

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜ. ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ενεργειακή Διαχείριση & Εξοικονόμηση Ενέργειας

ΔΙΑΛΕΞΗ 08: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΛΕΞΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΤΟ ΚΛΙΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΚΤΗΡΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΣΩΚΛΙΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΤΗΡΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- Το κλίμα αναφέρεται στη μέση καιρική κατάσταση, δηλαδή στη σύνθεση του καιρού για μια μεγάλη χρονική περίοδο, συνήθως 30 χρόνων, που είναι απαραίτητη για την απαλοιφή των σφαλμάτων και την εδραίωση στατιστικών παραμέτρων.
- Περιλαμβάνει το σύνολο των ατμοσφαιρικών συνθηκών, μεταξύ αυτών τη θερμότητα, την υγρασία, τις κατακρημνίσεις και την κίνηση του αέρα και προσδιορίζεται από τις μέσες τιμές τους.
- Το κλίμα είναι ανεξάρτητο από οποιαδήποτε στιγμιαία κατάσταση.
- 3 κατηγορίες κλίματος:

Κλίμακα	Μήκος	Εμβαδό	Χωρική κλίμακα
Μικρόκλιμα	1 m - 1km	$1 \text{ m}^2 - 1\text{km}^2$	Τοπική
Μεσόκλιμα	1 km – 100 km	$1 \text{ km}^2 - 100 \text{ km}^2$	Περιφερειακή
Μακρόκλιμα	100 km – 10.000 km	$100 \text{ km}^2 - 10.000 \text{ km}^2$	Ηπειρωτική



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Το μακροκλίμα – 5 βασικοί κλιματικοί τύποι:

- Υγρό τροπικό κλίμα: Χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου (τύπος A).
- Ξηρό κλίμα: Χαρακτηρίζεται από λίγες βροχοπτώσεις και μεγάλη ημερήσια θερμοκρασιακή διακύμανση (τύπος B). Στο ξηρό κλίμα ανήκουν οι υποκατηγορίες: S - στέπα και W - έρημος.
- Υγρό μέσου γεωγραφικού πλάτους κλίμα: Χαρακτηρίζεται από ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και κρύους και υγρούς χειμώνες (τύπος C).
- Εύκρατο κλίμα: Η συνολική ετήσια κατακρήμνιση δεν είναι πολύ υψηλή, ενώ οι εποχιακές θερμοκρασίες διαφέρουν σημαντικά (τύπος D).
- Κρύο κλίμα: Μόνο για 4 μήνες το χρόνο η θερμοκρασία είναι υψηλότερη του 0°C και το χιόνι είναι σχεδόν μόνιμο (τύπος E).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Κλίμα στην Ελλάδα-Μεσογειακό:

- Ανήκει στην κατηγορία C του συστήματος κατάταξης του Köppen.
- οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι σπάνιες, με εξαίρεση κάποιες καταιγίδες, ενώ το χειμώνα πολικά αέρια ρεύματα και περιοδικές καταιγίδες φτάνουν μέχρι τα χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη και προκαλούν βροχή, με χιόνι στα μεγαλύτερα υψόμετρα.
- Το ελληνικό κλίμα χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλομορφία, λόγω της γεωγραφικής θέσης της χώρας, του έντονου ανάγλυφου και της κατανομής μεταξύ του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας και της θάλασσας.
- Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε 2 εποχές:
 - Στην ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο: μέσα του Οκτωβρίου μέχρι τέλος Μαρτίου.
 - Στη θερμή και άνομβρη εποχή: από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- **Μεσόκλιμα:**
 - **Είναι το κλίμα μικρών εκτάσεων της επιφάνειας της γης με ιδιαίτερα ευδιάκριτα στοιχεία.** Το κλίμα μιας τέτοιας έκτασης δεν μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό του κλίματος της ευρύτερης περιοχής, στην οποία η έκταση ανήκει.
 - Τα **γεωφυσικά χαρακτηριστικά** ενός τόπου, η **βλάστηση**, καθώς και οι **ανθρωπογενείς επεμβάσεις** καθορίζουν το μεσόκλιμα.
 - Τα στοιχεία του μεσοκλίματος χρησιμοποιούνται για τη χωροθέτηση οικισμών και για το σχεδιασμό των πόλεων και των κτηρίων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Μικρόκλιμα:

- Αναφέρεται στο κλίμα του αερίου στρώματος ανάμεσα στην επιφάνεια του εδάφους και του ύψους εκείνου, επάνω από το οποίο ο χαρακτήρας της υποκείμενης επιφάνειας δεν μπορεί να επηρεάσει το κλίμα της περιοχής. Αυτό το ύψος δεν είναι καθορισμένο και εξαρτάται από το ύψος των επιφανειακών δομών και ανωμαλιών. Δηλαδή μικρόκλιμα είναι το κλίμα ενός μικρού, συγκεκριμένου τόπου μέσα σε μια περιοχή.
- Ανάλογα με το ύψος της υποκείμενης επιφάνειας, το μικρόκλιμα υποδιαιρείται σε **αστικό μικρόκλιμα**, **μικρόκλιμα χλοερής επιφάνειας**, **κρυπτόκλιμα** (οικιών, σπηλαίων και γενικά περιορισμένων χώρων), **φυτόκλιμα** (μικρόκλιμα στην επιφάνεια των φυτών, του χώρου που καταλαμβάνουν οι φυτοκοινωνίες, του χώρου ανάμεσα στα φυτά) κ.τ.λ.
- Τα στοιχεία του μικροκλίματος χρησιμοποιούνται στο **σχεδιασμό των υπαίθριων χώρων, των κτηρίων και του περιβάλλοντος χώρου τους**. Παρέχουν επίσης πληροφορίες για τη δυνατότητα επέμβασης για την τροποποίηση ή μεταβολή του μικροκλίματος.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Στοιχεία του κλίματος:

- Η ηλιακή ακτινοβολία, με παραμέτρους την ηλιοφάνεια και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η θερμοκρασία του αέρα.
- Η θερμοκρασία εδάφους (επιφανειακή και βάθους).
- Η θερμοκρασία των υδάτων.
- Ο αέρας, με παραμέτρους την ένταση και τη διεύθυνση.
- Η ατμοσφαιρική πίεση.
- Η υγρασία, με παραμέτρους τη σχετική υγρασία του αέρα και τη βροχόπτωση.
- Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα: βροχή, χιόνι, χαλάζι.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- Αστικό κλίμα-παράγοντες που το επηρεάζουν:
 - Η δομή και η γεωμετρία των υφιστάμενων κατασκευών
 - Οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες των οικοδομικών υλικών και των επιστρώσεων
 - Η έλλειψη υδάτινου στοιχείου για εξάτμιση.
 - Η βροχόπτωση που είναι μεγαλύτερη. Όμως το νερό απάγεται πιο γρήγορα με τις σκληρές επιφάνειες και το αποχετευτικό σύστημα.
 - Η μειωμένη παρουσία πρασίνου.
 - Ο αστικός ιστός που δυσχεραίνει και παρεμποδίζει την ελεύθερη κίνηση του αέρα.
 - Η αυξημένη θερμότητα που απορρίπτεται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.
 - Η ρύπανση της ατμόσφαιρας, η οποία επαυξάνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

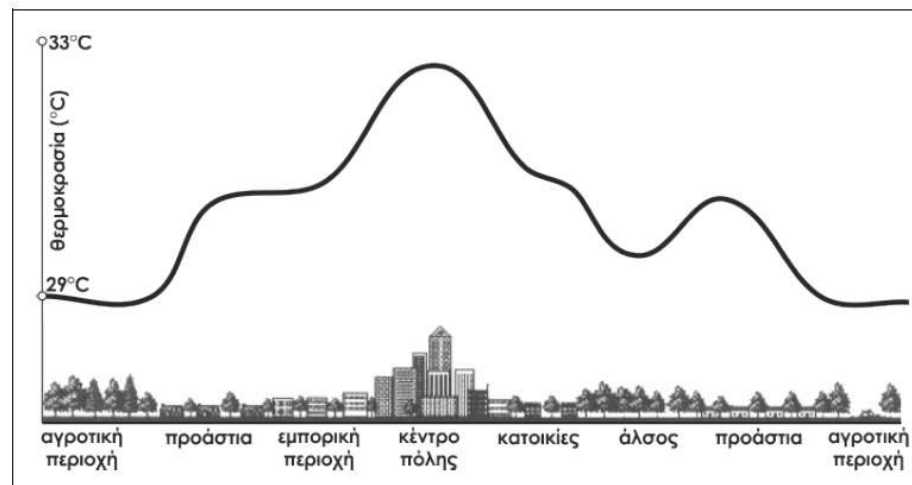
- Φαινόμενο θερμικής νήσου ή θερμονησίδας:
 - υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα με θερμοκρασία κατά 5-8°C μεγαλύτερη από της υπαίθρου (ανάλογα και με το μέγεθος της πόλης),
 - ηλιοφάνεια μικρότερη κατά 15% (ή μείωση μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια του χειμώνα και των πρωινών και απογευματινών ωρών,
 - ετήσια σχετική υγρασία κατά περίπου 6% μικρότερη απ' ό,τι στην ύπαιθρο,
 - βροχόπτωση και συννεφιά κατά 10% μεγαλύτερη απ' ό,τι στην ύπαιθρο,
 - απουσία ανέμων και μικρότερη ταχύτητα ανέμων,
 - ατμοσφαιρική ρύπανση.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Το κέντρο της πόλης

- ο αστικός ιστός είναι πυκνότερος, είναι θερμότερο από τα προάστια
 - Οι μέγιστες διαφορές στη θερμοκρασία εμφανίζονται τη νύχτα (με καθαρό ουρανό και άπνοια). Την ημέρα η διαφορά μειώνεται ή και αντιστρέφεται. Σε παραθαλάσσιες πόλεις μπορεί να δημιουργηθεί θερμοκρασιακή αναστροφή μετά το μεσημέρι κατά την καλοκαιρινή περίοδο.
 - Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται εξαρτάται από το χρώμα και την υφή των επιφανειών του αστικού ιστού .
 - Δημιουργείται διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας: Κοντά στο έδαφος εμφανίζεται το βράδυ θερμοκρασία μεγαλύτερη κατά 1-2 °C από τα υψηλότερα αέρια στρώματα.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- Τα κτήρια κτισμένα εκατέρωθεν του δρόμου δημιουργούν **τα αστικά φαράγγια ή αστικές χαράδρες**.
 - Οι κατακόρυφες όψεις των κτηρίων μεταβάλλουν τη διαστρωμάτωση των θερμοκρασιών και τα ανεμολογικά δεδομένα (όπως οι κοιλάδες).
 - Τα ψηλά κτήρια και η διοχέτευση του αέρα μέσα από τα στενά φαράγγια των δρόμων προκαλούν πολύπλοκες κινήσεις με δίνες και στροβίλους.
 - Η ροή του ανέμου στον αστικό ιστό εξαρτάται από τη διεύθυνση του ανέμου σε σχέση με τον προσανατολισμό του δρόμου και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου (ύψος κτηρίων, πλάτος και μήκος δρόμου).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Κλιματολογικοί παράγοντες & ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίου

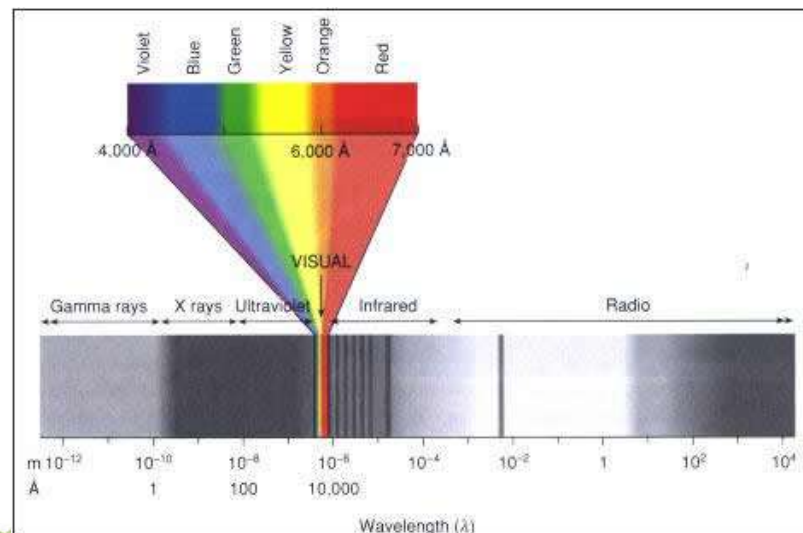
- Οι κυριότεροι κλιματικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό των ανοικτών και κλειστών χώρων είναι:
 - Η ηλιακή ακτινοβολία (ένταση ακτινοβολίας και διάρκεια ηλιασμού).
 - Η θερμοκρασία του αέρα.
 - Η θερμοκρασία εδάφους.
 - Ο άνεμος (ταχύτητα και διεύθυνση).
 - Η υγρασία του αέρα (σχετική υγρασία ή πίεση υδρατμών).
 - Η βροχή και οι κατακρημνίσεις (ύψος βροχής).
- Για την αξιοποίηση των κλιματικών παραγόντων απαιτείται:
 - Ανάλυση του ετήσιου κλιματικού κύκλου.
 - Ποσοτική έκφραση των κλιματικών παραγόντων με μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές.
 - Προσδιορισμός των απαραίτητων για την περιοχή κλιματικών παραγόντων και εύρος τιμών: ωριαίων, μέσων ημερήσιων, μέσων μηνιαίων κ.ο.κ.
- Οι κλιματικές συνθήκες σχεδιασμού για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού & κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, αναφέρονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Ηλιακή ακτινοβολία

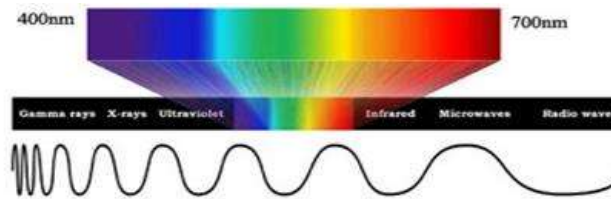
- είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παίρνει η γη από τον ήλιο.
- Η κατανομή της ενέργειας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ως συνάρτηση του μήκους κύματος, ονομάζεται **φάσμα** και αναλύεται ως εξής:
 - ακτίνες γ και χ ($\lambda < 10 \text{ \AA}$)
 - υπεριώδες (UV) με μήκος κύματος 100 nm - 400 nm
 - ορατό τμήμα (Vis) με μήκος κύματος 400 nm - 740 nm
 - υπέρυθρο τμήμα (IR) με μήκος κύματος 740 nm - 4000 nm
 - μικροκύματα και ραδιοκύματα ($\lambda > 1000 \mu\text{m}$)





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- Η ορατή ακτινοβολία ή φυσικό φως (ακτινοβολία μικρού μήκους)
 - αποτελεί περίπου το 45% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας και το υπέρυθρο τμήμα (θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους) το 46%.
 - Τα κύματα του ορατού φάσματος με διαφορετικό μήκος προκαλούν αίσθηση φωτός με διαφορετικό χρωματισμό. Το φάσμα διαιρείται σε 7 περιοχές:



