στο επίπεδο της πλάκας του εκάστοτε επιπέδου, αποτελούν πιθανότατα μέρος του συστήματος τεχνητού εξαερισμού των εσωτερικών χώρων, να εισάγει φρέσκο αέρα, ενώ οι δίοδοι αποκλείουν την διαφορά πίεσης που δημιουργείται. Σε κάθε περίπτωση, **η μεθοδευμένη εναλλαγή του εσωτερικού αέρα** περιορίζει τις θερμικές απώλειες σε σύγκριση με την ανεξέλεγκτη χρήση ανοιγμάτων για τον σκοπό αυτό και διασφαλίζει μόνιμα την ποιότητα του αέρα.
- Η χωροθέτηση των κτηρίων Μ1,2,3 οδεύει **και εγκλωβίζει τους βόρειους ψυχρούς ανέμους** στον ενδιάμεσο υπαίθριο χώρο με αποτέλεσμα τις επταυξημένες θερμικές απώλειες από μεταφορά των κτηρίων. Το κτήριο Μ3 διαθέτει μεγάλες διαμπερείς οδεύσεις που επιτρέπει στον ψυχρό αέρα να φτάσει τα κτήρια Μ4-5, ενώ απομακρύνονται με αυτόν τον τρόπο ακόμη περισσότερα θερμικά φορτία του Μ3.

#### ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

- **Προτεραιότητα αποτελεί η αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων** τους, καθώς αποτελεί τον πλέον ύψιστο παράγοντα της ενεργειακής κατανάλωσης του συγκροτήματος για την εξασφάλιση των θερμικών συνθηκών άνεσης. Το ιδανικό σενάριο θα ήταν η τοποθέτηση **διπλών διαθλαστικών υαλοπινάκων σε πλαστικό κούφωμα θερμοδιακοπής, συνδυάζοντας εξωτερικά αυτοματοποιημένα σκίαστρα διαχυτικής επιφάνειας**. Εξαλείφοντας έτσι την μετάδοση της θερμότητας από μεταφορά, μεγιστοποιώντας τα οφέλη και την διάρκεια του φυσικού φωτισμού των χώρων, αξιοποιώντας την παθητική νυχτερινή ψύξη από ακτινοβολία και την παθητική θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία. Από όλα τα πιθανά σενάρια **το λιγότερο αποδοτικό** είναι οι διπλοί υαλοπίνακες σε κούφωμα θερμοδιακοπής και μεμβράνη ανάκλασης ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος.
- Λόγω της έντονης ακτινοβολίας που δέχονται οι ΝΑ και ΝΔ όψεις, υπάρχει άμεση ανάγκη για σκiasμό του κελύφους και των ανοιγμάτων. **Η τοποθέτηση αρθρωτών εξωτερικών κάθετων περυγίων** στα ανοίγματα των ορόφων για την εξυπηρέτηση της ανάγκης σκiasμού και λειτουργικού φωτισμού.
- Συνιστάται **πυκνότερη φύτευση περιμετρικά** των όγκων, όπου είναι εφικτό, και σε μεγαλύτερο ύψος για την κάλυψη του 2<sup>ου</sup> επιπέδου.
- Υπάρχει μεγάλη **ανάγκη ανεμοπροστασίας** από τα βόρεια ψυχρά ρεύματα της χειμερινής περιόδου και προτείνονται συστήματα ανεμοπροστασίας με δυνατότητα απομάκρυνσης, καθώς το καλοκαίρι τα ρεύματα είναι ευνοϊκά για το θερμικό ισοζύγιο.
- **Μόνιμη ανεμοπροστασία** είναι απαραίτητη για την αποφυγή των θερμών νότιων ανέμων που επιβαρύνουν τα κτήρια Μ3,4,5.
- Προτείνεται **δυνατότητα φραγής των οπών εξαερισμού** των πεζογεφυρών για αποδοτικότερη λειτουργία την χειμερινή περίοδο. Όπως επίσης και την δυνατότητα παύσης της λειτουργίας την θερινή περίοδο **με ανοιγόμενους υαλοπίνακες**.
- **Η τοποθέτηση αρθρωτών εξωτερικών περυγίων** στα ανοίγματα των ΝΑ και ΒΔ όψεων θα εξυπηρετήσει τόσο την ανάγκη σκiasμού αλλά κυρίως την ανάγκη φυσικού αερισμού των χώρων.







## ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

- Ο φυσικός φωτισμός που λαμβάνει η πλειονότητα των χώρων, συμπεριλαμβάνοντας τους **χώρους διέλευσης και στάσης**, είναι επαρκής για τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των διαμήκων ανοιγμάτων στο δώμα του κεντρικού κτηρίου, του αίθριου, των μεγάλων ανοιγμάτων των ΝΑ&ΒΔ όψεων και μέσω σημειακών φωταγωγών στις ΒΑ αίθουσες διδασκαλίας και τον χώρο του parking.
- Οι χώροι που φωτίζονται από τις ΒΔ όψεις δέχονται **χαμηλότερη ηλιακή ακτινοβολία** (και άρα φωτισμό) κατά 1/3 από τις ΝΑ & ΝΔ όψεις. Ο φωτισμός που παρέχεται είναι ως επί το πλείστον **διάχυτος τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου**, ο οποίος δεν προκαλεί θάμβωση και δεν είναι απαραίτητη η περιοριστική λειτουργία των εσωτερικών στοριών.
- Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες περιορίζουν ελαφρώς τον φυσικό φωτισμό. (τουλάχιστον 20%)
- Οι αίθουσες διδασκαλίας του κεντρικού κτηρίου δεν παρέχουν **φυσικό φωτισμό** στο εσωτερικό των αιθουσών και δεν υπάρχει **οπτική επαφή** με το περιβάλλον. Όπως αναλύεται στο πρώτο κεφάλαιο, αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν αρνητικά την ψυχολογία και την αποδοτικότητα των χρηστών.

## ΘΑΜΒΩΣΗ

- Οι ΝΑ & ΒΔ όψεις του κτηρίου είναι ελαφρώς **εκτεθειμένες** στο φαινόμενο της θάμβωσης τις πρώτες πρωινές ώρες και τις τελευταίες απογευματινές. καθώς επιτυγχάνεται σκιασμός μέσω πτερυγίων και προβόλων. Άμεση συνέπεια, τα μεγάλα ανοίγματα των όψεων απολαμβάνουν ως επί το πλείστον διάχυτο μη θαμβωτικό φωτισμό.
- Οι **ανακλαστικοί υαλοπίνακες** περιορίζουν ελαφρώς το φαινόμενο της θάμβωσης.

## ΣΚΙΑΣΜΟΣ

- Έχει **προβλεφθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό ο σκιασμός** των ανοιγμάτων, ο οποίος επιτυγχάνεται στην μεγάλη διάσταση του συγκροτήματος (ΝΑ και ΒΔ όψεις), με κάθετα εξωτερικά πτερύγια, οριζόντιους προβόλους και οριζόντια συστήματα κάθετων εξωτερικών περσίδων.
- Το κέλυφος των αιθουσών διδασκαλίας, δίπλα στον χώρο του parking, **σκιάζεται πλήρως** μέχρι την μεσουράνηση του ήλιου και τα ανοίγματα του που είναι σε εσοχή δέχονται μόνο διάχυτο φωτισμό από ανάκλαση.

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

- Το κέλυφος του κτηρίου Λ εμφανίζεται **επαρκώς μελετημένο και εξοπλισμένο**, ικανό να διατηρήσει τα θεμιτά φορτία ψύξης και θέρμανσης. Οι τοιχοποιίες είναι θερμομονωμένες και οι υαλοπίνακες είναι διπλοί, με ανακλαστική μεμβράνη.
- Τα **ΝΔ και ΒΑ τμήματα** του κύριου όγκου που **δέχονται την υψηλότερη θερμική καταπόνηση**, λόγω συνεχούς ηλιασμού το πρώτο και λόγω ψυχρών διαβρωτικών ανέμων το δεύτερο, φέρουν επιπρόσθετο κέλυφος από ορυκτές πλάκες με ελαχιστοποιημένα διάκενα, το οποίο αποσυμφορεί το κέλυφος από την ηλιακή ακτινοβολία στο Νότο και τις θερμικές απώλειες στο Βορρά.
- Το συγκρότημα προστατεύεται πλήρως από τις **θερμές νότιες αύρες** της Άνοιξης με την υποβάθμιση των όγκων από τη στάθμη του εδάφους στην ΝΑ όψη, τους φυσικούς ανεμοφράκτες που καλύπτουν τον Νότο και την αεροδυναμική του μορφολογία που δεν επιτρέπει τον εγκλωβισμό του αέρα.

Η εφαρμογή του **φυτεμένου δώματος** πάνω από τις δυτικές αίθουσες και τον χώρο στάθμευσης προσδίδει ιδιαίτερη θερμική προστασία στις αίθουσες και το φαινόμενο θα ήταν εντονότερο με πυκνότερη και υψηλότερη φύτευση.



- Για την προστασία του κτηρίου από τις **θερμικές απώλειες των ψυχρών βόρειων ρευμάτων**, το ισόγειο της ΒΔ όψης έχει πιο συμπαγή δόμηση, που προσδίδει στην θερμική προστασία, μέσω χαμηλότερου δείκτη θερμοπερατότητας και εκτενέστερης χρονικής υστέρησης. Επίσης ο χώρος του parking περικλείεται από ψηλό τοίχο που λειτουργεί ως ανεμοφράκτης για όλο το συγκρότημα.
- Ο σχεδιασμός του κτηρίου αποτρέπει τον φυσικό εσωτερικό αερισμό και βασίζεται πλήρως στην τεχνητή εναλλαγή του. Μόνο ένα μικρό ποσοστό των υαλοπινάκων είναι οι ανοιγοκλειόμενοι και αυτοί αφορούν περιορισμένους χώρους. Η **μεθοδευμένη εναλλαγή του εσωτερικού αέρα** περιορίζει τις θερμικές απώλειες σε σύγκριση με την ανεξέλεγκτη χρήση ανοιγμάτων για τον σκοπό αυτό και διασφαλίζει μόνιμα την ποιότητα του αέρα.

#### ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ κατά τη χειμερινή περίοδο

- Λόγω της θερμικής προστασίας όλων των όψεων, του σκιασμού και των ανακλαστικών υαλοπινάκων που **εμποδίζουν την διέλευση ακτινοβολίας** μεγάλου κύματος, το κτήριο δεν μπορεί να δεσμεύσει θερμικά φορτία από την ακτινοβολία του ήλιου.
- Η περιορισμένη θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται από το κέλυφος δεν βρίσκει την **αντίστοιχη θερμική μάζα** για την αποθήκευση και διανομή της, καθώς τα χωρίσματα δαπέδου και οι οροφές είναι υλοποιημένες από κατασκευές γυψοσανίδας.

#### ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο

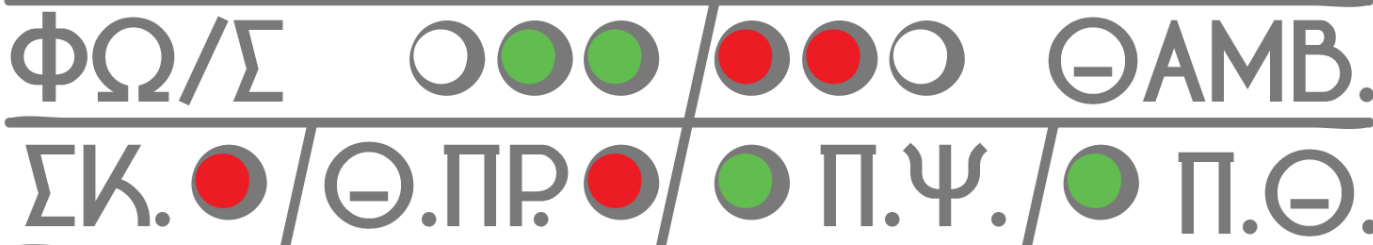
- Λόγω της θερμικής προστασίας όλων των όψεων και των ανακλαστικών υαλοπινάκων που **εμποδίζουν την διέλευση ακτινοβολίας** μεγάλου κύματος, το κτήριο δεν μπορεί να αποβάλλει τα πλεονάζοντα θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. ( $160 \text{ W/m}^2$ )
- Το **φυτεμένο δώμα** στον βορρά ψύχει μέσω της διαπνοής των φυτών την ΒΔ όψη. Ο Gold αναφέρει ότι σχεδόν το ήμισυ της ολικής ακτινοβολίας που διατίθεται την άνοιξη και το θέρος μπορεί να διαχυθεί από τη φυσική ψύξη εξάτμισης
- Το κτήριο Λ έχει στον εσωτερικό του χώρο **εκτενή φύτευση** που μειώνει δραστικά την **ενεργειακή κατανάλωση** για την ψύξη του κτηρίου, χωρίς να υφίσταται πρόβλημα με την υγρασία λόγω του τεχνητού αερισμού. Θεωρητικές αναλύσεις συνιστούν ότι η διαπνοή από ένα δέντρο εξοικονομεί μεταξύ **1 και 2,4 MJ ηλεκτρικού ρεύματος** από τον κλιματισμό του αέρα ανά έτος. Ο Moffat αναφέρει ότι κατά μέσο όρο ένα δέντρο μεγάλου μεγέθους **εξατμίζει 1460kg νερού** μία ημέρα με ήλιο, που είναι ισοδύναμη με 870 MJ ψυκτικής χωρητικότητας.
- Το **μεγάλο ύψος** των χώρων διέλευσης και στάσης έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση της αισθητής θερμοκρασίας, καθώς ζεστά ρεύματα αέρα και υδρατμών κατευθύνονται ανοδικά.

#### ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Συνιστάται **πυκνότερη φύτευση και συντήρηση αυτής στο φυτεμένο δώμα**.
- Προτείνεται η χρήση **ανακλαστικών ραφιών** εντός του αίθριου για την περαιτέρω εισχώρηση του φωτός στο εσωτερικό των επιπέδων που γειτνιάζουν σε αυτόν.







### ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

- Λόγω της πληθώρας των ανοιγμάτων του κελύφους, το κτήριο B2 είναι **ικανό να λειτουργήσει χωρίς τεχνητό φωτισμό** το μεγαλύτερο μέρος μίας ηλιόλουστης ημέρας. Εξάιρεση αποτελεί ο χώρος του παρασκευαστηρίου, καθώς η ΝΔ όψη δεν διαθέτει λειτουργικά ανοίγματα.
- Ο φωτισμός θα ήταν ικανός να υποστηρίξει περισσότερες ώρες την λειτουργία του κτηρίου, εάν δεν υπήρχαν μόνιμα κατεβασμένα στόρια στα ανοίγματα της ΒΑ και της ΝΔ όψης.

### ΘΑΜΒΩΣΗ

- Το πρόβλημα της θάμβωσης εντοπίζεται κυρίως στην ΒΑ και ΝΔ όψη. Από την μεσουράνηση του ήλιου και έπειτα, η φύτευση και οι παραπλήσιες κτηριακές εγκαταστάσεις προσφέρουν σκiasμό από την άμεση ακτινοβολία, και ο φωτισμός που λαμβάνει ο χώρος εξυπηρέτησης είναι διάχυτος και μη θαμβωτικός.
- Για την προστασία από το φαινόμενο, το κέλυφος διαθέτει εσωτερικά στόρια στα ανοίγματα της ΒΑ και της ΝΔ όψης, τα οποία είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία των χώρων, αλλά δυστυχώς είναι μόνιμα ενεργεία, τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας.

### ΣΚΙΑΣΜΟΣ

- Όπως αναφέρθηκε, η φύτευση και οι παραπλήσιες κτηριακές εγκαταστάσεις προσφέρουν σκiasμό από την άμεση ακτινοβολία, **κατά την μεσουράνηση του ήλιου.**
- Δυστυχώς **δεν υπάρχει κάποιο σύστημα σκiasμού** του κελύφους ή των ανοιγμάτων του για **τις υπόλοιπες ώρες**, που να περιορίζει το φαινόμενο της θάμβωσης ή της υπερθέρμανσης και να καθιστά περιττή τη χρήση των στοριών.
- Επίσης τα ανοίγματα του ισόγειου επιπέδου της ΝΔ είναι μόνιμα προστατευμένα από την διέλευση του φωτός, περιορίζοντας την λειτουργία τους μονάχα για αερισμό.

### ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

- Το κέλυφος εμφανίζεται να μην διαθέτει **θερμομόνωση** και να είναι εξοπλισμένο με **απλούς υαλοπίνακες σε κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή.**
- Οι τοιχοποιίες του κελύφους αποτελούν **σκυροδετημένα στοιχεία** μεγάλης διατομής, **προσδίδοντας 9 ώρες χρονικής υστέρησης** για την απόδοση της θερμότητας ή του ψύχους που δεσμεύουν.  
Το κτήριο είναι προστατευμένο σχετικά από τις **θερμές νότιες αύρες** λόγω της περιμετρικής δόμησης και την φύτευση προς τον Νότο.
- Η ΝΔ όψη διαθέτει μικρότερα ανοίγματα και αυξημένη θερμική μάζα για την προστασία από την υπερθέρμανση και τις βόρειες ψυχρές αύρες στις οποίες είναι εκτεθειμένη.

### ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ κατά τη χειμερινή περίοδο

- Η θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται στο κέλυφος αξιοποιεί την **θερμική μάζα** για την αποθήκευση και διανομή της, καθώς τα χωρίσματα δαπέδου είναι **συμπαγή** και οι οροφές δεν φέρουν ψευδοροφές. Λόγω της **χρονικής υστέρησης**, το κτήριο αποβάλλει την θερμότητα του προς τους χρήστες κατά τη δύση του ήλιου και την έκλειψη της άμεσης ακτινοβολίας, προσφέροντας αποδεκτές συνθήκες άνεσης τις ηλιόλουστες μέρες του χειμώνα. Το σύστημα θα ήταν αποδοτικότερο χωρίς τα εσωτερικά σκίαστρα.
- Η **σκουρόχρωμη** βαφή του B2 έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη επιφανειακή θερμοκρασία σε σύγκριση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

### ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο

- Λόγω της απουσίας θερμικής προστασίας και των μη ανακλαστικών υαλοπινάκων, το κέλυφος και η εσωτερική θερμική μάζα μπορεί να αποβάλλει τα πλεονάζοντα θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. (160 W/m2)





- Η **εξωτερική φύτευση** συμβάλλει θετικά στο θερμικό ισοζύγιο μέσω της διαπνοής των φυτών. Ακόμη και το ένα δέντρο που βρίσκεται στον πυρήνα του κτηρίου, διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο. (Θεωρητικές αναλύσεις συνιστούν ότι η διαπνοή από ένα δέντρο εξοικονομεί μεταξύ 1 και 2,4 MJ ηλεκτρικού ρεύματος από τον κλιματισμό του αέρα ανά έτος. Ο Moffat αναφέρει ότι κατά μέσο όρο ένα δέντρο μεγάλου μεγέθους εξατμίζει 1460kg νερού μία ημέρα με ήλιο, που είναι ισοδύναμη με 870 MJ ψυκτικής χωρητικότητας.)
- Το **διπλό ύψος** του χώρου της εστίασης μετριάξει την επίπτωση της ημερήσιας κορύφωσης της αισθητής θερμοκρασίας, λόγω της ανοδικής πορείας ζεστών ρευμάτων αέρα και υδρατμών, με το φαινόμενο να είναι εντονότερο στον ισόγειο χώρο.
- Με δεδομένη την αφθονία ανοιγμάτων, το κτήριο είναι ικανό να **αερίζεται φυσικά** και να αποβάλλει τα θερμικά φορτία μέσω μεταφοράς προς τον αέρα.

#### ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Ο υπερυψωμένος υπαίθριος χώρος στο βόρειο τμήμα του συγκροτήματος μπορεί να μετατραπεί σε φυτεμένο χώρο, με τα οφέλη να είναι ακόμα μεγαλύτερα σε σύγκριση με την ίδια ενέργεια στο δώμα του εστιατορίου. Το σύστημα θα προσφέρει θερμική προστασία στον ισόγειο χώρο, θα δεσμεύσει θερμικά φορτία από τα σκυροδετημένα στοιχεία των όψεων και θα περιορίσει την πρόσπτωση ακτινοβολίας στο κέλυφος λόγω της περιορισμένης ανάκλασης.
- Συνιστάται **ψηλή και χαμηλή φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στην Δ & ΒΔ όψη** για την προστασία έναντι της θάμβωσης, συνοδευόμενη από αντικατάσταση των σταθερών σκιάστρων με κινητά σκίαστρα διάχυτης ανάκλασης.
- Προτρέπει η **χαμηλή φύτευση στην βόρεια όψη** για τον μετριασμό των θερμικών απωλειών από τους βόρειες ψυχρές αύρες, επιτρέποντας παράλληλα τον φυσικό αερισμό.
- Προτείνεται κάθετη φυλλοβόλα φύτευση περιμετρικά του τελευταίου επιπέδου του κτηρίου, για τον περιορισμό της δυσμενής συσσώρευσης θερμικών φορτίων κατά το θέρος και την αξιοποίηση των φορτίων το χειμώνα.
- Θα είναι καταλυτική η λειτουργία **νυχτερινού αερισμού** για την ομαλή λειτουργία του κτηρίου την θερινή περίοδο. Στόχος που μπορεί να επιτευχθεί με απλό μηχανολογικό εξοπλισμό ή παθητικά με την τοποθέτηση ηλιακών καμινάδων. Αποδοτικότερο σύστημα θα ήταν ο συνδυασμός των παραπάνω. Η απόδοση της θερμικής μάζας μεγιστοποιείται ενώ ο παθητικός αερισμός, ενώ η μικρή ένταση του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας θα δροσίζει τους χρήστες, επαυξάνοντας την εξάτμιση του σώματος που αποδεσμεύει θερμότητα.
- **Προτεραιότητα αποτελεί η αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων** τους, καθώς αποτελεί τον πλέον ύψιστο παράγοντα της ενεργειακής κατανάλωσης του συγκροτήματος για την εξασφάλιση των θερμικών συνθηκών άνεσης. Το ιδανικό σενάριο θα ήταν η τοποθέτηση **διπλών διαθλαστικών υαλοπινάκων σε πλαστικό κούφωμα θερμοδιακοπής, συνδυάζοντας εξωτερικά αυτοματοποιημένα σκίαστρα διαχυτικής επιφάνειας**. Εξαλείφοντας έτσι την μετάδοση της θερμότητας από μεταφορά, μεγιστοποιώντας τα οφέλη και την διάρκεια του φυσικού φωτισμού των χώρων, αξιοποιώντας την παθητική νυχτερινή ψύξη από ακτινοβολία και την παθητική θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία. Από όλα τα πιθανά σενάρια **το λιγότερο αποδοτικό** είναι οι διπλοί υαλοπίνακες σε κούφωμα θερμοδιακοπής και μεμβράνη ανάκλασης ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος.





## ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

### ΦΩΤΙΣΜΟΣ

- Οι αίθουσες διδασκαλίας Β1 συνοδεύονται από πολλαπλά ανοίγματα φωτισμού που προσφέρουν κατά μέσο όρο **τουλάχιστον 4-5 ώρες της ημέρας επαρκή φωτισμό** για την λειτουργία τους
- Ο φωτισμός θα ήταν ικανός να υποστηρίξει περισσότερες ώρες την λειτουργία του κτηρίου, εάν δεν υπήρχαν **μόνιμα κατεβασμένες γρύλλιες** στα ανοίγματα ή αν ήταν γρύλλιες σχεδιασμένες να ανακλούν στην οροφή του εσωτερικού χώρου τον φωτισμό. Μάλιστα οι αίθουσες του 2<sup>ου</sup> επιπέδου έχουν μόνιμη πλαστική επικάλυψη καθώς δέχονται την μεγαλύτερη ηλιακή καταπόνηση.

### ΘΑΜΒΩΣΗ

- Το πρόβλημα της θάμβωσης εντοπίζεται κυρίως στις **ΒΑ όψεις** του 2<sup>ου</sup> επιπέδου και κατά τη μεσουράνηση του ήλιου στις ΒΑ όψεις του 1<sup>ου</sup> επιπέδου επίσης.
- Ο φωτισμός που παρέχεται είναι σε μεγάλο ποσοστό **διάχυτος από ανάκλαση**, λόγω της μεθοδευμένης τοποθέτησης των ανοιγμάτων στις όψεις & δώμα και των εξωτερικών σκυροδετημένων περσίδων.
- Για την προστασία από το φαινόμενο, το κελύφος διαθέτει **εσωτερικά στόρια** σε κάποια νότια και ΒΑ ανοίγματα, τα οποία είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία των χώρων, αλλά δυστυχώς είναι μόνιμα εν ενεργεία, τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας.

### ΣΚΙΑΣΜΟΣ

Δυστυχώς **δεν υπάρχει κάποιο σύστημα σκίασμού** του κελύφους και συνεπώς παραλαμβάνει απρόσκοπτα ηλιακή θερμική ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- Οι σκυροδετημένες περσίδες στην Δύση προσφέρουν προστασία έναντι της θάμβωσης της απογευματινής ώρας, αλλά καθιστούν ουσιαστική μείωση του φωτισμού τις υπόλοιπες ώρες χωρίς να είναι απαραίτητο. Επίσης δεν προστατεύουν από την θερμική επιβάρυνση του κελύφους, καθώς αποτελούν μέρος αυτού.

### ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

- Το κελύφος εμφανίζεται να μην διαθέτει **θερμομόνωση** και να είναι εξοπλισμένο με **απλούς μονούς υαλοπίνακες σε κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή**.
- Οι τοιχοποιίες του κελύφους αποτελούν **σκυροδετημένα στοιχεία** μεγάλης διατομής, **προσδίδοντας 9 ώρες χρονικής υστέρησης** για την απόδοση της θερμότητας ή του ψύχους που δεσμεύουν. Η ΝΔ όψη διαθέτει μικρότερα ανοίγματα και αυξημένη θερμική μάζα για την προστασία από την υπερθέρμανση και τις βόρειες ψυχρές αύρες στις οποίες είναι εκτεθειμένη.

### ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ κατά τη χειμερινή περίοδο

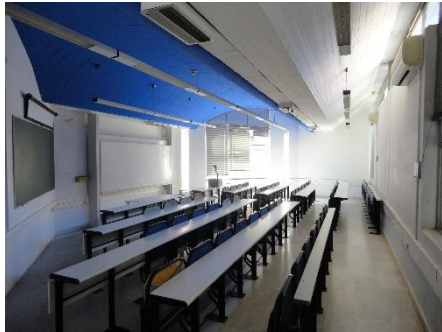
- Η θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται στο κελύφος αξιοποιεί την **θερμική μάζα** για την αποθήκευση και διανομή της, καθώς τα χωρίσματα δαπέδου είναι **συμπαγή** και οι οροφές δεν φέρουν ψευδοροφές. Λόγω **της χρονικής υστέρησης**, το κτήριο αποβάλλει την θερμότητα του προς τους χρήστες κατά τη δύση του ήλιου και την έκλειψη της άμεσης ακτινοβολίας, προσφέροντας αποδεκτές συνθήκες άνεσης τις ηλιόλουστες μέρες του χειμώνα. Το σύστημα θα ήταν αποδοτικότερο χωρίς τα εσωτερικά σκίαστρα.
- Η **σκουρόχρωμη** βαφή του Β2 έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη επιφανειακή θερμοκρασία σε σύγκριση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.





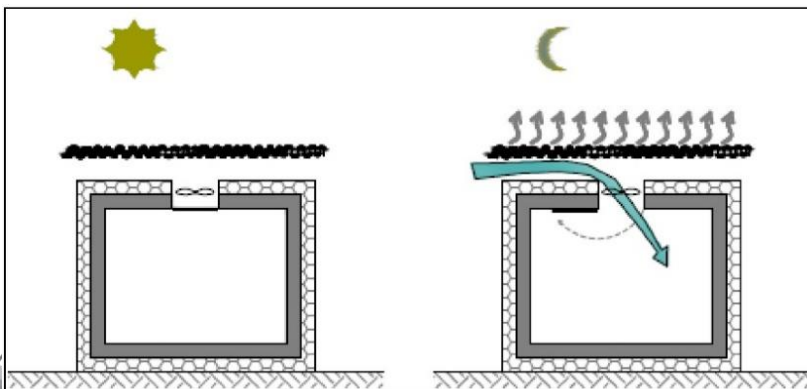
## ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο

- Λόγω της **απουσίας θερμικής προστασίας** και των μη ανακλαστικών υαλοπινάκων, το κέλυφος και η εσωτερική θερμική μάζα μπορεί να αποβάλλει τα **πλεονάζοντα** θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. ( $160 \text{ W/m}^2$ )
- Το **μεγάλο ύψος** του χώρου της εστίασης μετριάζει την επίπτωση της ημερήσιας κορύφωσης της αισθητής θερμοκρασίας, λόγω της ανοδικής πορείας ζεστών **ρευμάτων** αέρα και υδρατμών, με το φαινόμενο να είναι εντονότερο στον ισόγειο χώρο.
- Με δεδομένη την περιμετρική τοποθέτηση ανοιγμάτων, το κτήριο είναι ικανό να **αερίζεται φυσικά** διαμπερώς και να αποβάλλει τα θερμικά φορτία μέσω μεταφοράς **προς** τον αέρα.



## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Συνιστάται **ψηλή και χαμηλή φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στις Α & Δ όψεις** για την προστασία έναντι των περιπτώων καλοκαιρινών θερμικών φορτίων και της θάμβωσης, συνοδευόμενη από αντικατάσταση των σταθερών και εσωτερικών σκιάστρων με εξωτερικά κινητά σκίαστρα διάχυτης ανάκλασης.
- Προτείνεται **κάθετη φυλλοβόλα φύτευση** περιμετρικά του τελευταίου επιπέδου, για τον περιορισμό της δυσμενούς συσσώρευσης θερμικών φορτίων κατά το θέρος και την αξιοποίηση των **φορτίων** το χειμώνα.
- Θα είναι καταλυτική η λειτουργία **νυχτερινού αερισμού** για την ομαλή λειτουργία του **κτηρίου** την θερινή περίοδο. Προτείνεται το σύστημα μεταλλικού ακτινοβολητή, το οποίο κατά τη διάρκεια της θερινής ημέρας αποσυμφορεί το δώμα από την συσσώρευση περιπτώων φορτίων καθώς ανακλά την ακτινοβολία, ενώ το βράδυ που ενεργοποιείται φέρει ψυχρό αέρα στο εσωτερικό για την αποδέσμευση των θερμικών φορτίων από τα υπόλοιπα στοιχεία του χώρου. Τον χειμώνα μπορεί να αντιστρέφεται το σύστημα ώστε κατά τη διάρκεια της ημέρας να προθερμαίνει τον αέρα πριν τον εισάγει στον εσωτερικό χώρο, ενώ το βράδυ περιορίζει την απώλεια των θερμικών φορτίων από την ακτινοβολία του δώματος.
- Ο χώρος μεταξύ των αιθουσών μπορεί να μετατραπεί σε ένα στεγασμένο ηλιακό αίθριο με δυνατότητα εξαερισμού. Κατά **την** χειμερινή περίοδο θα δρα ως μη θερμαινόμενος χώρος ανάσχεσης που παρέχει πολύτιμα επιπρόσθετα θερμικά φορτία στις αίθουσες, ενώ το θέρος θα συμβάλει αισθητά στον φυσικό δροσισμό με την απαγωγή του θερμού αέρα.
- Η **αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων** τους κρίνεται **απαραίτητη**. Το ιδανικό σενάριο θα ήταν η τοποθέτηση **διπλών διαθλαστικών υαλοπινάκων σε πλαστικό κούφωμα θερμοδιακοπής, συνδυάζοντας εξωτερικά αυτοματοποιημένα σκίαστρα διαχυτικής επιφάνειας**. Εξαλείφοντας έτσι την μετάδοση της θερμότητας από μεταφορά, μεγιστοποιώντας τα οφέλη και την διάρκεια του φυσικού φωτισμού των χώρων, αξιοποιώντας την παθητική νυχτερινή ψύξη από ακτινοβολία και την παθητική θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία. Από όλα τα πιθανά σενάρια **το λιγότερο αποδοτικό** είναι οι διπλοί υαλοπίνακες σε κούφωμα θερμοδιακοπής και δυνατότητα ανάκλασης ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος.







## ΦΩΤΙΣΜΟΣ

- Το **θέατρο** διδασκαλίας Α2 διαθέτει κάποια ανοίγματα που συντελούν **βοηθητικά** στον φωτισμό του χώρου. Σε καμία περίπτωση όμως δεν μπορεί να λειτουργήσει ο χώρος μονάχα με τον φυσικό φωτισμό που παρέχεται.
- Η **αίθουσα των σχεδιαστηρίων** που βρίσκεται στον ισόγειο χώρο δέχεται **άπλετο φυσικό φως**, ικανό να υποστηρίξει την λειτουργία του το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας. Η απουσία συστήματος προστασίας από θάμβωση μειώνει αρκετά τον χρονικό ορίζοντα λειτουργίας με φυσικό φωτισμό εφόσον το φως παρεμποδίζεται πλήρως από τις εσωτερικές γρύλλιες.

## ΘΑΜΒΩΣΗ

- Το πρόβλημα της θάμβωσης εντοπίζεται κυρίως στη νότια όψη και είναι ζημιογόνο για την λειτουργία του θεάτρου και περισσότερο της αίθουσας σχεδιαστηρίων που διαθέτει αρκετά μεγάλα ανοίγματα.

## ΣΚΙΑΣΜΟΣ

- Δυστυχώς **δεν υπάρχει κανένα στοιχείο να παρέχει σκiasμό** του κελύφους και των ανοιγμάτων του και συνεπώς παραλαμβάνει απρόσκοπτα ηλιακή θερμική ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

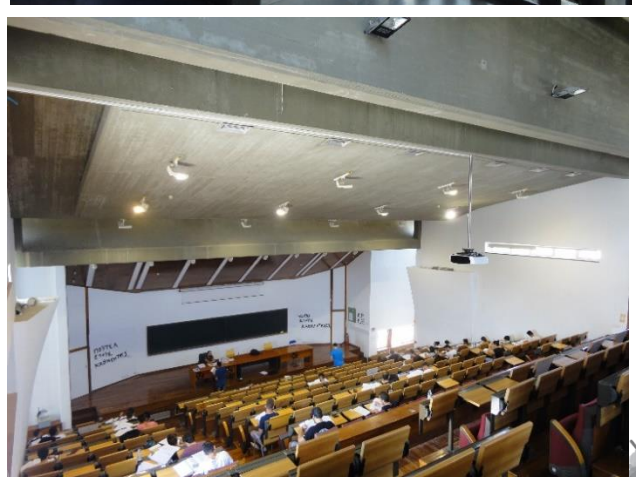
- Το κέλυφος εμφανίζεται να μην διαθέτει **θερμομόνωση** και να είναι εξοπλισμένο με **απλούς μονούς υαλοπίνακες σε κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή**.
- Οι τοιχοποιίες του κελύφους αποτελούν **σκυροδετημένα στοιχεία** μεγάλης διατομής, **προσδίδοντας 9 ώρες χρονικής υστέρησης** για την απόδοση της θερμότητας ή του ψύχους που δεσμεύουν.
- Η ΝΔ όψη διαθέτει μικρότερα ανοίγματα και αυξημένη θερμική μάζα για την προστασία από την υπερθέρμανση και τις βόρειες ψυχρές αύρες στις οποίες είναι εκτεθειμένη.

## ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ κατά τη χειμερινή περίοδο

- Η θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται στο κέλυφος αξιοποιεί την **θερμική μάζα** για την αποθήκευση και διανομή της, καθώς τα χωρίσματα δαπέδου είναι **συμπαγή** και οι οροφές δεν φέρουν ψευδοροφές. Λόγω **της χρονικής υστέρησης**, το κτήριο αποβάλλει την θερμότητα του προς τους χρήστες κατά τη δύση του ήλιου και την έκλειψη της άμεσης ακτινοβολίας, προσφέροντας αποδεκτές συνθήκες άνεσης τις ηλιόλουστες μέρες του χειμώνα. Το σύστημα θα ήταν αποδοτικότερο χωρίς τα εσωτερικά σκίαστρα.
- Η **σκουρόχρωμη** βαφή του Β2 έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη επιφανειακή θερμοκρασία σε σύγκριση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Ο ισόγειος όροφος του κτηρίου λειτουργεί ως ηλιακός χώρος/θερμοκήπιο και δεν είχε σχεδιαστεί για αίθουσα ή χώρος διημέρευσης. Ως τέτοιος χώρος παρέχει πολύτιμα θερμικά φορτία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας στον χώρο διδασκαλίας.

## ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο

- Λόγω της **απουσίας θερμικής προστασίας** και των μη ανακλαστικών υαλοπινάκων, το κέλυφος και η εσωτερική θερμική μάζα μπορεί να αποβάλλει τα πλεονάζοντα θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. (160 W/m<sup>2</sup>)



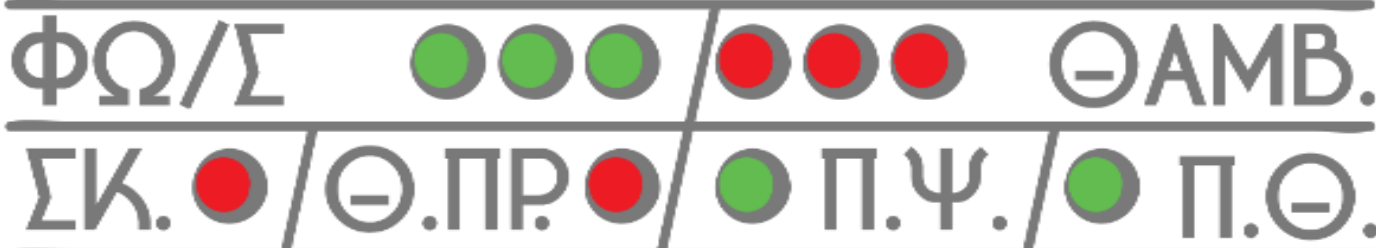
- Το **μεγάλο ύψος** του χώρου της εστίασης μετριάζει την επίπτωση της ημερήσιας κορύφωσης της αισθητής θερμοκρασίας, λόγω της ανοδικής πορείας ζεστών ρευμάτων αέρα και υδρατμών, με το φαινόμενο να είναι εντονότερο στον ισόγειο χώρο.
- Με δεδομένη την περιμετρική τοποθέτηση ανοιγμάτων, το κτήριο είναι ικανό να **αερίζεται φυσικά** διαμπερώς και να αποβάλλει τα θερμικά φορτία μέσω μεταφοράς προς τον αέρα.

#### ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Συνιστάται **ψηλή και χαμηλή φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στις Ν & Δ όψεις** για την προστασία έναντι των περιπτώων καλοκαιρινών θερμικών φορτίων και της θάμβωσης, συνοδευόμενη από αντικατάσταση των σταθερών και εσωτερικών σκιάστρων με εξωτερικά κινητά σκίαστρα διάχυτης ανάκλασης.
- Προτείνεται **κάθετη φυλλοβόλα φύτευση** περιμετρικά του θεάτρου, για τον περιορισμό της δυσμενούς συσσώρευσης θερμικών φορτίων κατά το θέρος και την αξιοποίηση των φορτίων το χειμώνα.
- Προτείνεται επίσης **οριζόντια υπερυψωμένη φυλλοβόλα φύτευση** στην στάθμη που ορίζει η μεταλλική κατασκευή που υποστήριζε το παλαιό στέγαστρο.
- Η **αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων** τους κρίνεται απαραίτητη.
- Το ιδανικό σενάριο θα ήταν η τοποθέτηση **διπλών διαθλαστικών υαλοπινάκων σε πλαστικό κούφωμα θερμοδιακοπής, συνδυάζοντας εξωτερικά αυτοματοποιημένα σκίαστρα διαχυτικής επιφάνειας**. Εξαλείφοντας έτσι την μετάδοση της θερμότητας από μεταφορά, μεγιστοποιώντας τα οφέλη και την διάρκεια του φυσικού φωτισμού των χώρων, αξιοποιώντας την παθητική νυχτερινή ψύξη από ακτινοβολία και την παθητική θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία. Από όλα τα πιθανά σενάρια **το λιγότερο αποδοτικό** είναι οι διπλοί υαλοπίνακες σε κούφωμα θερμοδιακοπής και δυνατότητα ανάκλασης ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος.
- Για την πληρέστερη φυσική φωταγώγηση των χώρων προτείνονται **ανακλαστικά ράφια** στα υψηλά τμήμα των 2 επιπέδων.
- Προκειμένου να ενισχυθεί η αποσυμφόρηση των θερμικών φορτίων και η θερμική άνεση των χρηστών, προτείνεται η **κατασκευή όγκου ψύξης στην νότια όψη**, υποβοηθούμενη από μηχανολογικό εξοπλισμό. Ο εξωτερικός αέρας εισάγεται στον πύργο, ψύχεται από την εξάτμιση και μεταφέρεται στο κτήριο. Απομακρυνόμενος στη συνέχεια από τον χώρο μεταφέρει φορτία από το εσωτερικό στο περιβάλλον.
- Θα είναι καταλυτική η λειτουργία **νυχτερινού αερισμού** για την ομαλή λειτουργία του κτηρίου την θερινή περίοδο. Προτείνεται το σύστημα μεταλλικού ακτινοβολητή, το οποίο κατά τη διάρκεια της θερινής ημέρας αποσυμφορεί το δώμα από την συσσώρευση περιπτώων φορτίων καθώς ανακλά την ακτινοβολία, ενώ το βράδυ που ενεργοποιείται φέρει ψυχρό αέρα στο εσωτερικό για την αποδέσμευση των θερμικών φορτίων από τα υπόλοιπα στοιχεία του χώρου. Τον χειμώνα μπορεί να αντιστρέφεται το σύστημα ώστε κατά τη διάρκεια της ημέρας να προθερμαίνει τον αέρα πριν τον εισάγει στον εσωτερικό χώρο, ενώ το βράδυ περιορίζει την απώλεια των θερμικών φορτίων από την ακτινοβολία του δώματος.







ΘΑΜΒΩΣΗ/ΦΩΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΙΑΣΜΟΣ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ/ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ/ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

## ΦΩΤΙΣΜΟΣ

- Οι χώροι των συγκροτημάτων Δ4&5 συνοδεύονται από πολλαπλά ανοίγματα φωτισμού στις όψεις και το δώμα που προσφέρουν κατά μέσο όρο τουλάχιστον 6 ώρες της ημέρας επαρκή φωτισμό για την λειτουργία τους.
- Ο φωτισμός θα ήταν ικανός να υποστηρίξει περισσότερες ώρες την λειτουργία του κτηρίου, εάν δεν υπήρχαν μόνιμα κατεβασμένα εσωτερικά στόρια στα ανοίγματα ή αν ήταν εγκατεστημένες γρύλλιες σχεδιασμένες να ανακλούν στην οροφή του εσωτερικού χώρου τον φωτισμό.

**Οι χώροι διέλευσης** φωτίζονται επαρκώς το μεγαλύτερο μέρος μίας ηλιόλουστης ημέρας χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση τεχνητού φωτισμού.

## ΘΑΜΒΩΣΗ

- Δεδομένης της χωροθέτησης, ο προσανατολισμός των όψεων και των κυρίων χώρων λειτουργίας είναι νότιος και ΝΑ και η κίνηση εσωτερικά καταλαμβάνει τις βόρειες όψεις. Οι όψεις των κυρίων χώρων δεν διαθέτουν τα κατάλληλα μέτρα να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της θάμβωσης με 2 όψεις ως εξαιρέσεις.
- Το κτήριο Δ5 διαθέτει υψηλή και χαμηλή φύτευση στην νότια όψη του που αποτρέπει αποτελεσματικά την θάμβωση. Η δυτική όψη του Δ4 προστατεύεται τμηματικά από φύτευση.
- Ως αναγκαστική γραμμή προστασίας, βρίσκονται πάλι τα ανοίγματα να κλείνονται από μόνιμα σκίαστρα, με τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κτήρια.

## ΣΚΙΑΣΜΟΣ

- Πέραν των 2 όψεων που διαθέτουν φύτευση, **δεν υπάρχει κανένα άλλο στοιχείο να παρέχει σκiasμό** του κελύφους και εξωτερικά των ανοιγμάτων του. Συνεπώς παραλαμβάνει απρόσκοπτα ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, καλοκαίρι και χειμώνα.

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

- Το κέλυφος εμφανίζεται να μην διαθέτει **θερμομόνωση** και να είναι εξοπλισμένο με **απλούς μονούς υαλοπίνακες σε κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή.**
- Οι τοιχοποιίες του κελύφους αποτελούν **σκυροδετημένα στοιχεία** μεγάλης διατομής, **προσδίδοντας 9 ώρες χρονικής υστέρησης** για την απόδοση της θερμότητας ή του ψύχους που δεσμεύουν.
- Λόγω των γειτονικών κτισμάτων, τα κτήρια Δ4-5 είναι προστατευμένα σε ικανοποιητικό βαθμό από τις βόρειες ψυχρές αύρες και τις θερμικές απώλειες που επιφέρουν. Ταυτόχρονα ζημιώνονται σε ίσο βαθμό από τα θερμά νότια ρεύματα και τα περιττά θερμικά φορτία που προσθέτουν.

## ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο

- Λόγω της **απουσίας θερμικής προστασίας** και των μη ανακλαστικών υαλοπινάκων, το κέλυφος και η εσωτερική θερμική μάζα μπορεί να αποβάλλει τα πλεονάζοντα θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. (160 W/m<sup>2</sup>). Φυσικά η ύπαρξη των μόνιμων εσωτερικών σκίαστρων αποτελεί τροχοπέδη της νυχτερινής θερμικής ακτινοβολίας.





- Με δεδομένη την περιμετρική τοποθέτηση ανοιγμάτων, το κτήριο είναι ικανό να **αερίζεται φυσικά** διαμπερώς και να αποβάλλει τα θερμικά φορτία μέσω μεταφοράς προς τον αέρα.

#### **ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ κατά τη χειμερινή περίοδο**

- Η θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται στο κέλυφος αξιοποιεί την **θερμική μάζα** για την αποθήκευση και διανομή της, καθώς τα χωρίσματα δαπέδου είναι **συμπαγή σκυροδετημένα τοιχία** και οι οροφές δεν φέρουν ψευδοροφές. Λόγω **της χρονικής υστέρησης**, το κτήριο αποβάλλει την θερμότητα του προς τους χρήστες κατά τη δύση του ήλιου και την έκλειψη της άμεσης ακτινοβολίας, προσφέροντας αποδεκτές συνθήκες άνεσης τις ηλιόλουστες μέρες του χειμώνα. Το σύστημα θα ήταν αποδοτικότερο χωρίς τα εσωτερικά σκίαστρα.

#### **ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ κατά την καλοκαιρινή περίοδο**

- Λόγω της **απουσίας θερμικής προστασίας** και των μη ανακλαστικών υαλοπινάκων, το κέλυφος και η εσωτερική θερμική μάζα μπορεί να αποβάλλει τα πλεονάζοντα θερμικά φορτία του καλοκαιριού, μέσω ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό. (160 W/m<sup>2</sup>)
- Με δεδομένη την περιμετρική τοποθέτηση ανοιγμάτων, το κτήριο είναι ικανό να **αερίζεται φυσικά** διαμπερώς και να αποβάλλει τα θερμικά φορτία μέσω μεταφοράς προς τον αέρα.

#### **ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

- Συνιστάται **ψηλή και χαμηλή φύτευση δέντρων στις Ν & ΝΔ όψεις** για την προστασία έναντι της θάμβωσης και της υπερθέρμανσης, συνοδευόμενη από αντικατάσταση των σταθερών σκιάστρων με κινητά σκίαστρα διάχυτης ανάκλασης. Εάν η χέρσος ύπαιθρος εξελιχθεί σε πράσινο χλοοτάπητα με την φύτευση που προαναφέρθηκε, η μείωση των θερμικών φορτίων θα είναι αξιοσημείωτη.
- Θα υπάρξει καταλυτική η λειτουργία **νυχτερινού αερισμού** για την ομαλή λειτουργία του κτηρίου την θερινή περίοδο. Στόχος που μπορεί να επιτευχθεί με απλό μηχανολογικό εξοπλισμό ή παθητικά με την τοποθέτηση ηλιακών καμινάδων. Αποδοτικότερο σύστημα θα ήταν ο συνδυασμός των παραπάνω. Η απόδοση της θερμικής μάζας μεγιστοποιείται ενώ ο παθητικός αερισμός, ενώ η μικρή ένταση του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας θα δροσίζει τους χρήστες, επαυξάνοντας την εξάτμιση του σώματος που αποδεσμεύει θερμότητα.
- **Προτεραιότητα αποτελεί η αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων** τους, καθώς αποτελεί τον πλέον ύψιστο παράγοντα της ενεργειακής κατανάλωσης του συγκροτήματος για την εξασφάλιση των θερμικών συνθηκών άνεσης. Το ιδανικό σενάριο θα ήταν η τοποθέτηση **διπλών διαθλαστικών υαλοπινάκων σε πλαστικό κούφωμα θερμοδιακοπής, συνδυάζοντας εξωτερικά αυτοματοποιημένα σκίαστρα διαχυτικής επιφάνειας**. Εξαλείφοντας έτσι την μετάδοση της θερμότητας από μεταφορά, μεγιστοποιώντας τα οφέλη και την διάρκεια του φυσικού φωτισμού των χώρων, αξιοποιώντας την παθητική νυχτερινή ψύξη από ακτινοβολία και την παθητική θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία. Από όλα τα πιθανά σενάρια **το λιγότερο αποδοτικό** είναι οι διπλοί υαλοπίνακες σε κούφωμα θερμοδιακοπής και μεμβράνη ανάκλασης ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος.