Περιοχή	Εύρος μηκών κύματος	Το χρώμα
Κόκκινου (Red)	760 nm - 630 nm	Κόκκινο (R)
Πορτοκαλί (orange)	630 nm - 600 nm	700 nm Πορτοκαλί
Κίτρινου (Yellow)	600 nm - 570 nm	620 nm Κίτρινο
Πράσινου (Green)	570 nm - 490 nm	580 nm Πράσινο (G)
Μπλε (Blue)	490 nm - 450 nm	530 nm Μπλε (B)
Ιώδους (Violet)	400 nm - 440 nm	475 nm Ιώδες (μωβ)
		440 nm
*Ινδικό (indigo) του Νεύτωνα	450 nm - 440 nm	



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- Η ηλιακή ακτινοβολία
 - Η ποσότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια του ήλιου είναι $3,91 \cdot 10^{26} \text{W}$. Μόνον τα $1,8 \cdot 10^{16} \text{W}$ (λιγότερο από τα 2 δισεκατομμυριοστά της συνολικής εκπεμπόμενης ηλιακής ενέργειας) φτάνει στα ανώτερα όρια της γήινης ατμόσφαιρας
- Η ηλιακή ακτινοβολία (S) που φτάνει στα όρια της γήινης ατμόσφαιρας:
 - διαπερνά την ατμόσφαιρα,
 - διαχέεται μετά από σκέδαση σε αιωρούμενα σωματίδια και επανακτινοβολείται στο διάστημα ή διαπερνά την ατμόσφαιρα,
 - απορροφάται (λόγω της ύπαρξης οξυγόνου, όζοντος, διοξειδίου του άνθρακα, υδρατμών, ατμοσφαιρικού κονιορτού) και επανεκπέμπεται ως ακτινοβολία μεγάλου μήκους.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- περίπου το 35% της ακτινοβολίας που φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας ανακλάται πίσω στο διάστημα και το υπόλοιπο φτάνει στη γη.
- Η συνολική ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στη γη αποτελείται από δύο επί μέρους συνιστώσες:
 - Από την άμεση ακτινοβολία (δέσμη παράλληλων ακτίνων προερχόμενη απευθείας από τον ήλιο). Η άμεση ακτινοβολία έχει διεύθυνση που καθορίζεται από τη θέση του ήλιου στον ουράνιο θόλο (ηλιακή γεωμετρία).
 - Από τη διάχυτη ακτινοβολία (μετά από σκέδαση σε αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας). Η διάχυτη ακτινοβολία δεν έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και το ποσοστό της εξαρτάται από το ύψος ηλίου, το υψόμετρο του τόπου, την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε αιωρούμενα σωματίδια, το μέγεθος και το είδος των νεφών και την ανακλαστικότητα του εδάφους (λευκαύγεια - albedo).
- **Η ολική ηλιακή ακτινοβολία είναι το άθροισμα της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας**



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- **Από την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης:**
 - ένα μέρος απορροφάται και εκπέμπεται ως θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος και είναι η **γήινη ακτινοβολία (L.W. radiation)** και
 - ένα μέρος ανακλάται ως ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος το μέγεθος του οποίου εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας (συντελεστής ανάκλασης ή albedo) και είναι η **ανακλώμενη ακτινοβολία**.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας

- Είναι η ενέργεια που διέρχεται κατά μια διεύθυνση στη μονάδα του χρόνου και της στερεάς γωνίας από τη μονάδα της επιφάνειας που τοποθετείται κάθετα σ' αυτή τη διεύθυνση. Οι μονάδες μέτρησης είναι: $\text{cal/cm}^2/\text{min}$ ή $\text{kcal/cm}^2/\text{h}$ ή W/m^2 .
- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μετριέται με τα πυρανόμετρα και μεταβάλλεται ανάλογα με τις εποχές και τη γεωμετρία της επιφάνειας που προσπίπτει.
- Εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:
 - Από αστρονομικούς παράγοντες
 - Από γεωγραφικούς παράγοντες
 - Από γεωμετρικούς παράγοντες



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- **Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα**
 - Στην Ελλάδα παρατηρείται αύξηση των τιμών της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας από βορρά προς νότο με μεγαλύτερες τιμές στη Ρόδο και Κρήτη (5860 -6100 MJ/m²/έτος).
 - Οι μέσες μηνιαίες τιμές κυμαίνονται από 150 έως 780 MJ/m²/μήνα.
 - Οι μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες τιμές παρατηρούνται τον Ιούλιο (τον Ιούλιο επικρατούν οι ετήσιοι άνεμο, με αποτέλεσμα τη νεφοδιάλυση).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Ηλιοφάνεια

- Θεωρητική ή αστρονομική ηλιοφάνεια (για μια ορισμένη ημερομηνία) είναι η μέγιστη χρονική διάρκεια (από την ανατολή έως τη δύση του ήλιου), κατά την οποία ο ήλιος βρίσκεται επάνω από τον ορίζοντα του τόπου, δηλαδή η μέγιστη χρονική διάρκεια κατά την οποία η άμεση ηλιακή ακτινοβολία φτάνει μέχρι την επιφάνεια του εδάφους.
- Μετρούμενη ή πραγματική ηλιοφάνεια (για μια ορισμένη ημερομηνία) είναι η χρονική διάρκεια, κατά την οποία ο ήλιος βρίσκεται επάνω από τον ορίζοντα του τόπου, λαμβάνοντας υπόψη και τα αντικείμενα που ορίζουν τον ορίζοντα του τόπου (π.χ. βουνά) και την παρουσία της νέφωσης.
- Η ηλιοφάνεια, ανάλογα με τη χρονική περίοδο που χρησιμοποιείται, διακρίνεται σε:
 - ηλιοφάνεια ώρας,
 - ηλιοφάνεια ημέρας,
 - ηλιοφάνεια μήνα,
 - ηλιοφάνεια έτους.



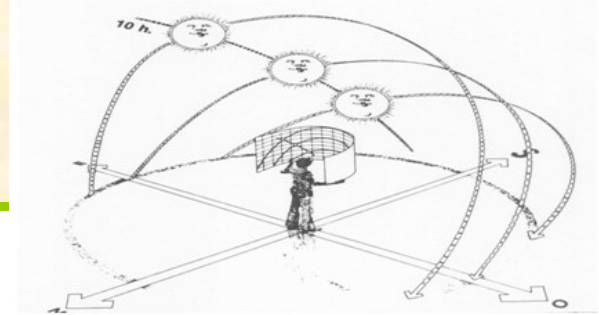
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Ηλιοφάνεια

- Η ηλιοφάνεια μετριέται με τους ηλιογράφους ή υπολογίζεται έμμεσα με τη βοήθεια μετρήσεων - παρατηρήσεων της νέφωσης και χρησιμοποιείται και για την έμμεση εκτίμηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα τόπο.
- **Στην Ελλάδα:**
- οι μικρότερες τιμές ηλιοφάνειας (περίπου 2200 ώρες ετησίως) σημειώνονται επάνω από τις ΒΔ περιοχές της χώρας.
- Οι μεγαλύτερες τιμές (περίπου 3000 ώρες ετησίως) σημειώνονται επάνω από την περιοχή των Δωδεκανήσων.
- Οι μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες τιμές ηλιοφάνειας (300-390 ώρες) σημειώνονται στη διάρκεια των θερινών μηνών.
- Οι μικρότερες μέσες μηνιαίες τιμές ηλιοφάνειας (μέχρι και 70 ώρες) σημειώνονται στη διάρκεια των χειμερινών μηνών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ



■ Ηλιακά Διαγράμματα:

- Κάθε ηλιακό διάγραμμα αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος.
- Ο παρατηρητής στο κέντρο του διαγράμματος.
- Χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσης του ήλιου, τον υπολογισμό της διάρκειας ηλιασμού σε έναν τόπο, για τον έλεγχο του ηλιασμού και της σκίασης υπαίθριων χώρων, τον προσδιορισμό της σκιάς που προκαλούν τα κτήρια, τον έλεγχο του ηλιασμού των κατακόρυφων επιφανειών (χωρίς εμπόδια και με εμπόδια), τον υπολογισμό του ηλιασμού και της σκίασης στο εσωτερικό των κτηρίων, τον υπολογισμό του φυσικού φωτισμού κ.τ.λ.
 - Διαγράμματα οριζόντιας προβολής: Περιλαμβάνουν την ισοαποστατική, τη στερεογραφική, και άλλους τρόπους προβολής της κίνησης του ήλιου σε οριζόντιο επίπεδο. Η κίνηση του ήλιου παρουσιάζεται σαν μια πανοραμική (180.) φωτογραφία.
 - Διαγράμματα κυλινδρικής προβολής: Παρουσιάζουν τον ημισφαιρικό ουράνιο θόλο σαν ένα κυλινδρικό δίσκο, με το κέντρο του να αντιστοιχεί στο ζενίθ, δηλαδή απολύτως κατακόρυφα επάνω από το κεφάλι του παρατηρητή.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Θερμοκρασία αέρα :

■ Γίνεται αντιληπτή:

- **αισθητή θερμότητα:** Το αποτέλεσμα, δηλαδή η αισθητή θερμοκρασία, μπορεί να μετρηθεί απευθείας με τη βοήθεια ενός οργάνου
- **λανθάνουσα θερμότητα,** που παράγεται κατά τη διάρκεια ορισμένων φυσικών διεργασιών, όπως εξάτμιση, συμπύκνωση, κ.τ.λ.

■ Τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας θερμαίνονται:

- άμεσα με τη μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία
- έμμεσα από τη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (γήινη ακτινοβολία)

■ Μετάδοση θερμότητας (3 τρόποι):

- Με αγωγιμότητα: Ο αέρας θερμαίνεται με την απευθείας επαφή με το έδαφος.
- Με μεταφορά: Ο αέρας θερμαίνεται από τη γη, διαστέλλεται και ανέρχεται. Νέος ψυχρός αέρας κατέρχεται για να καταλάβει το «κενό» που δημιουργήθηκε και θερμαίνεται από τη γη
- Με ακτινοβολία: Η γη δέχεται τη μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία. Κατόπιν η γη ακτινοβολεί μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία) και θερμαίνει τον αέρα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Παράγοντες που διαμορφώνουν τη θερμοκρασία ενός τόπου:

- Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται ο τόπος.
- Το υψόμετρο του τόπου.
- Η δυνατότητα (λόγω ανάγλυφου του εδάφους) και η συχνότητα μεταφοράς θερμότητας με οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις αέριων μαζών.
- Τα ποσά της θερμότητας που εκλύονται ή προσλαμβάνονται κατά τους μηχανισμούς της συμπύκνωσης ή της εξάτμισης του νερού.
- Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους που συνδέονται και με την ανακλαστικότητα και τη φυτοκάλυψή του.
- Τα θαλάσσια ρεύματα που τυχόν περνούν κοντά από τον τόπο.

- Παρατηρείται **ελάττωση της θερμοκρασίας του αέρα στην ατμόσφαιρα, καθ' ύψος**. Ελλάδα ανά 100m από 0,50 έως 0,70°C.

- Η θερμοκρασία του αέρα μετριέται **«υπό σκιά»** μέσα σε ειδικό στέγαστρο (μετεωρολογικό κλωβό) και σε ύψος 1,5 - 2,0 m από το έδαφος



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

- **Μετρούμενες τιμές θερμοκρασίας του αέρα:**
 - **Η απολύτως μέγιστη (T_{max}) και ελάχιστη (T_{min}) τιμή της θερμοκρασίας του αέρα που σημειώνεται στον εξεταζόμενο τόπο κατά τη διάρκεια της περιόδου που μελετάται (24-ωρο, μήνα, έτος).**
 - **Η μέση ημερήσια τιμή (T_d) της θερμοκρασίας.** Εάν οι μετρήσεις στο μετεωρολογικό σταθμό γίνονται κάθε ώρα, τότε η μέση ημερήσια είναι ο μέσος όρος των 24 τιμών. Εάν καταγράφονται τιμές θερμοκρασίας για τις ώρες της ημέρας, 8:00, 14:00 και 20:00, τότε για τον υπολογισμό της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας χρησιμοποιείται ένας από τους παρακάτω εμπειρικούς τύπους:
 - $T_d = \frac{1}{2} (T_{max} + T_{min})$
 - $T = \frac{1}{3} (T_8 + T_{14} + T_{20})$
 - $T = \frac{1}{4} (T_8 + T_{14} + 2T_{20})$
 - **Ο τελευταίος τύπος εφαρμόζεται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) για τον υπολογισμό της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας σε ολόκληρο το δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών της.**



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Μετρούμενες τιμές θερμοκρασίας του αέρα:

- Η μέση μηνιαία θερμοκρασία (T_{mo}): ο μέσος όρος των μέσων ημερήσιων τιμών κάθε μήνα.
- Η μέση μηνιαία κανονική θερμοκρασία ($T_{mo(normal)}$): ο μέσος όρος των μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές από πλήθος ετών (συνήθως 30 ετών).
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία (T_E) υπολογίζεται από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας των 12 μηνών.
- Το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος ($HΘΕ$): η διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας στο 24ωρο.

$$HΘΕ = T_{max} - T_{min}$$

- Το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος ($EΘΕ$): η διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του αέρα του ψυχρότερου μήνα από τη μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα, που σημειώνονται μέσα στο έτος.

$$EΘΕ = T_{mo} (\text{θερμότερου}) - T_{mo} (\text{ψυχρότερου})$$



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης:

- Οι **βαθμοημέρες** μιας ημέρας είναι ένα λογιστικό μέγεθος, που ορίζεται ως το **άθροισμα της θετικής διαφοράς της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, αφαιρούμενης από μια προκαθορισμένη θερμοκρασία** (18°C ή 20°C για την περίοδο θέρμανσης και 26°C για την περίοδο ψύξης), υπολογισμένη για τις **24 ώρες της ημέρας**.
- Το άθροισμα των ημερησίων βαθμοημερών για την περίοδο θέρμανσης είναι χαρακτηριστικό μέγεθος που προσδιορίζει και τη δριμύτητα του κλίματος.
- Στην **Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010** δίνονται αναλυτικά οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης για διάφορες περιοχές της Ελλάδας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ **Θερμοκρασία εδάφους:**

- **θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους** (θερμοκρασία του γυμνού εδάφους & θερμοκρασία του χλοερού εδάφους) μετριέται στην επιφάνεια και σε 10 cm ύψος επάνω από την επιφάνεια του εδάφους.
- **θερμοκρασία βάθους εδάφους** (Αμετάβλητο στρώμα: το βάθος στο οποίο μηδενίζονται οι ετήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εδάφους. Κάτω από αυτό το στρώμα η θερμοκρασία αυξάνεται με το βάθος. Κατά μέσο όρο η γεωθερμική βαθμίδα λαμβάνεται ίση με $1^{\circ}\text{C} / 33 \text{ m}$).