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

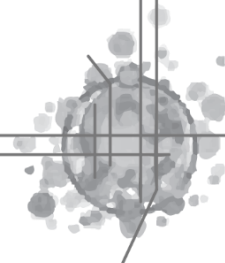
Τα παρακάτω συγγράμματα αποτέλεσαν ακρογωνιαίο λίθο για την υλοποίηση της ερευνητικής εργασίας, από τα οποία αντλήθηκαν πολυάριθμα πεδία και εικονογραφικά δεδομένα:

**A.** In DETAIL: Solar Architecture. Strategies, Visions, Concepts, Christian Schittich, 2003, Institut fur internationale Architektur, Dokumentation Gmbh & Co. KG Munchen Birkhauser Publishers for Architecture, Basel, Boston, Berlin

**B.** ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – Το ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια, John R. Goulding, J. Owen Lewis, Theo C. Steemers, Ερωτόκριτος Π. Τσίγκας Εκδοτικός Οίκος ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ, 1996

**Γ.** ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, Περιβάλλον και Βιωσιμότητα, Ελένη Ανδρεαδάκη, 2006, University Studio Press

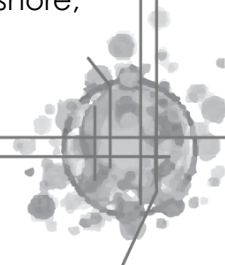
- [Πεδίο 1 / Σελ. 3]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 14
- [Πεδίο 2 / Σελ. 3]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 59
- [Πεδίο 3 / Σελ. 4]  
[Light - Much More Than Vision](#), Mark S. Rea, Ph.D.  
Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute
- [Πεδίο 4 / Σελ. 4]  
International Energy Agency: Daylight in Buildings. A Source Book on Daylighting and Systems and Components.  
A Report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29, July 2000, Σελ. 5-11
- [Πεδίο 5 / Σελ. 4]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 68
- [Πεδίο 6 / Σελ. 5]  
Lighting Psychology: Cognitive and Emotional Responses to Lighting  
Judi Lin, 2013, [LEDinside](#)
- [Πεδίο 7 / Σελ. 5]  
IMPLICATIONS - Lighting, Its effect on People and Spaces. Vol.02-Issue 02  
Dolores Dee Ginther, Associate Professor, University of Minnesota, [Informe Design](#)
- [Πεδίο 8 / Σελ. 7]  
Something New Under the Sun  
McNeill, J.R. 2001.. W.W. Norton, New York, London, 416 pp.
- [Πεδίο 9 / Σελ. 7]  
Σύγγραμμα (Γ), Σελ. 23-27
- [Πεδίο 10 / Σελ. 8]  
Federal German Statistics Agency  
[www.destatis.de](http://www.destatis.de)
- [Πεδίο 11 / Σελ. 8]  
EIA Annual Energy Review 2005,  
US Energy Information Administration, US Department of Energy
- [Πεδίο 12 / Σελ. 8]  
Worldwatch Paper 124: A building revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction, Lenssen and Roodman, 1995., Worldwatch Institute
- [Πεδίο 13 / Σελ. 8]  
Σύνοδος Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, Goteborg, 15-16 Ιουνίου 2001, Άρθρα 19-21
- [Πεδίο 14 / Σελ. 9]  
Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων, [ΤΕΕ](#)
- [Πεδίο 15 / Σελ. 9]  
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΚΕΝΑΚ - ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ  
ΣΠΥΡΟΣ ΤΣΙΩΛΗΣ, σ. 14-16, ΤΕΕ - Δικτυακή Βιβλιοθήκη



- [Πεδίο 16 / Σελ. 12]  
Ανωθεν Σύγγραμμα, σ. 26-27
- [Πεδίο 17 / Σελ. 16]  
Βικιπαιδεία, [Κλίμα](#)
- [Πεδίο 18 / Σελ. 17]  
Landscape as Energy and Environment Conservation in the Arid Regions Saudi Arabi  
Risvi S., Talib K., International Conference on Passive and Hybrid Cooling, Miami Beach, 1981
- [Πεδίο 19 / Σελ. 17]  
Earth Sheltered Community Design, Energy Efficient Residential Development  
Stirling, Carmody, R.J., Elnicky G., N.Y, Var Nostrand Reinhold Company, 1981
- [Πεδίο 20 / Σελ. 18]  
Heating and Cooling of Building Sites Through Landscape Planting,  
Bowen A., Passive Cooling Handbook, Newark, DE:AS/ISES, 1980
- [Πεδίο 21 / Σελ. 18]  
The Effect of Horizontal and Vertical Temperature Gradients, Duckworth E., Sandberg J.  
Bulletin of Meteorological Society, 1954
- [Πεδίο 22 / Σελ. 18]  
Influence of Surface Conditions on Ground Temperatures, Gold L.  
Canadian Journal of Earth Science 4, 199, 1967
- [Πεδίο 23 / Σελ. 18]  
Residential Cooling Loads and the Urban Heat Island: the Effect of Albedo,  
Taha H., Akbari H., Rosenfeld A., Huang J. LBL Report 24008, 1988
- [Πεδίο 24 / Σελ. 18]  
Landscape Design Hot Save Energy, Moffat A., Schiller M.,  
William Norrow and Company, New York, 1981
- [Πεδίο 25 / Σελ. 18]  
The Underground Advantage: Climate of Soils Passive Solar Subdivision, Window and  
Underground, Labs K., Miniapolis, MN, MASEC: MASEC
- [Πεδίο 26 / Σελ. 18]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 16
- [Πεδίο 27 / Σελ. 19]  
Biologischer Sonnenhausbau, Sabady, 1980
- [Πεδίο 28 / Σελ. 19]  
Passive and Hybrid Cooling Research, Yellot J.Y, Advances in Solar Technology, 1983
- [Πεδίο 29 / Σελ. 19]  
Σύγγραμμα (Β), Σελ. 98-99
- [Πεδίο 30 / Σελ. 20]  
Σύγγραμμα (Γ), Σελ. 99
- [Πεδίο 31 / Σελ. 21]  
Anderson B. , "Solar Energy: Fundamentals in building design", Total Environment Action, Inc.  
Harrisville, New Hampshire, McGraw-Hill Book Company, 1997, σελ.37.
- [Πεδίο 32 / Σελ. 23]  
Σύγγραμμα (Β), Σελ. 45-46
- [Πεδίο 33 / Σελ. 24]  
International Energy Agency: Daylight in Buildings. A Source Book on Daylighting and  
Systems and Components. A Report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29, July 2000, Σελ. 5-11
- [Πεδίο 34 / Σελ. 24]  
Σύγγραμμα (Β), Σελ. 68
- [Πεδίο 35 / Σελ. 25]  
Σύγγραμμα (Β), Σελ. 67
- [Πεδίο 36 / Σελ. 26]  
Schmitz, Hans Jürgen: "Tageslicht im Atrium. Akzeptanz von Arbeitsplatzbedingungen in  
Buros an Atrien unter besonderer Berücksichtigung der Tageslichtverhältnisse" (Dissertation),  
Marburg, 2002, pp.129ff
- [Πεδίο 37 / Σελ. 30]  
Wikipedia, [Infrared](#)



- [Πεδίο 38 / Σελ. 30]  
«Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ηλεκτρικής Ενέργειας από το Φωτισμό των Κτιρίων» Ιωάννης Μιμίκος, 2011, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Παράρτημα Χανίων, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σελ. 37
- [Πεδίο 39 / Σελ. 34]  
Σύγγραμμα (Γ), Σελ. 119
- [Πεδίο 40 / Σελ. 35]  
Σύγγραμμα (Γ), Σελ. 84
- [Πεδίο 41 / Σελ. 36]  
Σύγγραμμα (Γ), Σελ. 71
- [Πεδίο 42 / Σελ. 37]  
Σύγγραμμα (Β), Σελ. 76
- [Πεδίο 43 / Σελ. 38]  
Σύγγραμμα (Γ), Σελ. σελ. 123
- [Πεδίο 44 / Σελ. 43]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 28
- [Πεδίο 45 / Σελ. 44]  
Green Energy Technical Company, [Ηλιακή Ενέργεια](#)
- [Πεδίο 46 / Σελ. 50]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 23
- [Πεδίο 47 / Σελ. 52]  
ΚΑΠΕ, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας  
[Σχεδιασμός και εφαρμογή συστημάτων θέρμανσης- ψύξης χώρων](#)
- [Πεδίο 48 / Σελ. 53]  
Seasonal heat storage for heating of buildings, H.A. Zondag,  
ECN – Energy research Center of the Netherlands, TU/e Energyday 8, 11/02/2010, Σελ. 21
- [Πεδίο 49 / Σελ. 55]  
Σύγγραμμα (Β), Σελ. 106
- [Πεδίο 50 / Σελ. 55]  
Wikipedia, [Μελτέμι](#)
- [Πεδίο 51 / Σελ. 55]  
Ιστοπλοϊκή ιστοσελίδα, [1Yachtua](#)
- [Πεδίο 52 / Σελ. 60]  
Σύγγραμμα (Β), Σελ. 107
- [Πεδίο 53 / Σελ. 61]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 40
- [Πεδίο 54 / Σελ. 61]  
Wikipedia, [Heat Pump](#)
- [Πεδίο 55 / Σελ. 63]  
Natural cooling Canha da Piedade, Proceedings of the Summer School on Passive application in Mediterranean, Cephalonia, JRC Ispra 1988
- [Πεδίο 56 / Σελ. 63]  
Passive Cooling with Natural Draft Cooling Towers in Combination with Solar Chimneys, Cunningham, W.A., Thomson, T.L., Proceedings Plea Conference, 1986.
- [Πεδίο 57 / Σελ. 64]  
Automatic Roof Cooling, Holden, L.H., Aril Showers Company, Washington DC, 2, 1957
- [Πεδίο 58 / Σελ. 64]  
Experimental Studies on the Effect of Roof System Cooling on Unconditioned Building, Jain, S.P., Rao, K.R., Building Science, 9, 91974.
- [Πεδίο 59 / Σελ. 64]  
Passive & Hybrid Cooling Research, Yellot, J.Y, Advances in Solar Energy, 1983
- [Πεδίο 60 / Σελ. 64]  
Assessment of Natural Cooling Potential in Buildings in Different Climatic Conditions, Kishore, V.N., Building and Environment, Vol.23, n°3, pp. 215-223, 1986
- [Πεδίο 61 / Σελ. 64]  
Models for Passive Cooling, Givoni, B., Plea Conference, Porto 1978

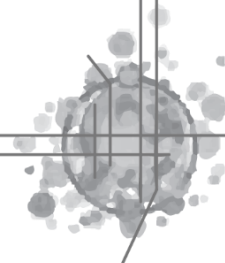


- [Πεδίο 62 / Σελ. 64]  
Experimental Studies on the Effect of Roof System Cooling on Unconditioned Building, Jain, S.P., Rao, K.R., Building Science, 9, 91974.
- [Πεδίο 63 / Σελ. 61]  
Σύγγραμμα (B), Σελ. 111

## ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [Εικόνα 1 / Σελ. 3]  
Encyclopedia of Sustainability Science and Technology  
2012, pp 7640-7667  
Passive Solar Heating in Built Environment  
Dr. Robert Hastings, Figure 2
- [Εικόνα 2 / Σελ. 3]  
Norman Rosenthal, National Institutes of Health  
[Seasonal Affective Disorder – Philip Caruso](#)
- [Εικόνα 3 & 4 / Σελ. 4]  
Mt Airy Public Library, N. Carolina, Pease & Associates, E. Marzia, 1982  
[Ιστοσελίδα MKO Edward Marzia](#)
- [Εικόνα 5 / Σελ. 6]  
Lighting Psychology: Cognitive and Emotional Responses to Lighting  
Judi Lin, 2013, [LEDinside](#), Photo Courtesy of LiteControl
- [Εικόνα 6 / Σελ. 5]  
Pinterest, [Dream Lantern - Sights in white](#)
- [Εικόνα 7 / Σελ. 5]  
Marina Novikova, Pinterest, [Mirrored Corridor](#)
- [Εικόνα 8 / Σελ. 5]  
IMPLICATIONS - Lighting, Its effect on People and Spaces. Vol.02-Issue 02 p.3  
Dolores Dee Ginther, Associate Professor, University of Minnesota, [Inform Design](#)
- [Εικόνα 9 / Σελ. 6]  
TSS Interiors: Importance Of Lighting In Interior Decor  
Asher Itheme, 2016, [The September Standard](#)
- [Εικόνα 10 / Σελ. 6]  
IMPLICATIONS - Lighting, Its effect on People and Spaces. Vol.02-Issue 02 p.3  
Dolores Dee Ginther, Associate Professor, University of Minnesota, [Inform Design](#)
- [Εικόνα 11 / Σελ. 7]  
The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?  
Will Steffen, Paul J. Crutzen and John R. McNeill.  
Royal Swedish Academy of Sciences 2007, Ambio Vol. 36, No. 8, December 2007, P. 616
- [Εικόνα 12 & 13 / Σελ. 8]  
Understanding International Crime Trends: The legacy of preschool lead exposure.  
Rick Nevin, 15. February 2007. Figure 1
- [Εικόνα 14 / Σελ. 10]  
What is LEED and why is it important?  
Bethany Dean, 2015, [EcoFutureDevelopment](#)
- [Εικόνα 15 / Σελ. 11]  
Επαγγελματική Ιστοσελίδα εταιρίας [IntegralDC](#)
- [Εικόνα 16 & 17 / Σελ. 11]  
Επαγγελματική Ιστοσελίδα εταιρίας [IntegralDC](#)
- [Εικόνα 18 & 19 / Σελ. 12]  
Εταιρία FilKat, [ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ \(Π.Ε.Α.\)](#)
- [Εικόνα 20 / Σελ. 13]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.3 σελ. 35

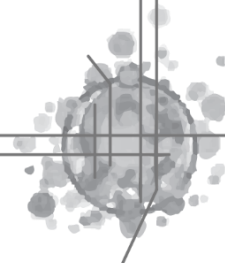
- [Εικόνα 21 / Σελ. 13]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.4 σελ. 36
- [Εικόνα 22 / Σελ. 14]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.6 σελ. 38
- [Εικόνα 23 / Σελ. 14]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.7 σελ. 41
- [Εικόνα 24 / Σελ. 16]  
Βικιπαιδεία, [Κλίμα](#)
- [Εικόνα 25 / Σελ. 17]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.48 σελ. 99
- [Εικόνα 26 / Σελ. 17]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.49 σελ. 99
- [Εικόνα 27 / Σελ. 17]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.26 σελ. 85
- [Εικόνα 28 / Σελ. 18]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 2.36 Σελ. 35
- [Εικόνα 29 / Σελ. 18]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 6.3 Σελ. 98
- [Εικόνα 30 / Σελ. 18]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 2.37 Σελ. 35
- [Εικόνα 31 / Σελ. 19]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 6.15 Σελ. 105
- [Εικόνα 32 / Σελ. 19]  
Σύγγραμμα (Β), Πίν. 6.6 Σελ. 101
- [Εικόνα 33 / Σελ. 20]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 18, f. 2.8
- [Εικόνα 34 / Σελ. 20]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.7 σελ. 68
- [Εικόνα 35 / Σελ. 21]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 10.3 Σελ. 161
- [Εικόνα 36 / Σελ. 22]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 5.7 Σελ. 74
- [Εικόνα 37 / Σελ. 22]  
Wikipedia, [Mathematics and architecture](#)
- [Εικόνα 38 / Σελ. 23]  
GLASSCON, [Εταιρική ιστοσελίδα](#)
- [Εικόνα 39 / Σελ. 23]  
European Building Automation Controls Association, [System Audits](#)
- [Εικόνα 40 / Σελ. 23]  
PROMPT Automation, [i-Building Automation](#)
- [Εικόνα 41 / Σελ. 24]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 7.17 Σελ. 126
- [Εικόνα 42 / Σελ. 24]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 66, f. 5.18
- [Εικόνα 43 / Σελ. 24]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.21 σελ. 81
- [Εικόνα 44 & 45 / Σελ. 25 & 26]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 65, f. 5.15
- [Εικόνα 46 & 47 / Σελ. 26]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 1.28 & 1.29 σελ. 131
- [Εικόνα 48 / Σελ. 27]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 7.17 Σελ. 126
- [Εικόνα 49 / Σελ. 27]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 9.31, Σελ. 148
- [Εικόνα 50 / Σελ. 27]  
Σύγγραμμα (Β), Πίν. 5.1, Σελ. 75





- [Εικόνα 51 / Σελ. 27]  
Σύγγραμμα (B), Πίν. 5.2, Σελ. 75
- [Εικόνα 52 / Σελ. 28]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 5.18, Σελ. 75
- [Εικόνα 53 / Σελ. 28]  
Σύγγραμμα (A), Σελ. 66, f. 5.19
- [Εικόνα 54 / Σελ. 28]  
Σύγγραμμα (A), Σχ. 5.16, Σελ. 65
- [Εικόνα 55 / Σελ. 28]  
Daylight in Buildings. A Source Book on Daylighting Systems and Components. 2001  
International Energy Agency, Σχ. 4-3.3 σελ. 4-11
- [Εικόνα 56 / Σελ. 28]  
Ανωθεν Σύγγραμμα, Σχ. 4-3.1 σελ. 4-10
- [Εικόνα 57 / Σελ. 28]  
Bartenbach, [Architecture + Technology Award 2006](#)
- [Εικόνα 58 / Σελ. 29]  
Σύγγραμμα (A), Σελ. 67, f. 5.20
- [Εικόνα 59 / Σελ. 29]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 9.35 Σελ. 150
- [Εικόνα 60 / Σελ. 29]  
«Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ηλεκτρικής Ενέργειας από το Φωτισμό των Κτιρίων»  
Ιωάννης Μιμίκος, 2011, [Πτυχιακή Εργασία](#), ΤΕΙ Κρήτης, Παράρτημα Χανίων,  
Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εικ. 3.26 Σελ. 38
- [Εικόνα 61 / Σελ. 29]  
Σύγγραμμα (A), Σελ. 67, f. 5.22
- [Εικόνα 62 / Σελ. 29]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 1.10 σελ. 118
- [Εικόνα 63 / Σελ. 29]  
Σύγγραμμα (A), Σελ. 68, f. 5.25
- [Εικόνα 64 / Σελ. 30]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 9.36 Σελ. 150
- [Εικόνα 65 / Σελ. 30]  
J. Jureidini, 2011, [Case Studies – Glass Roofs](#)
- [Εικόνα 66 / Σελ. 30]  
DETAIL Online, [Entrance Hall to University of Bremen](#)
- [Εικόνα 67 / Σελ. 30]  
Σύγγραμμα (A), Σελ. 68, f. 5.24
- [Εικόνα 68 / Σελ. 31]  
Σύγγραμμα (A), Σχ. 5.21, Σελ. 67
- [Εικόνα 69 / Σελ. 31]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 9.38 Σελ. 151
- [Εικόνα 70-72 / Σελ. 32]  
Ανακαίνιση Ισόγειου Οροφοδιαμερίσματος στο Ηράκλειο Κρήτης,  
Τεχνικό γραφείο ΚΤΙΤΩΡ, 2016
- [Εικόνα 73 / Σελ. 32]  
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ, [Ηλιακός φωτισμός](#)
- [Εικόνα 74 / Σελ. 32]  
SOLARLIGHT, Τεχνική Περιγραφή Φωτοσωλήνα, Σελ. 6
- [Εικόνα 75 / Σελ. 32]  
SOLARLIGHT, Τεχνική Περιγραφή Φωτοσωλήνα, Σελ. 7-8
- [Εικόνα 76 / Σελ. 33]  
Σύγγραμμα (B), Πίν. 5.4, Σελ. 80
- [Εικόνα 77 / Σελ. 33]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 1.11 σελ. 118
- [Εικόνα 78 / Σελ. 34]  
Σύγγραμμα (Γ), Πίν. IV, Σελ. 79