■ **Η ΘΕ εξαρτάται από:**

- την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο έδαφος,
- την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται από το έδαφος,
- παράγοντες που επιδρούν στη θερμοκρασιακή συμπεριφορά του εδάφους, δηλαδή τα φυσικά χαρακτηριστικά του (άργιλο, άμμο, πέτρα κ.τ.λ.), τη θερμοχωρητικότητά του (που εξαρτάται και από την υγρασία και τον περιεχόμενο σε αυτό αέρα).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Ο άνεμος:

- Είναι η οριζόντια μετακίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα. Αποτελεί βασικό κλιματικό στοιχείο και σε ορισμένες περιπτώσεις δημιουργεί και χαρακτηριστικό τύπο κλίματος (π.χ. κλίμα μουσώνων).
- Οι παράγοντες που δημιουργούν και διαμορφώνουν την κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα είναι:
 - η ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από την ατμόσφαιρα,
 - η ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από την επιφάνεια του εδάφους,
 - το ανάγλυφο του εδάφους,
 - η περιστροφική κίνηση της γης γύρω από τον άξονά της.
- Ο άνεμος προσδιορίζεται από δύο στοιχεία: τη διεύθυνση και την ένταση.
 - Ως διεύθυνση ορίζεται το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος.
 - Η ένταση εκφράζεται με την ταχύτητα ή την πίεση που ασκεί ο άνεμος επάνω στην επιφάνεια των διαφόρων σωμάτων.
- Η πίεση (P) και η ταχύτητα (V) συνδέονται με τη σχέση:

$$P = k \cdot V^2$$

όπου k είναι μια σταθερά που εξαρτάται από το σχήμα της επιφάνειας και την πυκνότητα του ανέμου.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Η υγρασία:

- Η ατμόσφαιρα (κυρίως το κατώτερο τμήμα) περιέχει μια μεταβλητή ποσότητα νερού σε: αέρια, υγρή & στερεή κατάσταση.
- Το νερό που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα προέρχεται από την εξάτμιση του νερού στις διάφορες υδάτινες επιφάνειες. Το νερό με τα ατμοσφαιρικά υδατώδη κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.τ.λ.) από την ατμόσφαιρα ξαναγυρίζει στην επιφάνεια της γης.
- Η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί τους υδρατμούς εξαρτάται από:
 - την ατμοσφαιρική πίεση (σχετικά ασήμαντη παράμετρος),
 - τη θερμοκρασία. Αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα επιτρέπει κατακράτηση μεγαλύτερης ποσότητας υδρατμών, ενώ μείωση της θερμοκρασίας την περιορίζει.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑ

■ Ορισμοί:

- Απόλυτη υγρασία: η ποσότητα των υδρατμών του αέρα, που περιέχονται στη μονάδα του όγκου του (kg/m^3).
- Ποσότητα κορεσμού: η μέγιστη ποσότητα υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει ο αέρας στη μονάδα του όγκου του για μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, τη θερμοκρασία (σημείο) δρόσου ή κορεσμού (θ_s). Στην περίπτωση που ο αέρας περιέχει μια τέτοια οριακή ποσότητα υδρατμών είναι «κορεσμένος» σε υδρατμούς. Διαφορετικά, είναι «ακόρεστος» σε υδρατμούς.
- Σχετική υγρασία: το πηλίκο της συγκέντρωσης των μορίων υδρατμού (C) που υπάρχουν σε κάποια συγκεκριμένη θερμοκρασία προς τη συγκέντρωση των μορίων σε κατάσταση κορεσμού (C_s) στον ίδιο όγκο αέρα και στην ίδια θερμοκρασία

$$\varphi = (C / C_s) \times 100\%$$

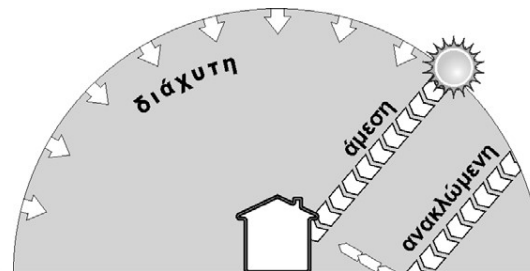


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΚΤΗΡΙΟ

■ Ηλιακή ακτινοβολία & ηλιακή γεωμετρία

■ Ξσυνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία προσπίπτει στα κτήρια,

- Η **άμεση ηλιακή ακτινοβολία**, που προέρχεται από την απευθείας έκθεση των δομικών στοιχείων του κτηρίου στον ήλιο. Έχει κατά κανόνα το μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο και συνεπώς παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο πλαίσιο του ενεργειακού σχεδιασμού των κτηρίων.
- Η **διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία**, που προέρχεται από το σύνολο του ουράνιου θόλου, ο οποίος είναι ορατός από τα δομικά στοιχεία του κτηριακού κελύφους. Παρόλο που έχει κατά κανόνα μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, αποτελεί αξιόλογο μέρος του ηλιακού κέρδους στα κτήρια, ενώ καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ένταση και την ποιότητα του φυσικού φωτισμού σ' αυτά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- Η **ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία**, που εξαρτάται από τη γεωμετρία της περιοχής του κτηρίου, τα επιφανειακά υλικά των δαπέδων αλλά και των κατακόρυφων επιφανειών που βρίσκονται σε οπτική επαφή με το κτήριο (π.χ. γειτονικά κτήρια).

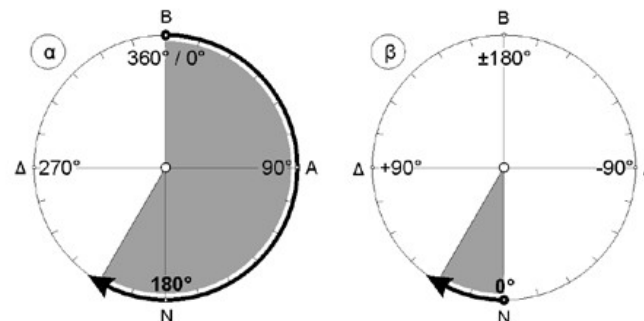
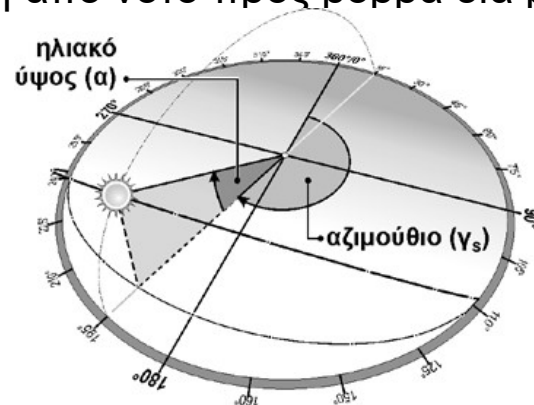




ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΚΤΗΡΙΟ

■ Ηλιακή γεωμετρία

- Το **ηλιακό ύψος (α)**, είναι η κατακόρυφη γωνία που σχηματίζει ο ορίζοντας με την ευθεία, η οποία ενώνει αυτό το σημείο με τη θέση του ήλιου στον ουράνιο θόλο.
- Το **αζιμούθιο** είναι η οριζόντια γωνία μεταξύ της ευθείας που ενώνει το σημείο με την προβολή της θέσης του ήλιου στον ορίζοντα, μετρούμενο:
 - είτε από την ευθεία από το σημείο προς το βορρά είτε από την ευθεία από το σημείο προς το νότο.
 - Στην πρώτη περίπτωση, η γωνία παίρνει θετικές τιμές από 0° έως 360° και μετριέται δεξιόστροφα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση παίρνει τιμές από 0° έως 180° (μέτρηση από νότο προς βορρά διά μέσου της δύσης) και από 0° έως -180° (μέτρηση από νότο προς βορρά διά μέσου της ανατολής).





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΚΤΗΡΙΟ

■ Κατακόρυφη & Οριζόντια γωνία σκίασης

- Κατακόρυφη γωνία σκίασης (VSA) $VSA = \arctan(\tan(\alpha) / \cos(HSA))$

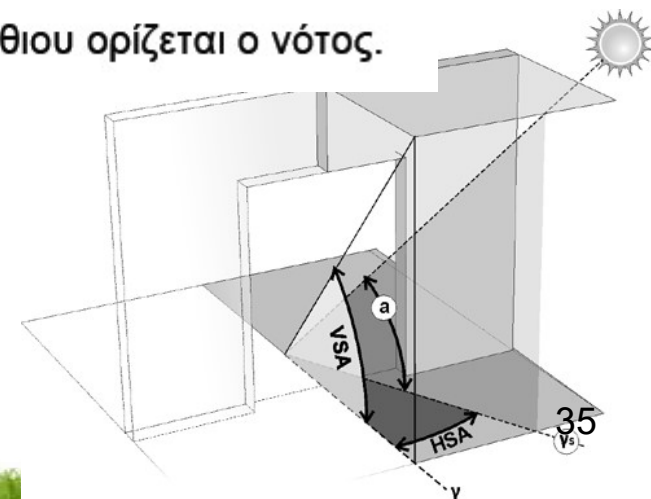
όπου: α το ηλιακό ύψος (σχέση 4.11. από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010),
HSA η οριζόντια γωνία σκιάς (horizontal shadow angle).

- Οριζόντια γωνία σκίασης (HSA)

$$HSA = |\gamma_s - \gamma| \leq 90^\circ$$

όπου: γ_s το ηλιακό αζιμούθιο (σχέση 4.12. από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010),
 γ το αζιμούθιο της όψης.

Στις παραπάνω σχέσεις, ως αφετηρία μέτρησης του αζιμούθιου ορίζεται ο νότος.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΚΤΗΡΙΟ

■ Το μικρόκλιμα:

- οι ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες που εμφανίζονται στη θέση του κτηρίου μελέτης.
- συνδέεται άρρηκτα με το κλίμα της περιοχής, ωστόσο οι επί μέρους τιμές των κλιματικών μεγεθών σε επίπεδο μικροκλίματος μπορούν να παρουσιάζουν σημαντική μεταβολή σε σχέση με τις αντίστοιχες σε επίπεδο κλίματος.

■ Εξαρτάται:

- Πυκνότητα & ύψος δόμησης (επηρεάζουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη ροή ανέμου)
- Τα επιφανειακά υλικά (επηρεάζουν την αποθήκευση της ηλ. Ακτινοβολίας ως θερμότητα & ανάκλαση της)
- Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες (κυκλοφορία οχημάτων, κλιματιστικά)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΣΩΚΛΙΜΑ

- **Η βιολογική & ψυχολογική ισορροπία του ανθρώπου**
 - εξασφαλίζεται από την επιτυχή προσαρμογή του στο φυσικό περιβάλλον
- **Η θερμική, η οπτική & η ακουστική άνεση:**
 - επηρεάζουν την ευεξία του ανθρώπου
 - εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κέλυφος του κτηρίου και τα συστήματα ελέγχου του εσωκλίματος.





3.1 Θερμική άνεση (thermal comfort)

■ Ορισμός θερμικής άνεσης:

- η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες.

■ Παράμετροι που επηρεάζουν την θερμική άνεση:

1. Φυσικές παράμετροι

- Θερμοκρασία του αέρα [$^{\circ}\text{C}$]
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών [$^{\circ}\text{C}$]
- Η υγρασία και η σχετική υγρασία του αέρα [Pa]
- Η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα [m/s]
- Χωροταξική κατανομή των παραπάνω μεγεθών

2. Βιολογικές παράμετροι

- Το φύλλο των χρηστών του χώρου
- Η ηλικία των χρηστών του χώρου
- Οι συνήθειες των χρηστών του χώρου

3. Εξωτερικές παράμετροι.

- Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου [met] ($1 \text{ met} = 58,15 \text{ W/m}^2$)
- Ο τύπος του ρουχισμού των χρηστών του χώρου [clo] ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$)





3.1 Θερμική άνεση (thermal comfort)

- Μέθοδοι αξιολόγησης θερμικής άνεσης
 - Θερμικοί δείκτες
 - Διάγραμμα θερμικής άνεσης-βιοκλιματικά διαγράμματα
 - Δείκτες PMV-PPD





3.1 Θερμική άνεση (thermal comfort)

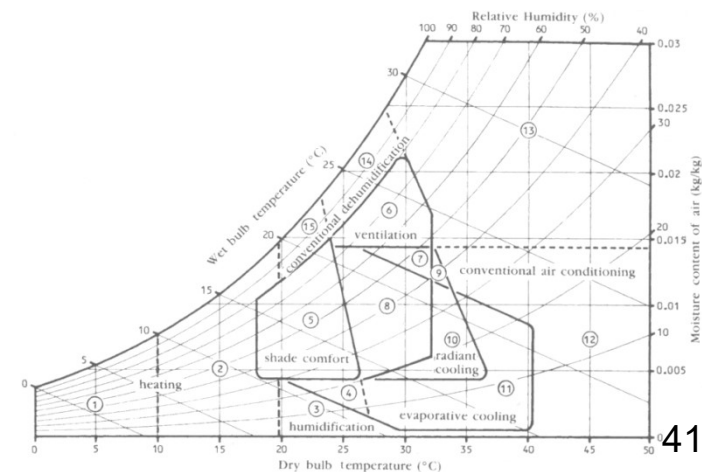
- **Θερμικοί δείκτες:** εκφράζουν τη θερμοκρασία που αισθάνεται το άτομο με την επίδραση όλων ή μερικών από τις μεταβλητές παραμέτρους της θερμικής άνεσης.
 - **Η αισθητή θερμοκρασία** (effective temperature - ET) (Houghton & Yaglou 1923): συνδυάζει μόνο τη θερμοκρασία του αέρα και τη σχετική υγρασία
 - **Η λειτουργική θερμοκρασία** (operative temperature - t_o). Είναι η θερμοκρασία που προκύπτει από το συνδυασμό της θερμοκρασίας του αέρα και της μέσης θερμοκρασίας που ακτινοβολούν οι επιφάνειες. Ισχύει για ταχύτητα ανέμου <0.2 m/s.
 - **Η διορθωμένη αισθητή θερμοκρασία** (corrected effective temperature - CET). Προκύπτει από το συνδυασμό της θερμοκρασίας του αέρα, της ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας από τις επιφάνειες, της ταχύτητας του αέρα και της σχετικής υγρασίας, και είναι το αποτέλεσμα πλήθους βελτιώσεων στο δείκτη της αισθητής θερμοκρασίας.
 - **Η τυπική αισθητή θερμοκρασία** (standard effective temperature - SET). Είναι η θερμοκρασία που προκύπτει από το συνδυασμό και των 4 παραμέτρων που προαναφέρθηκαν, με το δεδομένο της τυπικής ενδυμασίας και δραστηριότητας.



3.1 Θερμική άνεση (thermal comfort)

■ Βιοκλιματικά διαγράμματα

- Με το βιοκλιματικό χάρτη των Givoni και Watson & Labs, που βασίζεται στο ψυχομετρικό διάγραμμα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα και η σχετική υγρασία είναι μέσα στα όρια μιας περιοχής που οριοθετεί μια στρατηγική ελέγχου των εσωκλιματικών συνθηκών, τότε, *εάν χρησιμοποιηθεί αυτή η διαδικασία ελέγχου, στο εσωτερικό του κτηρίου θα επικρατούν συνθήκες θερμικής άνεσης.*
- Τα απαιτούμενα μετεωρολογικά στοιχεία για την κατασκευή των βιοκλιματικών χαρτών είναι η μέση ωριαία τιμή της θερμοκρασίας του αέρα (θερμομέτρου ξηρού βολβού) και η μέση ωριαία τιμή της σχετικής υγρασίας του αέρα για κάθε μήνα.

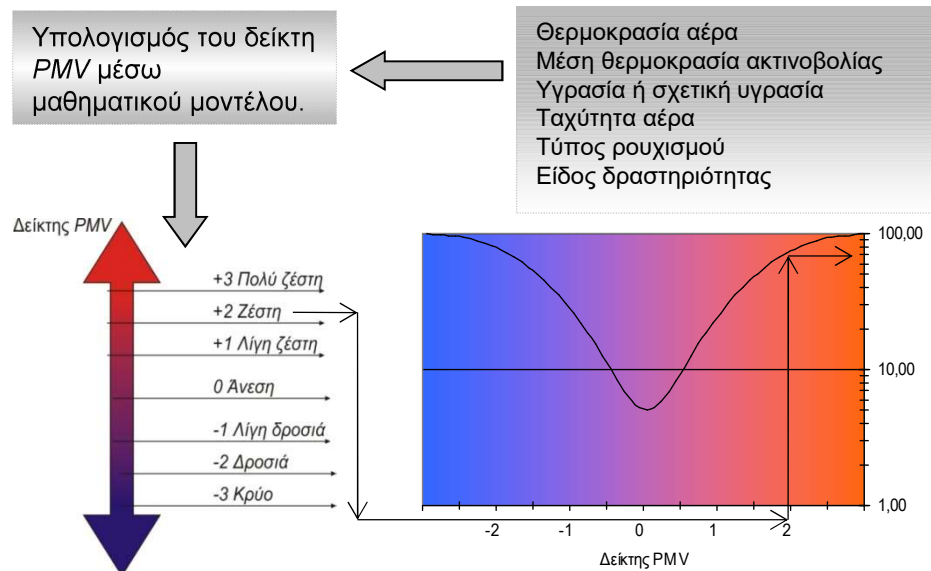




3.1 Θερμική άνεση (thermal comfort)

■ Δείκτες PMV – PPD

- Δείκτης **PMV** (Predicted Mean Vote-Προβλεπόμενης Μέσης Ψήφου)
Από Fanger – προτείνεται από τη ASHRAE
- Δείκτης **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied persons- Προβλεπόμενου ποσοστού δυσαρεστημένων)

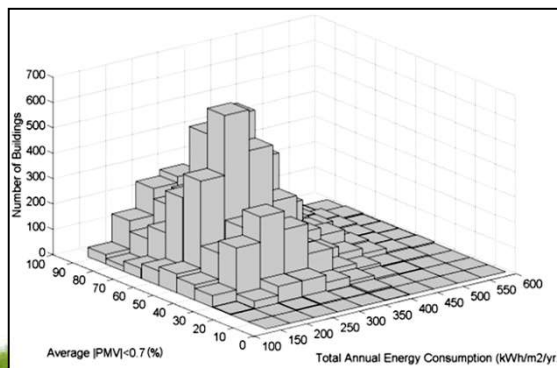
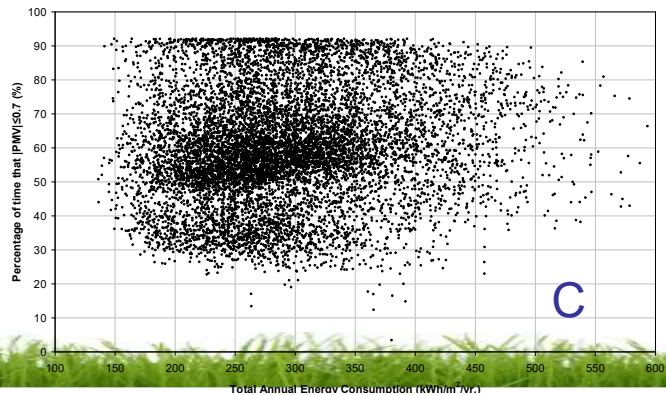
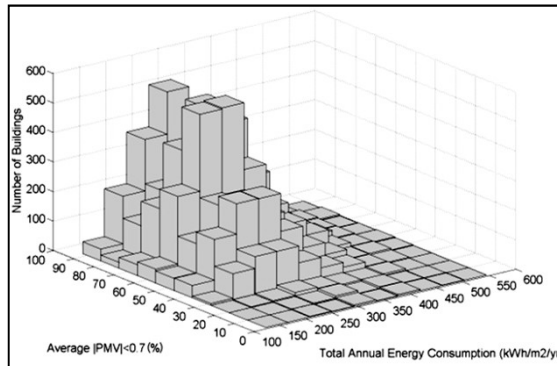
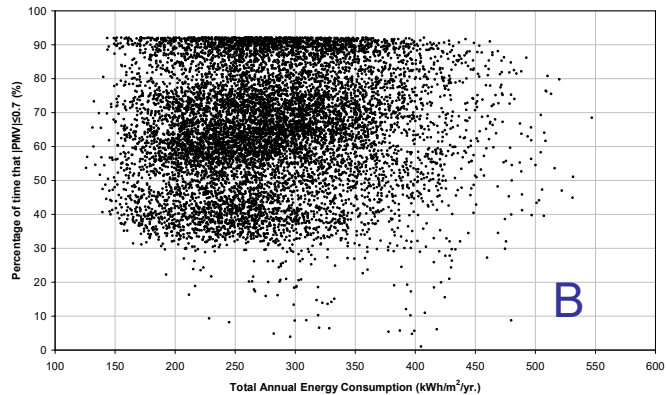
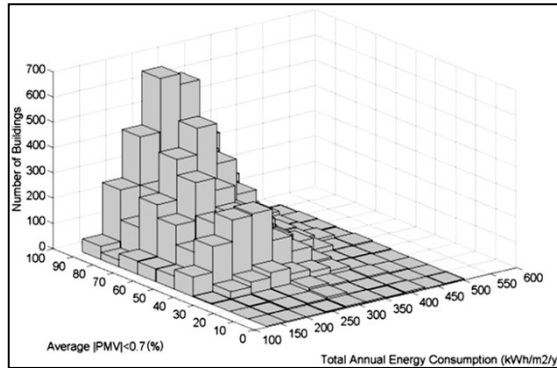
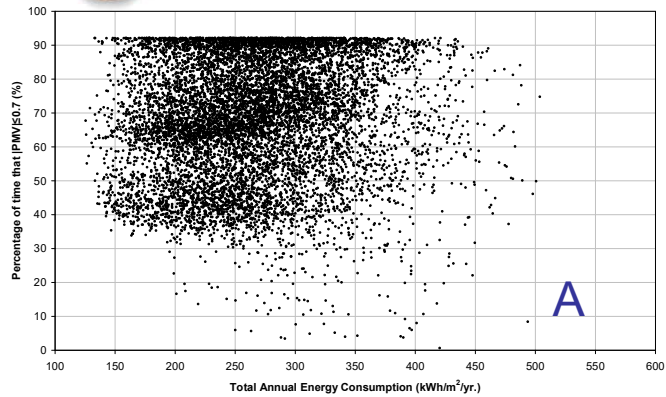


Με βάση το ISO 7730 η κατάσταση σε ένα χώρο θεωρείται ικανοποιητική όταν:
 $PPD < 10\%$
 $-0.5 < PMV < +0.5$

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0.03353 \cdot PMV^4 + 0.2179 \cdot PMV^2)}$$



VBD- ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΩΛΩΣΗ vs ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ



Buildings with 80-90% average of occupied hours that $-0.7 < PMV < +0.7$

Energy Consumption (kWh/m ² /year)	% of the building stock		
	A	B	C
150-200	1.8	1.2	0.6
200-250	4.4	2.9	1.4
250-300	5.4	4.4	2.7
300-350	3.8	3.9	2.4

Ομοιόμορφη Κατανομή



Ανομοιόμορφη Κατανομή



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

■ Βιοκλιματική αρχιτεκτονική:

Σχεδιασμός κτηρίων με βάση το **κλίμα** της περιοχής, και στόχο:

-την επίτευξη **συνθηκών άνεσης**, με όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των φυσικών χαρακτηριστικών του κλίματος

-τη **μείωση στο ελάχιστο της χρήσης τεχνητών μέσων** για θέρμανση, δροσισμό, αερισμό, φωτισμό.

■ Λαμβάνονται υπόψη:

- ο προσανατολισμός,
- το μέγεθος και η μορφή του κτηρίου,
- ο γενικότερος πολεοδομικός σχεδιασμός
- η ύπαρξη δέντρων,
- η χωροθέτηση των κατάλληλων ανοιγμάτων και υαλοπινάκων,
- η θερμομόνωση



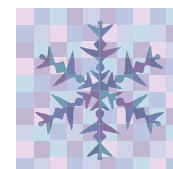


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο **Βιοκλιματικός σχεδιασμός** στοχεύει:

Στη χειμερινή περίοδο:

- στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτηρίου και των θερμικών απωλειών από την είσοδο του ψυχρού εξωτερικού αέρα, επιτρέποντας μόνο τον απαραίτητο για λόγους υγιεινής αερισμό
- στην αύξηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία
- στη διάθεση επαρκούς ποσοτικά και ποιοτικά φυσικού φωτισμού



Μείωση συμβατικής
θέρμανσης & τεχνητού
φωτισμού

Στη θερινή περίοδο:

- ☀ στην μείωση της θερμικής επιβάρυνσης από την ηλιακή ακτινοβολία
- ☀ στην αποφυγή της οπτικής θάμβωσης
- ☀ στη βελτιστοποίηση των διαφόρων μεθόδων φυσικού δροσισμού,

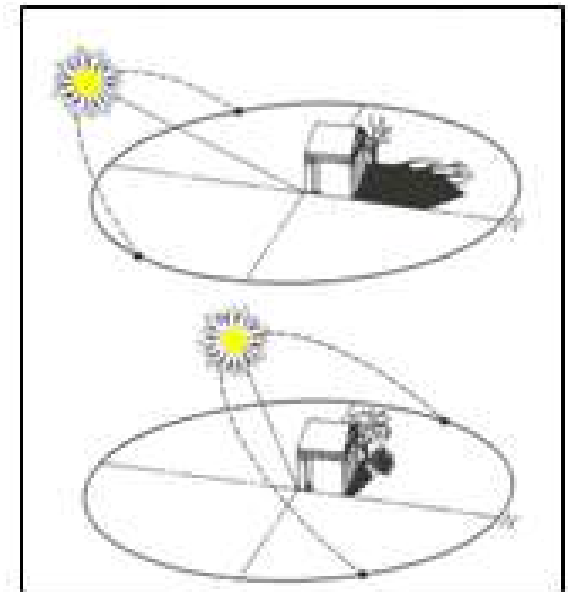


Μείωση ψύξης με
συμβατικό εξοπλισμό



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

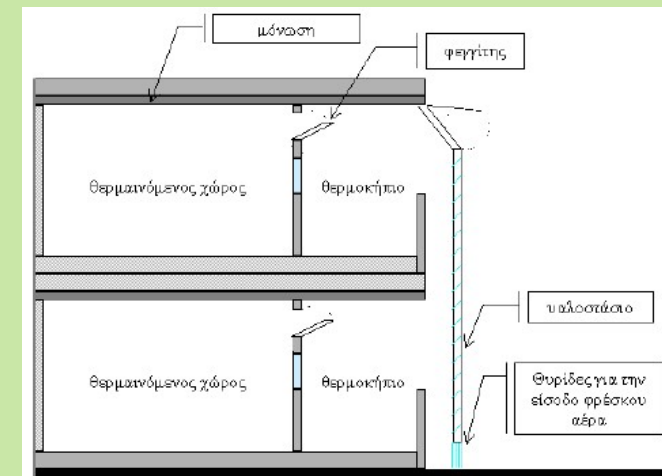
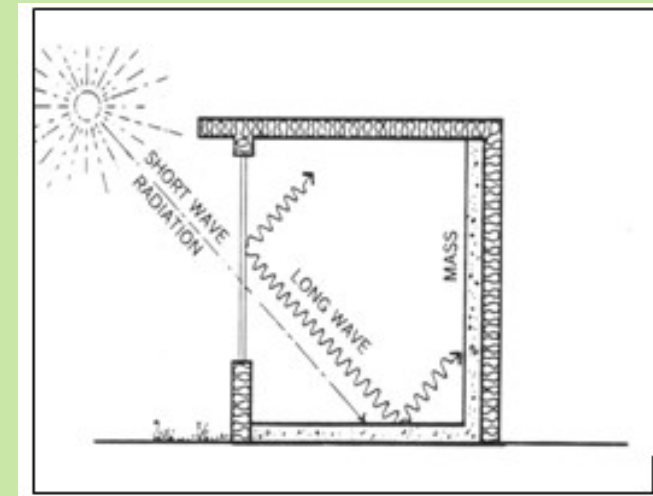
- **Ο Νότιος Προσανατολισμός = ευνοϊκότερος ενεργειακά γιατί:**
 - η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με την προσπίπτουσα στον ανατολικό ή στο δυτικό προσανατολισμό, για την περίοδο του χειμώνα .Αντίστοιχα, κατά τη θερινή περίοδο η ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται σχεδόν στο μισό για τη νότια προσανατολισμένη επιφάνεια σε σχέση με την ανατολική ή δυτική.
 - οι νότια προσανατολισμένες κατακόρυφες επιφάνειες δέχονται το χειμώνα την ηλιακή ακτινοβολία όλες τις ώρες της ημέρας με μικρές γωνίες πρόσπτωσης, ενώ το καλοκαίρι δέχονται την ακτινοβολία λίγες ώρες και με μεγάλες γωνίες πρόσπτωσης





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- Η συλλογή ηλιακής ενέργειας – φαινόμενο θερμοκηπίου:
 - Ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους ($0,4-0,8 \mu\text{m}$) διέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου από τους υαλοπίνακες
 - Η ακτινοβολία προσπίπτει στα δομικά στοιχεία και στα αντικείμενα, αλλάζει μ.κ. (ακτινοβολία μεγάλου μ.κ.) και τα θερμαίνει
 - Η θερμότητα που έχει απορροφηθεί εκπέμπεται ως θερμική ακτινοβολία
 - Η προερχόμενη με αυτόν τον τρόπο θερμότητα δεν μπορεί να διαπεράσει τον υαλοπίνακα και εγκλωβίζεται στον εσωτερικό χώρο
 - Η παγιδευμένη θερμότητα απορροφάται από τα δομικά στοιχεία και μεταδίδεται στον εσωτερικό αέρα με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση της εσωτερικής θερμοκρασίας

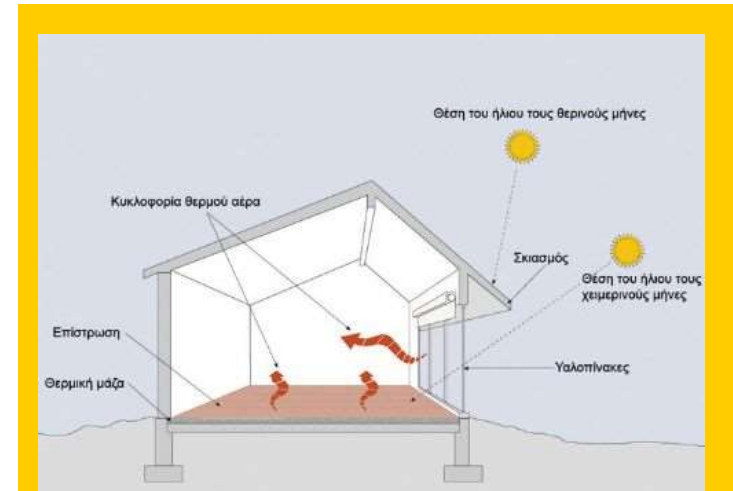




ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

■ Ο ρόλος της θερμικής μάζας:

- Το πιο πρόσφορο μέσο για την αποθήκευση της θερμότητας αποτελούν **τα υλικά με υψηλή θερμοχωρητικότητα** (πέτρα, σκυρόδεμα, πλίνθοι, κεραμικά πλακίδια, μάρμαρο) ή νέας τεχνολογίας όπως τα υλικά αλλαγής φάσης (PCM - phase change materials).
- Προϋπόθεση: η μόνωση εξωτερικά ή ενδιάμεσα
- Η αποταμιευμένη θερμότητα αποδίδεται στο χώρο με χρονική υστέρηση (βράδυ)
- Η θερμ. μάζα συμβάλει στην αποτροπή υπερθέρμανσης την θερινή περίοδο:
 - Η πλεονάζουσα θερμότητα, που προέρχεται από τα ηλιακά κέρδη ή από την υψηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αποθηκεύεται στα βαριά δομικά στοιχεία και αποδίδεται σταδιακά τις βραδινές ώρες, κατά τις οποίες η θερμοκρασία του εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος είναι χαμηλή



Το δομικό στοιχείο αποθηκεύει θερμότητα με Απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία
Μέσω της θερμικής ακτινοβολίας από άλλο στοιχείο που δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία (πχ. Οροφή από δάπεδο) Με μεταφορά θερμότητας μέσω του θερμαινόμενου αέρα.