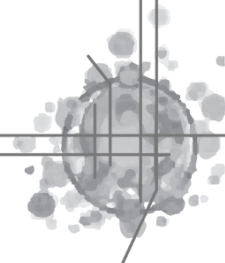
- [Εικόνα 79 / Σελ. 35]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 17, f. 2.5
- [Εικόνα 80 / Σελ. 35]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικόνα 3.27 σελ. 86
- [Εικόνα 81 / Σελ. 36]  
Σύγγραμμα (Γ), Πίν. Ι, Σελ. 117
- [Εικόνα 82 / Σελ. 36]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.11, Σελ. 71
- [Εικόνα 83 / Σελ. 37]  
Sustainable Homes – Ireland, [U-Values](#)
- [Εικόνα 84 / Σελ. 37]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 7.17, Σελ. 126
- [Εικόνα 85 / Σελ. 38]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 5.2, Σελ. 68
- [Εικόνα 86 / Σελ. 39]  
Σύγγραμμα (Γ), Πίν. ΙΙ, σελ. 123
- [Εικόνα 87 / Σελ. 39]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 5.6, Σελ. 70
- [Εικόνα 88 / Σελ. 39]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 5.7, Σελ. 70
- [Εικόνα 89 / Σελ. 39]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 5.8, Σελ. 70
- [Εικόνα 90 / Σελ. 40]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 5.9, Σελ. 71
- [Εικόνα 91 / Σελ. 40]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 5.10, Σελ. 71
- [Εικόνα 92 / Σελ. 41]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 5.29, Σελ. 79
- [Εικόνα 93 / Σελ. 41]  
Σύγγραμμα (Γ), Πίν. ΙΙΙ, σελ. 128
- [Εικόνες 94-95 / Σελ. 41-42]  
Σύγγραμμα (Γ), Σχ. 1.23-1.24, Σελ. 129
- [Εικόνα 96 / Σελ. 42]  
Nifty Homestead, [Underground Greenhouse](#)
- [Εικόνες 97-98 / Σελ. 43]  
Green Energy Technical Company, [Ηλιακή Ενέργεια](#)
- [Εικόνα 99 / Σελ. 43]  
Σύγγραμμα (Α), Σελ. 29, f. 3. 4
- [Εικόνα 100 / Σελ. 44]  
Integrated non-imaging optical design for evacuated tube solar thermal collector.  
Lun Jiang, Roland Winston, University of California, [Advanced Solar Technologies Institute](#)
- [Εικόνα 101 / Σελ. 45]  
Σύγγραμμα (Β), Σχ. 6.4, Σελ. 99
- [Εικόνα 102 / Σελ. 45]  
Σύγγραμμα (Β), Πίν. 6.4, Σελ. 101
- [Εικόνα 103 / Σελ. 46]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.29, σελ. 88
- [Εικόνες 104-105 / Σελ. 46]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.30 & 3.31, Σελ. 89
- [Εικόνες 106-107 / Σελ. 47]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.36 & 3.37, Σελ. 93
- [Εικόνα 108 / Σελ. 47]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.39, Σελ. 94
- [Εικόνες 109-113 / Σελ. 48]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.40-3.43, Σελ. 96



- [Εικόνες 114-117 / Σελ. 48-49]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.5 & Πίν. 6.φ.2, 6.5 Σελ. 100-101
- [Εικόνα 118 / Σελ. 50]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.1, Σελ. 95
- [Εικόνα 119 / Σελ. 50]  
Σύγγραμμα (Γ), 3.25, σελ. 83
- [Εικόνα 120 / Σελ. 50]  
Uronor, [Σύστημα Contect](#)
- [Εικόνα 121 / Σελ. 50]  
Seasonal heat storage for heating of buildings, H.A. Zondag,  
ECN – Energy research Center of the Netherlands, TU/e Energyday 8, 11/02/2010, Σελ.7
- [Εικόνα 122/ Σελ. 51]  
Rehau, [Έντυπο Γεωθερμίας](#), Σελ. 3, Εικ. 1 & 2
- [Εικόνα 123 / Σελ. 51]  
Seasonal heat storage for heating of buildings, H.A. Zondag,  
ECN – Energy research Center of the Netherlands, TU/e Energyday 8, 11/02/2010, Σελ.8
- [Εικόνα 124/ Σελ. 51]  
Ο πάσσαλος θεμελίωσης ως γεωεναλλάκτης: διερευνήσεις για τη θερμική του συμπεριφορά.  
Μπόζης Δημήτριος, [Διδακτορική Διατριβή 2001](#), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.  
Εικ. 1.13 σελ. 23
- [Εικόνα 125 / Σελ. 51]  
Άνωθεν Σύγγραμμα, Εικ. 1.17, Σελ. 27
- [Εικόνα 126 / Σελ. 51]  
Άνωθεν Σύγγραμμα, Εικ. 1.20, Σελ. 29
- [Εικόνες 127-130 / Σελ. 52]  
Seasonal heat storage for heating of buildings, H.A. Zondag,  
ECN – Energy research Center of the Netherlands, TU/e Energyday 8, 11/02/2010, Σελ.12-16
- [Εικόνες 131-133 / Σελ. 53]  
Άνωθεν Σύγγραμμα, Σελ. 19-21
- [Εικόνα 134-135 / Σελ. 53]  
Solarhouse III, [Schwarz Architekten](#), 2000 Ebnet-Kappel CH  
Awarded the Swiss Solar Prize 2001, Energy Standard: Zero-energy building
- [Εικόνα 136 / Σελ. 54]  
A Critical Review of Thermochemical Energy Storage Systems, Ali H. Abedin and Marc A. Rosen, The Open Renewable Energy Journal, 2011, 4, 42-46, Σχήμα 1, Σελ.44
- [Εικόνα 137 / Σελ. 54]  
Institute of Engineering Thermodynamics (DLR), [Thermal Process Technology](#)
- [Εικόνα 138 / Σελ. 54]  
A Critical Review of Thermochemical Energy Storage Systems, Ali H. Abedin and Marc A. Rosen, The Open Renewable Energy Journal, 2011, 4, 42-46, Σελ.45, Πίνακας 2,
- [Εικόνα 139 / Σελ. 55]  
BlogSpot - [EnviFriends](#)
- [Εικόνα 140 / Σελ. 55]  
Meteo, [Ισχυρό μετέμι \(13/08/2016\)](#)
- [Εικόνα 141 / Σελ. 55]  
Ιστιοπλοϊκή ιστοσελίδα, [1Yachtua](#)
- [Εικόνα 142-143 / Σελ. 56]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.54-3.53, σελ. 101
- [Εικόνα 144 / Σελ. 57]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.12, Σελ. 106
- [Εικόνα 145 / Σελ. 57]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.14, Σελ. 106
- [Εικόνα 146 / Σελ. 57]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.50, σελ. 100
- [Εικόνα 147 / Σελ. 57]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.13, Σελ. 106



- [Εικόνα 148 / Σελ. 57]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 10.11, Σελ. 166
- [Εικόνα 149-150 / Σελ. 57]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.51-3.52, σελ. 100
- [Εικόνα 151 / Σελ. 58]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.8, Σελ. 104
- [Εικόνα 151 / Σελ. 59]  
ADVANCES IN THE APPLICATION OF PASSIVE DOWN-DRAFT EVAPORATIVE COOLING TECHNOLOGY IN THE COOLING OF BUILDINGS, DAEHO KANG, [Διατριβή Διδακτορικού](#), University of Illinois at Urbana-Champaign, 2011. Εικ. 2.1, Σελ. 10
- [Εικόνα 152 / Σελ. 59]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.12δ, Σελ. 105
- [Εικόνα 153-154 / Σελ. 59]  
Architectural Fluid Dynamics, [Iranian Wind Towers](#)
- [Εικόνα 155 / Σελ. 59]  
Wind Towers of Yazd, [Financial Tribune](#) 9/9/2014
- [Εικόνα 156 / Σελ. 60]  
ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ, Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010  
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ, Σχ. 4.19 σελ. 62
- [Εικόνα 157-158 / Σελ. 60]  
DETAIL Inspiration, [Office Building in Solihull](#)
- [Εικόνα 159 / Σελ. 60]  
Σύγγραμμα (A), 116
- [Εικόνα 160 / Σελ. 60]  
Arup Associates, [ARUP CAMPUS](#)
- [Εικόνα 161 / Σελ. 60]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 10.12α, Σελ. 167
- [Εικόνα 162 / Σελ. 61]  
GREENPEACE, [Όλα όσα πρέπει να ξέρεις πριν αγοράσεις αντλία θερμότητας](#)
- [Εικόνα 163 / Σελ. 62]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.17, Σελ. 106
- [Εικόνα 164 / Σελ. 62]  
Σύγγραμμα (Γ), Εικ. 3.56, σελ. 103
- [Εικόνα 165-166 / Σελ. 63]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.19, Σελ. 107
- [Εικόνα 167 / Σελ. 63]  
Tower of Silence Wind Towers and Ice Chamber Yazd Iran, [Wikimedia Commons](#), Julia Maudlin
- [Εικόνα 168 / Σελ. 64]  
ADVANCES IN THE APPLICATION OF PASSIVE DOWN-DRAFT EVAPORATIVE COOLING TECHNOLOGY IN THE COOLING OF BUILDINGS, DAEHO KANG, [Διατριβή Διδακτορικού](#), University of Illinois at Urbana-Champaign, 2011, Εικ. 2.2, Σελ. 10
- [Εικόνα 169 / Σελ. 64]  
Green Building Brain, [Zion Visitor Centre](#)
- [Εικόνα 170 / Σελ. 65]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.1, Σελ. 95
- [Εικόνα 171 / Σελ. 65]  
MIMOA, Mi Modern Architecture, [Malta Stock Exchange](#)
- [Εικόνα 172 / Σελ. 65]  
EULEB, European High Quality Low Energy Buildings, [Malta Stock Exchange](#)
- [Εικόνα 173 / Σελ. 66]  
Σύγγραμμα (B), χ. 6.20, Σελ. 109
- [Εικόνα 174 / Σελ. 66]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.1, Σελ. 95



- [Εικόνα 175 / Σελ. 66]  
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ  
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΣΑΡΩΝΙΔΑ, Εικ. 2.13, Σελ. 34
- [Εικόνα 176 / Σελ. 67]  
Living with the Sun – Arizona Style, [Arizona Solar Center](#)
- [Εικόνα 177 / Σελ. 67]  
Σύγγραμμα (B), Σχ. 6.22, Σελ. 111