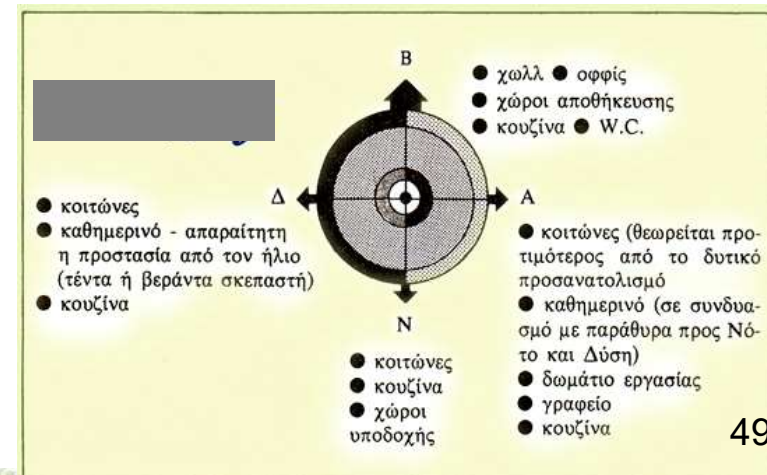
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

■ Χωροθέτηση κτιρίου & διάταξη εσωτερικών χώρων:

- **Στόχος:** το χειμώνα μικρότερες θερμικές απώλειες και μεγαλύτερο ηλιακό κέρδος, ενώ το καλοκαίρι μικρότερη δυνατή θερμική επιβάρυνση από ηλιακή ακτινοβολία.
- **Τοποθέτηση κτιρίου (αν υπάρχει δυνατότητα):** στην πίσω βορινή πλευρά του οικοπέδου, αφήνοντας περισσότερο ελεύθερο υπαίθριο χώρο προς το νότο και δημιουργώντας νότια όψη με απρόσκοπτο ηλιασμό.
- **Κύρια όψη του κτηρίου** στραμμένη προς τον νότο με μέγιστη δυνατή απόκλιση ανατολικά ή δυτικά, περίπου 30°.
- **Η βόρεια** πλευρά παραμένει η πιο ψυχρή, διότι δεν δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία και διότι οι χειμερινοί άνεμοι έχουν συνήθως βορινή κατεύθυνση. Η **ανατολική και δυτική** πρόσοψη δέχεται ίση ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά η δυτική παραμένει πιο ζεστή εξαιτίας του συνδυασμού ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών μεσημβρινών θερμοκρασιών του αέρα. Η **νότια πλευρά** είναι η φωτεινότερη και η πιο ζεστή και δέχεται ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια όλης της ημέρας.

Ιδανικό σχήμα κτιρίου:

Η επιμήκης μορφή κατά τον άξονα ανατολής - δύσης, ώστε να αναπτυχθεί η μεγαλύτερη πλευρά με τα περισσότερα ανοίγματα προς το νότο





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- **Το κέλυφος του κτηρίου πρέπει να επιτρέπει:**
 - τη μέγιστη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας,
 - τη μέγιστη δυνατότητα για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας και
 - τις ελάχιστες θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον.
- **Συνδυασμός:**
 - μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (θερμομόνωση, αεροστεγανότητα προστασία κτηρίου από δυσμενείς χειμερινούς ανέμους, μορφή κτηρίου, σκίαση από παρόδια κτήρια και εξωτερικά εμπόδια κ.τ.λ.)
 - χρήση υλικών με μεγάλη μάζα, ικανά να συγκρατήσουν και να αποθηκεύσουν τη συλλεχθείσα θερμότητα



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

- Είναι **στοιχεία** και **κατασκευές** που ενσωματώνονται στη δομή του κτηρίου για συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας και αποθήκευση θερμότητας.
 - Προϋπόθεση: σωστός ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίου
 - Η λειτουργία τους στηρίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου»
 - Κρίσιμο σημείο: η συμπεριφορά τους τη θερινή περίοδο.
 - Σημαντική είναι η συμμετοχή του χρήστη.
 - Αυτόματος έλεγχος = έξυπνα κτίρια.
- **Ταξινόμηση παθητικών ηλιακών συστημάτων**
 - Άμεση ηλιακή πρόσδοδος
 - Έμμεση ηλιακή πρόσδοδος
 - Απομονωμένη ηλιακή πρόσδοδος



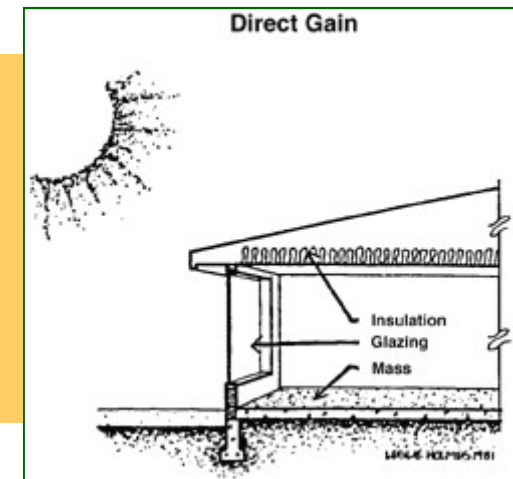
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

■ Άμεση ηλιακή πρόσδοος

- βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Ένα νότιο οριζόντιο σκίαστρο μπορεί να εμποδίσει τον καλοκαιρινό ήλιο που έρχεται από πιο ψηλά να μπει απ' ευθείας στο χώρο.

Παράγοντες που καθορίζουν τη λειτουργία του συστήματος:

1. Η θέση και ο προσανατολισμός των υαλοστασίων
2. Το μέγεθος των υαλοστασίων
3. Η ηλιοπροστασία των υαλοστασίων
4. Η επιλογή του υαλοπίνακα
5. Η θέση και η ποσότητα της μάζας θερμικής αποθήκευσης





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

■ Έμμεση ηλιακή πρόσδοδος: Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

- Είναι ένας συνδυασμός τοίχου νότιου προσανατολισμού και μιας εξωτερικής διάφανης επιφάνειας (συνήθως γυαλί) στη εξωτερική πλευρά του τοίχου σε απόσταση συνήθως 10cm.
- Η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου είναι σκουρόχρωμη ώστε να μεγιστοποιεί την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Ο τοίχος κατασκευάζεται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας και δεν είναι θερμομονωμένος.
- Ο τοίχος λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας.

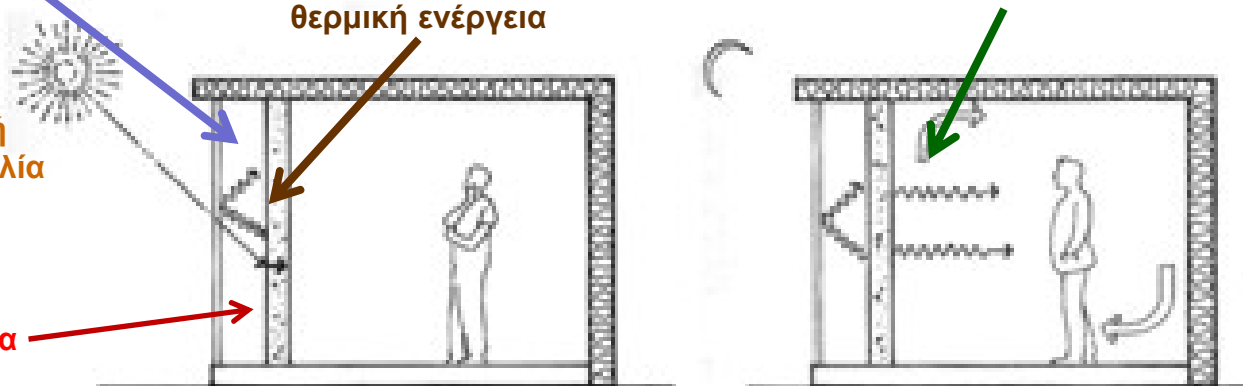
Το διαφανές υλικό και ο αέρας μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου = μονωτικό

Ηλιακή ακτινοβολία

θερμότητα

Αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια

Μεταδίδεται με αγωγιμότητα, ακτινοβολία ή και μεταφορά





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

■ Η απόδοση του τοίχου θερμικής αποθήκευσης εξαρτάται:

■ Υλικό κατασκευής & πάχος τοίχου

- Κατάλληλα υλικά: οπλισμένο σκυρόδεμα, λιθοδομές, συμπαγείς οπτόπλινθοι &τσιμεντόλιθοι, νερό τοποθετημένο σε κατάλληλα δοχεία, υλικά που περιέχουν υλικά αλλαγής φάσης (PCM).
- Με την επιλογή του πάχους του τοίχου προσφέρεται η δυνατότητα να αποδοθεί η θερμότητα το βράδυ ή και να ελεγχθεί η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας.
- Χρώματα: εξωτ. επιφάνειας τοίχου: σκούρα με μεγάλη απορροφητικότητα ή επιλεκτικές βαφές ή εφαρμογή αδρής επιφάνειας .

■ Υαλοστάσιο

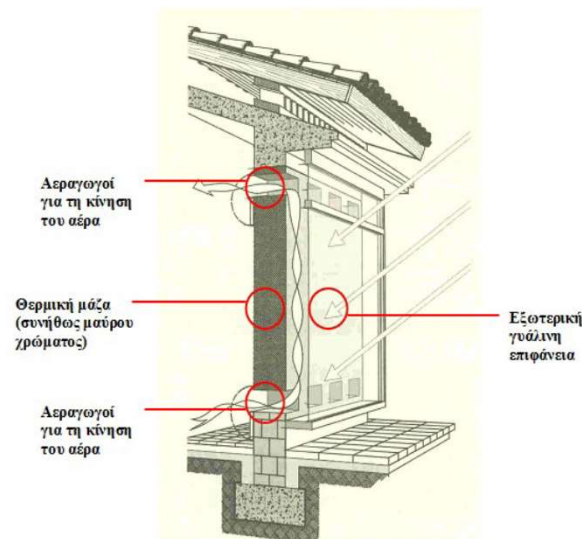
- Διπλοί υαλοπίνακες ή διαφανής θερμομόνωση
- Νυχτερινή κινητή μόνωση
- Πλήρης ή κινητή σκίαση το καλοκαίρι
- Ανοίγματα, ηλιακή καμινάδα



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

■ Τοίχος Trombe:

- Θυρίδες στην κορυφή και τη βάση, ώστε να επικοινωνεί ο αέρας που βρίσκεται ανάμεσα στον υαλοπίνακα και στον τοίχο με τον εσωτερικό χώρο.
- Η μετάδοση της θερμότητας και με θερμοσιφωνική ροή επιτρέπει στον τοίχο να έχει ταχύτερη απόκριση για τη θέρμανση του χώρου,
- κλείσιμο των θυρίδων το βράδυ για να αποτραπεί η αντίστροφη κυκλοφορία του αέρα στο διάκενο.

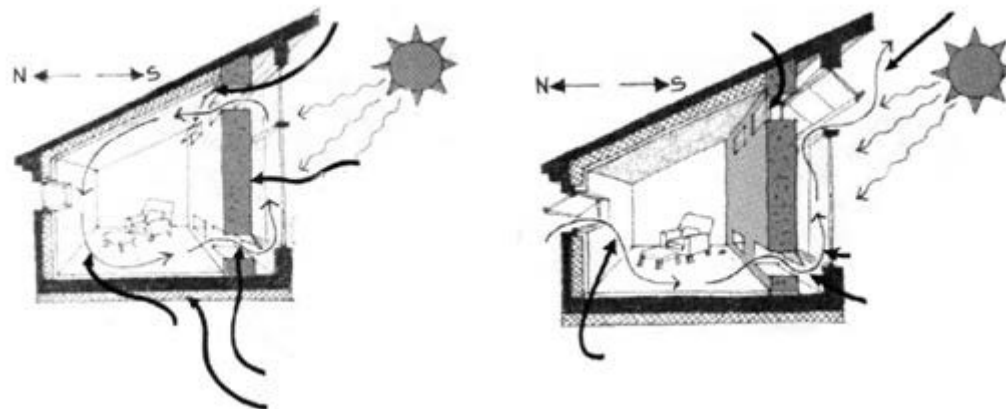


Λεπτομέρεια τοίχου Trombe Michel Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων Κ. Τσίπρας σελ. 253



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

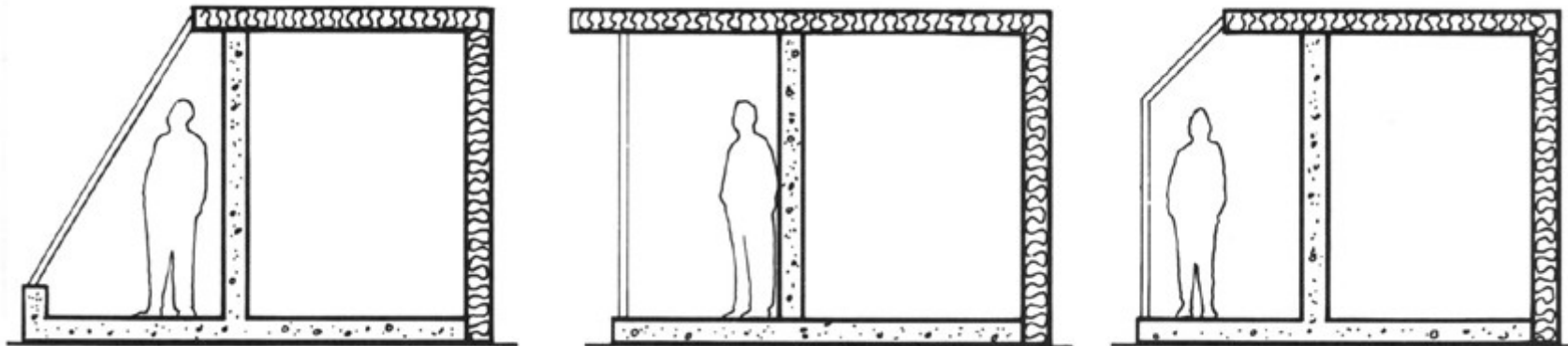
- **Τοίχος Trombe και παθητικός δροσισμός το καλοκαίρι**
 - Ανοίγει φεγγίτης στο επάνω μέρος του υαλοστασίου και ένα άνοιγμα στο επάνω μέρος του βόρειου τοίχου, ενώ παραμένει κλειστή η άνω θυρίδα του τοίχου και ανοικτή η κάτω. Φαινόμενο της ηλιακής καμινάδας.
 - Ο δροσερός αέρας που εισέρχεται από το βορινό άνοιγμα του κτηρίου και ρεύμα δημιουργείται μέσα στο χώρο.
 - Όσο περισσότερο θερμαίνεται ο τοίχος τόσο πιο έντονο είναι το φαινόμενο της ηλιακής καμινάδας και τόσο μεγαλύτερη η ταχύτητα του ρεύματος του αέρα που κυκλοφορεί στο κτήριο, με αποτέλεσμα τον εντονότερο δροσισμό του χώρου





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

- Έμμεση ηλιακή πρόσδοδος: προσαρτημένος ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο
 - Συνδυασμός συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης
 - 2 θερμικές ζώνες: ηλιακός χώρος (προς νότο) και θερμαινόμενος χώρος
 - Συνδέονται με συμπαγή τοίχο θερμικής μάζας χωρίς θερμομόνωση ή με έναν τοίχο θερμομονωμένο με θυρίδες ή χωρίς θυρίδες, ή με υαλοστάσιο ή με συνδυασμό όλων αυτών
 - Είναι ένα εκτεταμένο σύστημα τοίχου θερμικής αποθήκευσης



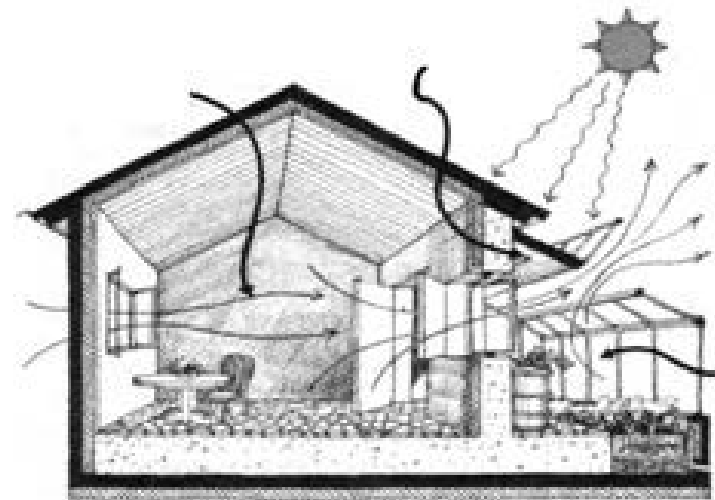
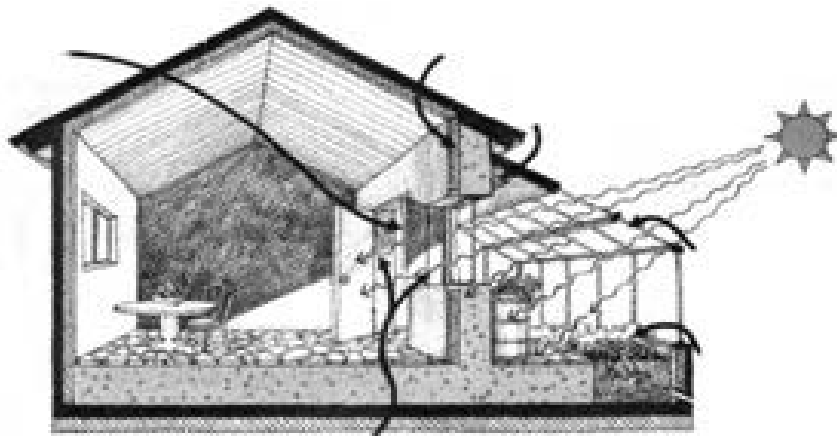


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

- **5 μέθοδοι** για τη μεταφορά θερμότητας από το θερμοκήπιο στον εσωτερικό χώρο:
 - Με απευθείας πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτηρίου (ένα τμήμα του κοινού τοίχου καλύπτεται από υαλοστάσιο)
 - Με μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στο χώρο με θερμοσιφωνισμό ή με βεβιασμένη μεταφορά. (ανοίγματα στον κοινό τοίχο)
 - Με αγωγιμότητα μέσω των διαχωριστικών τοίχων (κοινός τοίχος χωρίς μόνωση)
 - Με τη χρήση απλών ενεργητικών συστημάτων μεταφορά της θερμότητας και αποθήκευσής της στον εσωτερικό χώρο απ' όπου και μεταδίδεται με ακτινοβολία ή μεταφορά (ανεμιστήρες, μεταφορά θερμού αέρα με σωληνώσεις στο κτίριο)
 - Με συνδυασμό από τις παραπάνω λύσεις.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

■ Βασίζονται:

- στην εκμετάλλευση και έλεγχο των φυσικών φαινομένων με σκοπό τη μείωση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους και τη θερμική άνεση.

■ Στρατηγική:

- αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτηρίου
- διοχέτευση της πλεονάζουσας θερμότητας στο περιβάλλον

■ Σχεδιαστικοί χειρισμοί:

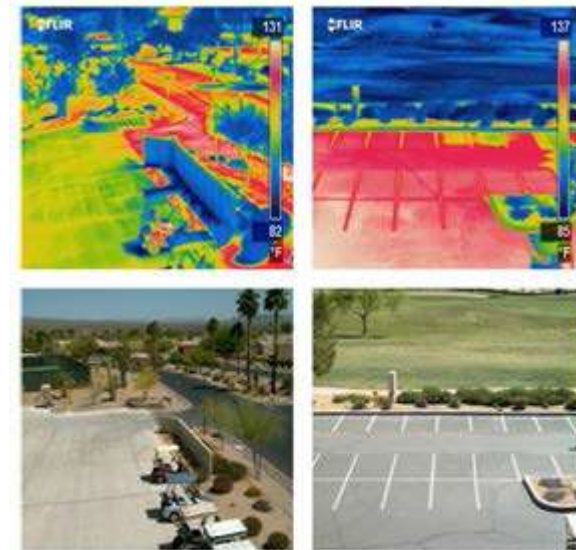
- Διαμόρφωση περιβάλλοντος για προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία και χειραγώγηση ανέμου
- Συστήματα ηλιοπροστασίας
- Φυσικός αερισμός δροσισμός: κατάλληλα ανοίγματα
- Διατάξεις απόρριψης πλεονάζουσας θερμότητας



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

■ Βελτίωση μικροκλίματος

- η μορφολογία του αστικού ιστού & τα υλικά επηρεάζουν το μικροκλίμα, την θερμική άνεση και την ενεργειακή κατανάλωση
 - Σκουρόχρωμες συμπαγείς επιφάνειες → υπερθέρμανση
 - Επικάλυψη επιφανειών με βλάστηση → εμποδίζει τις ανακλάσεις, & συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω εξατμισοδιαπνοής.
 - Τα δένδρα οι θάμνοι και το γρασίδι → βελτιώνουν τη θερμοκρασία του αέρα στο αστικό περιβάλλον.
 - η σκίαση → έλεγχο της θερμοκρασίας στους υπαίθριους χώρους και σημαντική παράμετρος οπτικής άνεσης (ποικιλία σκιάστρων ή τύπων βλάστησης, ανάλογα με την επιθυμητή μορφή σκιάς).
 - η χρήση υδατοπερατών υλικών επίστρωσης, σε συνδυασμό με επιφάνειες νερού, όπως καταρράκτες, λίμνες ή σιντριβάνια → δροσισμό του αέρα.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Ο αυτοσκιασμός του κτιριακού κελύφους
 - Σκιαζόμενα τμήματα ή όψεις του κτιρίου από:
 - Γειτονικά κτίρια
 - Ογκοπλαστική διαμόρφωση του ίδιου του κτιρίου (αυλές, μπαλκόνια, προεξοχές)
 - Σε περοχές με πιθανή υπερθέρμανση η κατασκευή κτιρίου σε κατάλληλη θέση ώστε:
 - Να επωφελείται από τις σκιές.
 - να μη δημιουργούνται εμπόδια προς τη διεύθυνση των επικρατούντων δροσερών ανέμων της θερινής περιόδου.
 - τα κτήρια να μην χωροθετούνται πολύ κοντά μεταξύ τους για να μην εμποδίζεται ο αερισμός τους.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Ανακλαστικότητα εξωτερικών επιφανειών
 - Επιλογή υλικών με **υψηλή ανακλαστικότητα** & **χαμηλή δυνατότητα θερμικής εκπομπής** → περιορισμός θερμοκρασίας κελύφους.
 - Ανάκλαση: επιτυγχάνεται με
 - επιλογή υλικών με λεία επιφάνεια και ανοιχτό χρώμα
 - τοποθέτηση στο δώμα στεγανοποιητικών μεμβρανών με επικάλυψη αλουμινίου
 - εφαρμογή ψυχρών υλικών
 - Επίδραση ανακλαστικής επιφάνειας: αποφυγή της υπερθέρμανσης στη διάρκεια της ημέρας & αποβολή θερμότητας στη διάρκεια της νύχτας.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

■ Σκίαση ανοιγμάτων

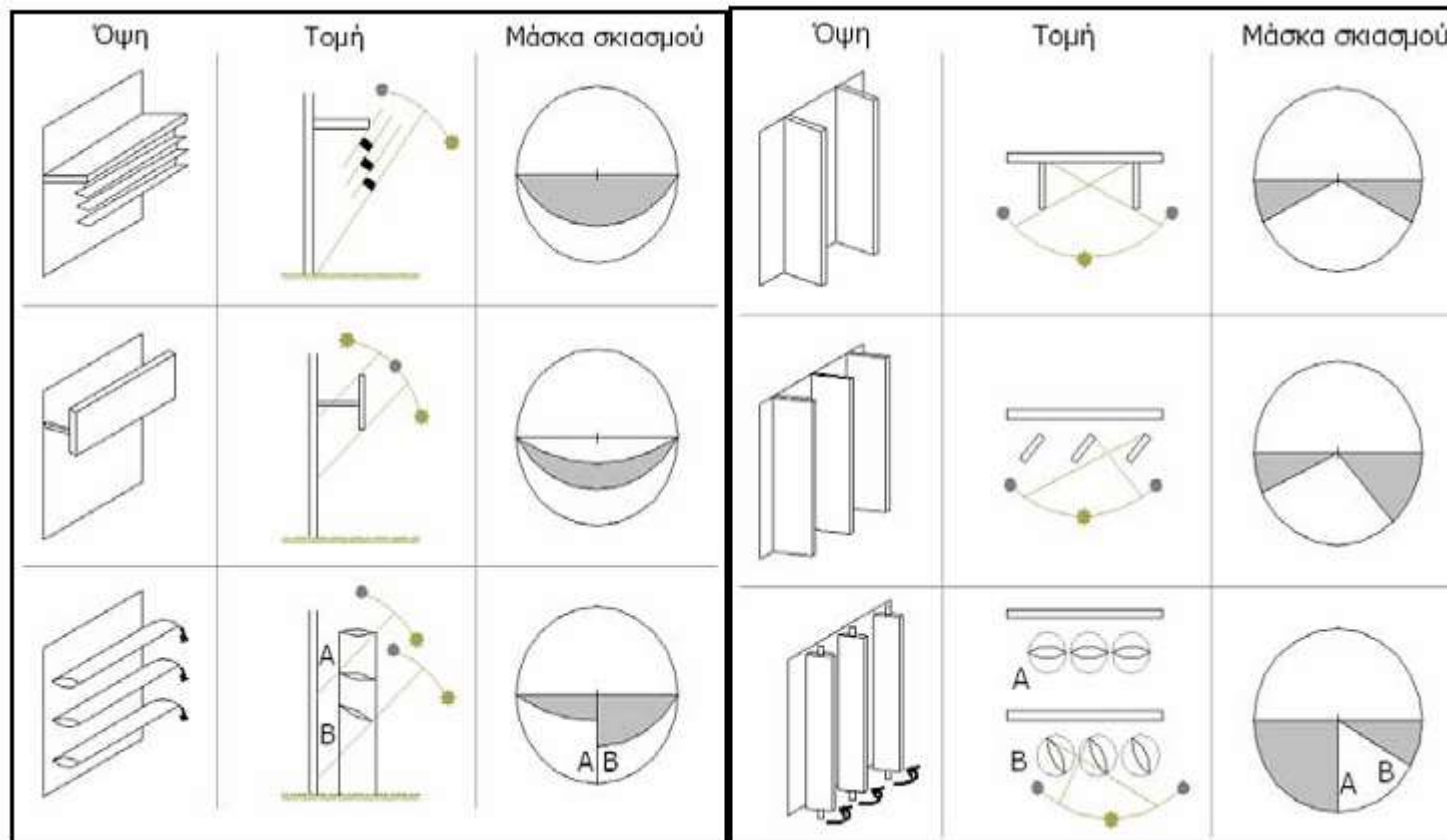
- Επιτυγχάνει: έλεγχο της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και κατά συνέπεια της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας και τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας.
- Τεχνικές: εξωτερική, ενδιάμεση ή εσωτερική, σταθερή ή κινητή ή συνδυασμός αυτών.
- Για την Ελλάδα η σκίαση πρέπει να είναι:
 - **πλήρης** Ιούνιο - Ιούλιο - Αύγουστο,
 - **τις μεσημβρινές ώρες** Μάιο και Σεπτέμβριο - Οκτώβριο
 - **καθόλου** από Νοέμβριο – Απρίλιο
- Αυτό επιτυγχάνεται με κινητή ηλιοπροστασία (ημερήσια και εποχιακή προσαρμογή στις απαιτήσεις σκίασης-ηλιασμού)
- Τα εξωτερικά σκίαστρα είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, καθώς σταματούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία πριν να φτάσει στο άνοιγμα και διεισδύσει στο εσωτερικό του.
- Νέα υλικά υαλοστασίων με χαμηλή εκπεμπτικότητα (low-e) δεν επιτρέπουν την είσοδο της θερμικής ακτινοβολίας στο κτήριο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

■ Τύποι σκιάστρων

- Νότια ανοίγματα ηλιοπροστατεύονται με οριζόντια σκιάστρα (overhangs)
- ανατολικά και δυτικά προστατεύονται με κατακόρυφα (side fins)





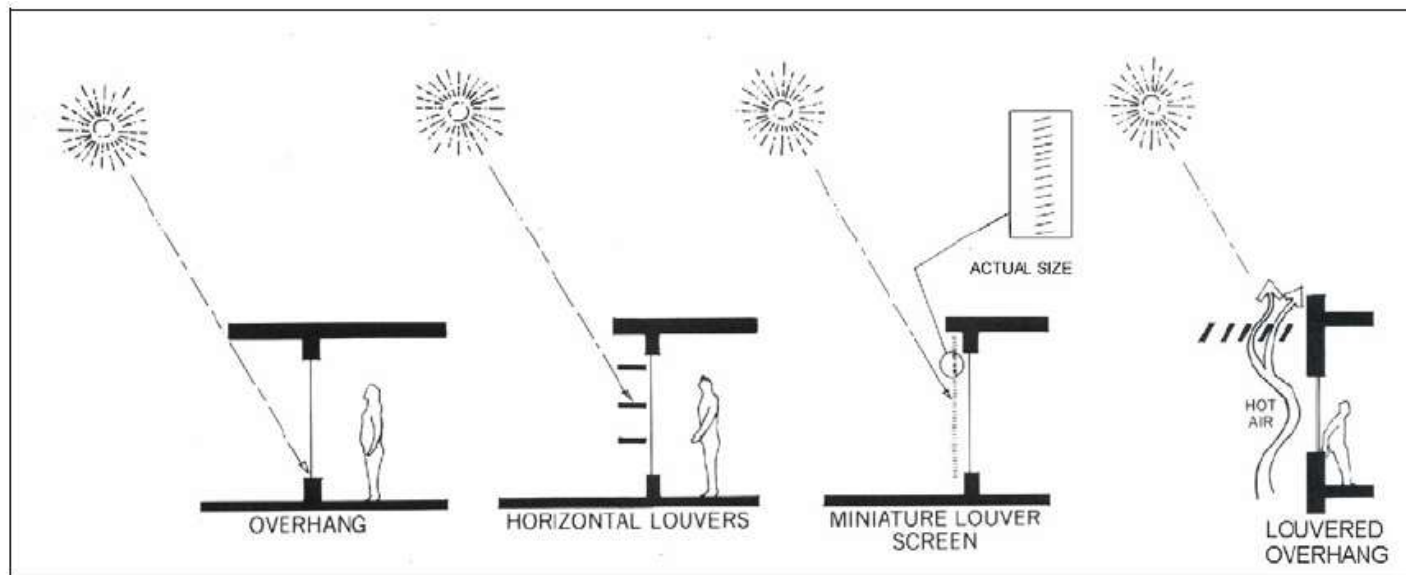
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Για την καλύτερη απόδοση πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα σκίαστρα δεν θα παγιδεύουν θερμότητα.
 - πρέπει να αποφεύγονται:
 - Προστεγάσματα από οπλισμένο σκυρόδεμα –υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα– που μεταδίδουν με αγωγή και μεταφορά τη θερμότητα που έχουν αποθηκεύσει στη μάζα τους από την ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται στη διάρκεια της ημέρας, στο κέλυφος του κτηρίου.
 - Τέντες με κλειστά σχήματα που παγιδεύουν ποσότητες θερμού αέρα.
 - Πρόβολοι με διάφορα υλικά, συμπαγείς στη μορφή που εμποδίζουν τη διαφυγή του θερμού αέρα από το κτήριο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Λύσεις που μεγιστοποιούν την απόδοση της σκίασης είναι αυτές που ευνοούν:
 - την ανεμπόδιστη απομάκρυνση του θερμού αέρα από το κτήριο
 - τη θερμική αποσύνδεση των εξωτερικών στοιχείων σκίασης με το κέλυφος





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Η τοποθέτηση **αναρριχόμενων φυτών** σε πέργκολες ή καφασωτά δημιουργεί την αποδοτικότερη διάταξη σκίασης (η διαπνοή των φύλλων και το πορώδες του φυλλώματος εξασφαλίζει την κυκλοφορία του αέρα και τη διατήρηση χαμηλότερης θερμοκρασίας).
 - Με φυλλοβόλα φυτά : εποχιακή σκίαση
 - Τα φυτά που σκιάζουν ένα άνοιγμα είναι πιο αποτελεσματικά από τη τεχνητή ηλιοπροστασία (π.χ. τα στόρια ή τις κουρτίνες) διότι:
 - σταματούν την ηλιακή ακτινοβολία αρκετά μακριά, πριν να φτάσει στο κτήριο
 - δεν θερμαίνονται τα ίδια για να επιβαρύνουν το περιβάλλον με θερμότητα με ακτινοβολία.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Συστήματα σκίασης στον Κ.Εν.Α.Κ.
 - οι κινητές διατάξεις ηλιοπροστασίας, πλην της τέντας, δεν λαμβάνονται υπόψη στην ενεργειακή μελέτη.
 - Τα εσωτερικά σκίαστρα και τα εξωτερικά προστατευτικά φύλλα των ανοιγμάτων δεν λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.
 - Απαιτείται ο προσδιορισμός της γωνίας σκίασης του ανοίγματος από την εφαρμογή συστήματος ηλιοπροστασίας, ώστε στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου να μειωθούν τα ηλιακά κέρδη
 - Η σχετική μεθοδολογία περιγράφεται στην τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
 - Υπάρχει δυνατότητα να υπολογιστεί η επίδραση του προβόλου, του συστήματος εξωτερικών οριζόντιων περσίδων και της τέντας



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- **Ηλιοπροστασία κτηρίου**
 - επιδρά θετικά στη μείωση των ψυκτικών φορτίων κατά τη θερινή περίοδο
 - ενδέχεται να περιορίζει την ηλιακή πρόσοδο κατά τη χειμερινή.
- **Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση ενός κτηρίου**
 - είναι απαραίτητη η εύρεση των συντελεστών σκίασης των διαφανών και αδιαφανών κατακόρυφων δομικών στοιχείων του κτηρίου, οι οποίοι προκύπτουν ως αποτέλεσμα της ύπαρξης μακρινών εμποδίων, προβόλων, πλευρικών προεξοχών, τεντών ή εξωτερικών περσίδων. Ο συντελεστής σκίασης της κατακόρυφης επιφάνειας προκύπτει ως το γινόμενο των επί μέρους συντελεστών σκίασης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Στην περίπτωση που τα συμπαγή δομικά στοιχεία του κτηρίου είναι καλά μονωμένα ($U \leq 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) (σύμφωνα με την ενότητα 3.3. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1)
 - η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στη διαμόρφωση των ηλιακών θερμικών φορτίων είναι περιορισμένη, και επομένως ο επιθεωρητής μπορεί να θεωρήσει ότι ο μέσος συντελεστής σκίασης από προστεγάσματα και πλευρικές προεξοχές **είναι ίσος με 0,9**.
- Στην αντίθετη περίπτωση, ο επιθεωρητής πρέπει να υπολογίσει τους συντελεστές σκίασης για κάθε μία από τις κατακόρυφες επιφάνειες του κτηρίου.
- Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υπολογιστούν οι επί μέρους συντελεστές σκίασης για τα διαφανή στοιχεία του κελύφους.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Ο επιθεωρητής μπορεί να προτείνει πρόσθετα μέτρα ηλιοπροστασίας στο εξεταζόμενο κτήριο, όταν κατά την επιθεώρηση διαπιστώσει ότι:
 - τα ψυκτικά φορτία είναι υψηλά σε σχέση με του κτηρίου αναφοράς
 - οι συντελεστές σκίασης του εξεταζόμενου κτηρίου είναι υψηλότεροι από τους συντελεστές σκίασης του κτηρίου αναφοράς κατά τη θερινή περίοδο.
- Σημειώνεται ότι ο **συντελεστής σκίασης** του κτηρίου αναφοράς, ο οποίος προκύπτει από σταθερά εξωτερικά οριζόντια ή πλευρικά σκίαστρα, είναι ίσος με:
 - 0,70 για δομικά στοιχεία με νότιο προσανατολισμό,
 - 0,75 για δομικά στοιχεία με ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό,
 - 0,80 για δομικά στοιχεία με βορειοανατολικό προσανατολισμό,
 - 0,73 για δομικά στοιχεία με νοτιοανατολικό ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό και
 - 1,00 για δομικά στοιχεία με βόρειο προσανατολισμό.



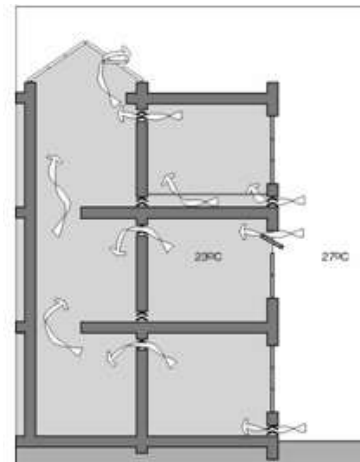
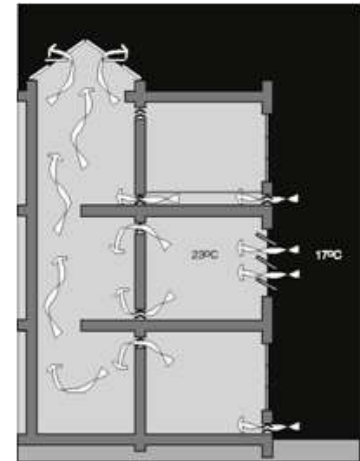
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Οι ηλιοπροστατευτικές διατάξεις που μπορεί να προτείνει είναι γενικώς οι εξής:
 - Οριζόντια προστεγάσματα που στερεώνονται στο κέλυφος του κτηρίου και λαμβάνονται υπόψη ως πρόβολοι για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης για τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο με βάση τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά και τη θέση τους ως προς το εξεταζόμενο δομικό στοιχείο (πίνακας 3.19. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1).
 - Πλευρικά πτερύγια που στερεώνονται στο κέλυφος του κτηρίου και λαμβάνονται υπόψη ως πλευρικές προεξοχές για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης για τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο με βάση τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά και τη θέση τους ως προς το εξεταζόμενο δομικό στοιχείο (πίνακες 3.20. α και β της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1).
 - Τέντες, η λειτουργία των οποίων λαμβάνεται υπόψη μόνο κατά τη θερινή περίοδο, κάνοντας την παραδοχή ότι λειτουργούν ως πρόβολοι (πίνακας 3.19. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1).
 - Εξωτερικές περσίδες με σταθερά οριζόντια ή κατακόρυφα πτερύγια, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη κατά τη θερινή και χειμερινή περίοδο (πίνακας 3.21. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

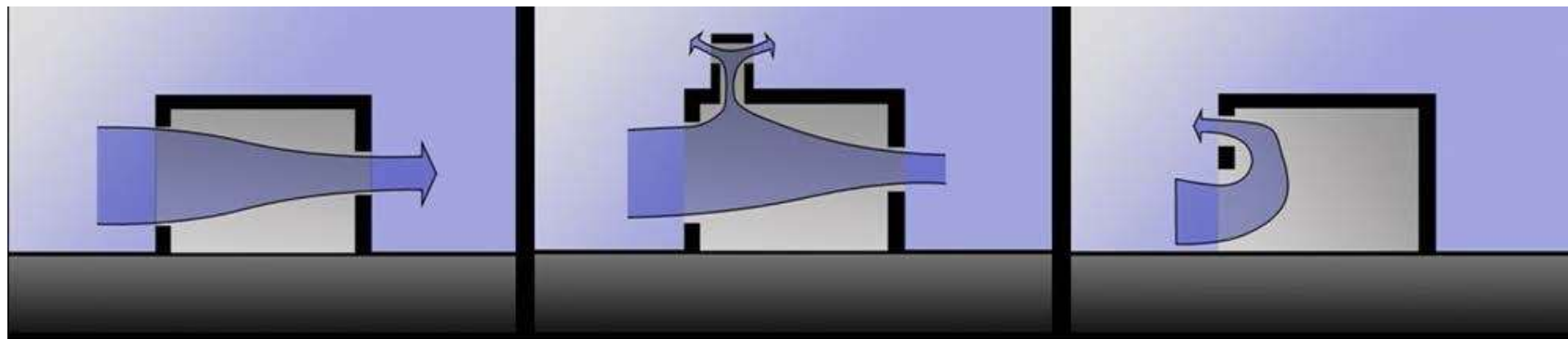
- Θερμική αδράνεια κατασκευής & νυχτερινός αερισμός :
 - Με την κατασκευή του περιβλήματος με χοντρές τοιχοποιίες & χρήση υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.
 - Η διαθέσιμη θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη στη διάρκεια της ημέρας αποθηκεύεται και απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτηρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή.
 - Σε συνδυασμό με τον νυχτερινό αερισμό, η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου δεν εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του 24-ώρου. Επιπλέον, η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων με τη βοήθεια του δροσερού νυχτερινού ρεύματος αέρα, συμβάλλει ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Ο φυσικός αερισμός:
 - απάγει τη θερμότητα & βελτιώνει την αίσθηση της υψηλής εσωτερικής θερμοκρασίας.
 - προκαλείται είτε λόγω διαφοράς θερμοκρασίας στα στρώματα του αέρα – φαινόμενο της καμινάδας–, είτε λόγω ανεμοπίεσης στις θέσεις στις οποίες υπάρχουν ανοίγματα στο κτήριο.
- Στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική:
 - η κίνηση του αέρα πρέπει να ελέγχεται, για να μεγιστοποιείται η θετική επίδρασή της στη θερμική άνεση το καλοκαίρι.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

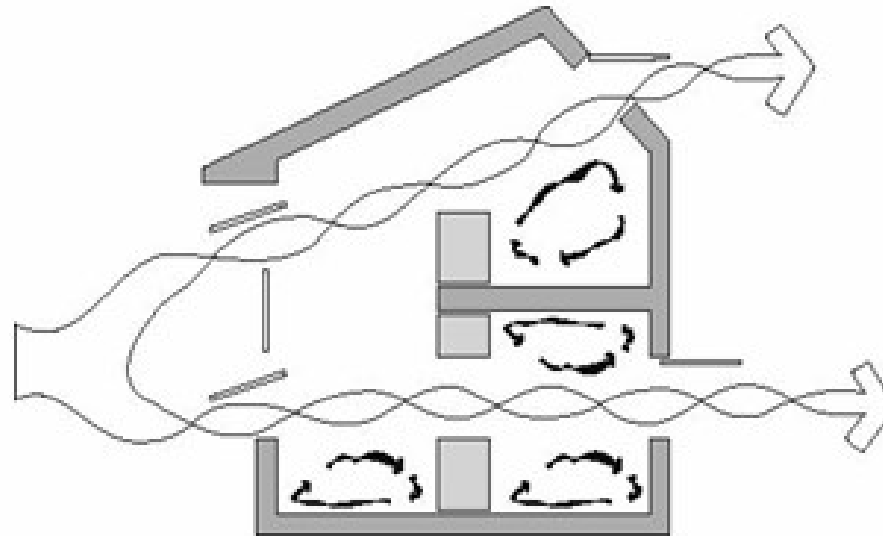
- Για αερισμό λόγω ανεμοπίεσης:
 - Ο μελετητής οφείλει να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες στον περιβάλλοντα χώρο, ώστε να οδηγηθεί ο άνεμος προς το κτήριο.
 - Με τη σωστή χωροθέτηση του κτηρίου, λαμβάνοντας υπόψη και τη διεύθυνση των ανέμων που επικρατούν στην περιοχή, καθώς και με τα στοιχεία διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου, όπως οι φράχτες και η φύτευση, προσφέρεται η δυνατότητα να αυξηθεί η ταχύτητα του ανέμου ή να αλλάξει η κατεύθυνσή του πριν προσπέσει στο κτήριο.
 - Τα φυτά βοηθούν στην αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου, στην αύξηση της ταχύτητάς του και συμμετέχουν με την εξατμισοδιαπνοή και στη θερμική άνεση του εσωτερικού χώρου το καλοκαίρι





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Διαμπερής αερισμός λόγω ανέμου:
 - ένας χώρος αερίζεται αποτελεσματικά, όταν η κίνηση του αέρα είναι διαμπερής, ανάμεσα σε δύο ανοίγματα, τοποθετημένα αντιδιαμετρικά και σε διαφορετική υψομετρική στάθμη

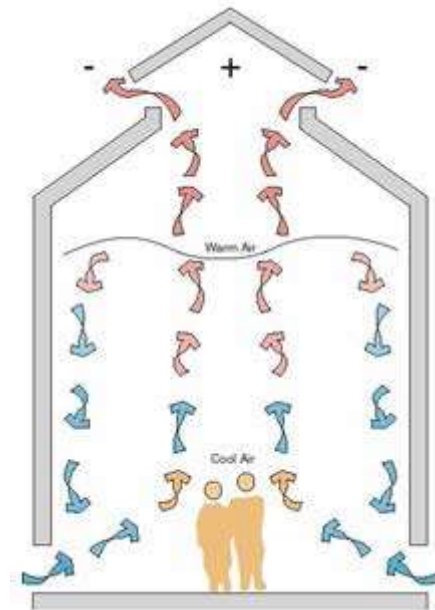




ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

■ Φαινόμενο καμινάδας

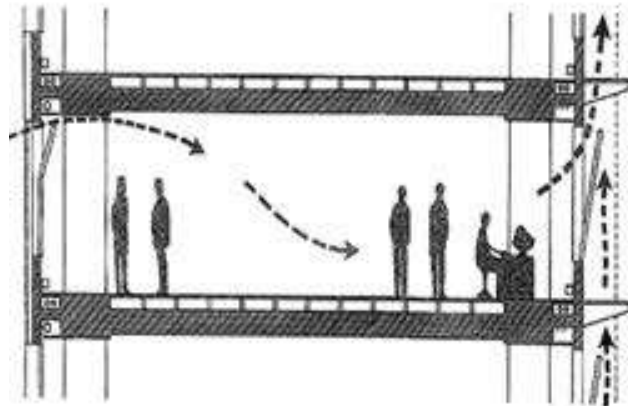
- Όταν ο αέρας θερμανθεί, διαστέλλεται, μειώνεται η πυκνότητά του και επομένως κινείται ανοδικά.
 - Εάν προσφερθεί διέξοδος στο ανερχόμενο ρεύμα, εισέρχεται αέρας από το εξωτερικό περιβάλλον για να αναπληρώσει αυτόν που διέφυγε.
 - Για να δημιουργηθεί δροσισμός πρέπει ο εισερχόμενος αέρας που αντικαθιστά τη θερμή μάζα του χρησιμοποιημένου αέρα που οδηγήθηκε έξω από το κτήριο να είναι χαμηλότερης θερμοκρασίας.
 - Η διαμόρφωση του κελύφους με φεγγίτες ή ανοίγματα οροφής και ανοίγματα στο κάτω τμήμα της πρόσοψης διευκολύνει την κίνηση του αέρα λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.
 - Όσο μεγαλύτερη είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των ανοιγμάτων ή όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα, τόσο αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα που κινείται μέσα στο κτήριο και κατά συνέπεια και ο δροσισμός και η αίσθηση της θερμικής άνεσης,





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

- Δικέλυφα κτίρια (αεριζόμενη πρόσοψη)
 - Ένα δεύτερο γυάλινο κέλυφος, σε μικρή απόσταση από το εξωτερικό δημιουργεί ένα κενό κυκλοφορίας αέρα μεταξύ των κατακόρυφων επιφανειών του κτηρίου. Στο ψηλότερο σημείο του κελύφους τοποθετούνται ανοίγματα για την απομάκρυνση του θερμού ανοδικού αέρα που έχει θερμανθεί από τον ήλιο, ενώ αυτή η κίνηση δημιουργεί και ενισχύει τα ρεύματα του αέρα που διανέμονται στο εσωτερικό του κτηρίου, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για ψύξη.





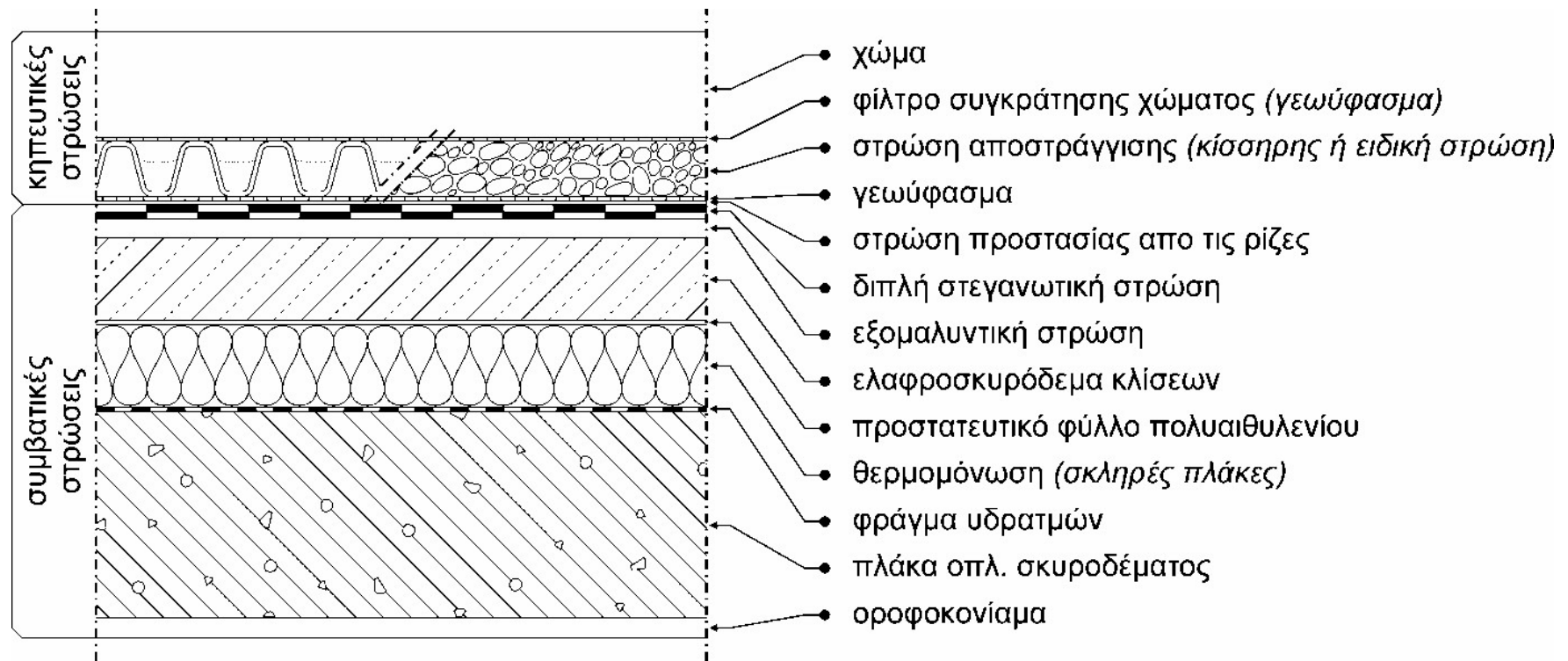
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Κατασκευή-2 τμήματα:
 - το συμπαγές τμήμα (διατομή του συμβατικού δώματος) και
 - το κηπευτικό (κηπευτικές στρώσεις με τις στεγανοποιητικές στρώσεις να αποτελούν τη διαχωριστική στρώση μεταξύ των δύο)
- Ο ρόλος των στεγανοποιητικών στρώσεων είναι καθοριστικός για τη διασφάλιση της διάρκειας ζωής της κατασκευής.
 - Παρόλο που οι στεγανοποιητικές στρώσεις σε ένα φυτεμένο δώμα προστατεύονται από τη θερμοκρασιακή διακύμανση και την υπεριώδη ακτινοβολία, αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο διάτρησής τους από τη διαβρωτική δράση των ριζών, έναντι της οποίας πρέπει να προστατεύονται με ειδικές στρώσεις προστασίας από τις ρίζες





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Το κηπευτικό τμήμα συγκροτείται από τις εξής στρώσεις:
 - Το **χώμα**, το οποίο αποτελείται από ειδικά μείγματα με μικρό ειδικό βάρος για μείωση των στατικών φορτίων.
 - Το **φίλτρο διαχωρισμού** του χώματος από την αποστραγγιστική στρώση. Αποτελείται συνηθέστερα από γεώφασμα και έχει το ρόλο της συγκράτησης των μικρής διαμέτρου υλικών του χώματος.
 - Τη **στρώση αποστράγγισης**. Στην περίπτωση ορισμένων φυτεμένων δωμαίων εκτατικού τύπου, στα οποία επιλέγεται αραιή, ανθεκτική βλάστηση χωρίς ιδιαίτερες ανάγκες υγρασίας, ενδέχεται να απουσιάζει. Ο ρόλος της στρώσης είναι διπλός: Συγκρατεί τμήμα του νερού για τη κάλυψη της ανάγκης των φυτών σε υγρασία και επιτρέπει την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού. Η στρώση αποστράγγισης αποτελείται από ελαφρό αδρανές υλικό όπως για παράδειγμα είναι η κίσηρη ή από ειδικές στρώσεις συνθετικού υλικού που έχουν τη μορφή κοιλοτήτων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Το κηπευτικό τμήμα συγκροτείται από τις εξής στρώσεις:
 - Το **γεωύφασμα**. Ο ρόλος του γεωυφάσματος είναι να προστατέψει τις υποκάτω στρώσεις από μηχανικές καταπονήσεις.
 - Τη **στρώση προστασίας από τις ρίζες**. Ο ρόλος της είναι να προστατέψει τις στεγανοποιητικές στρώσεις από τη διαβρωτική δράση των ριζών που ενδέχεται να φτάσουν μέχρι τη στεγανοποιητική στρώση. Συνήθως είναι ένα ειδικό φύλλο πολυαιθυλενίου ή κάποιο υλικό που απωθεί τις ρίζες. Ενδέχεται αυτή η στρώση να αποτελεί και την τελική επικάλυψη της στεγανοποιητικής στρώσης στην περίπτωση που επιλεγεί ειδικό ασφαλτόπανο με πιστοποιημένη προστασία κατά των ριζών. Η απαίτηση για παρουσία αυτής της στρώσης παραμένει ακόμη και στην περίπτωση επιλογής φυτών με ασθενές ριζικό σύστημα, δεδομένου ότι είναι πάντα πιθανή η ανάπτυξη παρασιτικών φυτών ή τοπικής βλάστησης με ισχυρό ριζικό σύστημα.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Το συμβατικό τμήμα της κατασκευής:
 - Το συμβατικό τμήμα της κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος δεν διαφοροποιείται ουσιαστικά από αυτό ενός συμβατικού δώματος.
 - Η βασική διαφοροποίηση προκύπτει από τις αυξημένες απαιτήσεις σε στεγανότητα. Γι' αυτό το λόγο μετά την πολύ προσεκτική εφαρμογή και της στεγανοποιητικής στρώσης απαιτείται έλεγχος της στεγανότητας του δώματος. Ο έλεγχος γίνεται με πλήρωση του δώματος με νερό, σε ύψος τουλάχιστον ίσο με το τελικό ύψος της στρώσης αποστράγγισης. Το νερό πρέπει να παραμείνει τουλάχιστον για τρεις ημέρες, ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν διαρροές νερού προς την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Σε αντίθετη περίπτωση, ενδεχόμενη διαρροή θα απαιτήσει, πέρα από το αποξήλωση και την επανατοποθέτηση νέας στεγανοποιητικής στρώσης, και την απομάκρυνση του συνόλου των κηπευτικών στρώσεων, γεγονός που συνοδεύεται από πολύ ψηλό κόστος και δυσκολία στην κατασκευή λόγω της θέσης των εργασιών (στο υψηλότερο σημείο του κτηρίου).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Τα πάχη των κηπευτικών στρώσεων:
 - εξαρτώνται από την επιλογή των φυτών που θα αναπτυχθούν στο φυτεμένο δώμα.
 - Για φυτά με μικρό βάθος ανάπτυξης ριζών, τα οποία δεν έχουν απαίτηση για παρουσία μόνιμης υγρασίας ή νερού στο χώμα, οι κηπευτικές στρώσεις μπορεί να έχουν σχετικά μικρά πάχη, ακόμη και μικρότερα των 10 cm.
 - Το μέγιστο πάχος των κηπευτικών στρώσεων περιορίζεται μόνον από τα στατικά φορτία που μπορεί να δεχθεί η κατασκευή
- 3 τύποι φυτεμένου δώματος (ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κηπευτικών στρώσεων):
 - Εκτατικού τύπου ή χαμηλών απαιτήσεων φύτευσης.
 - Ημιεντατικού τύπου ή μέσων απαιτήσεων φύτευσης.
 - Εντατικού τύπου ή αυξημένων απαιτήσεων φύτευσης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Τα εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα:
 - Αποτελούν την απλούστερη μορφή φυτεμένου δώματος.
 - Μικρό πάχος των κηπευτικών στρώσεων,
 - Σχετικά μικρό βάρος
 - Απουσία αρδευτικού
 - μπορούν να αναπτυχθούν ακόμη και σε κεκλιμένες στέγες με την προσθήκη ενός στοιχείου συγκράτησης των κηπευτικών στρώσεων, το οποίο μπορεί να είναι ένα συνθετικό πλέγμα εντός του μείγματος φύτευσης.
 - Στο σύνολό τους είναι μη επισκέψιμα, δεδομένου ότι τα μικρά πάχη στρώσεων φύτευσης και το ασθενές ριζικό σύστημα που αναπτύσσεται σε αυτά είναι ευαίσθητα στα φορτία.
 - Τα αντιπροσωπευτικά βάρη των κηπευτικών στρώσεων για πάχη 10 - 15 cm κυμαίνονται μεταξύ 90 - 120 kg/m² σε κατάσταση κορεσμού με πλήρη αποθήκευση νερού στη στρώση αποστράγγισης.
 - Μικρή επίδραση στην ενεργειακή συμπεριφορά του δώματος.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Τα ημιεντατικού τύπου φυτεμένα δώματα:
 - αποτελούν μια ενδιάμεση κατηγορία φυτεμένου δώματος, η οποία δεν προσδιορίζεται με σαφή τρόπο.
 - χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ελευθερία στην επιλογή του πάχους των στρώσεων (περίπου 10 - 25 cm) και των φυτών.
 - Στην επιφάνειά τους μπορεί να αναπτυχθούν από πόα έως και μικροί θάμνοι, ενώ μπορούν να είναι είτε αρδευόμενα είτε όχι.
 - Κατά κανόνα συνοδεύονται από αποστραγγιστική στρώση.
 - Τα αντιπροσωπευτικά βάρη των κηπευτικών στρώσεων για πάχη 10 - 25 cm κυμαίνονται μεταξύ 100 - 150 kg/m² σε κατάσταση κορεσμού με πλήρη αποθήκευση νερού στη στρώση αποστράγγισης.
 - Έχουν αξιόλογη επίδραση στην ενεργειακή συμπεριφορά του δώματος.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Τα εντατικού τύπου φυτεμένα δώματα
 - χαρακτηρίζονται από σχετικά μεγάλα πάχη κηπευτικών στρώσεων (κατά κανόνα 25 - 35 cm αλλά και μεγαλύτερα) και από μεγάλη ελευθερία στην επιλογή των φυτών· μπορούν να επιλεγούν ακόμη και μικρά δέντρα.
 - Χαρακτηρίζονται από παρουσία αποστραγγιστικής στρώσης και κατά κανόνα από ένα μόνιμο σύστημα αυτόματης άρδευσης.
 - Μπορούν να εφαρμοστούν σε κτήρια και κατασκευές στις οποίες η στατική μελέτη έχει προβλέψει τα ισχυρά φορτία της κατασκευής.
 - Τα αντιπροσωπευτικά βάρη των κηπευτικών στρώσεων για πάχη 25 - 35 cm κυμαίνονται μεταξύ 150 - 350 kg/m² σε κατάσταση κορεσμού με πλήρη αποθήκευση νερού στη στρώση αποστράγγισης.
 - Έχουν αξιόλογη επίδραση στην ενεργειακή συμπεριφορά του δώματος.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- **Ιδιότητες του φυτεμένου δώματος**
 - Εξοικονόμηση ενέργειας κυρίως για ψύξη και λιγότερο για θέρμανση του κτηρίου.
 - Μείωση των δυσμενών φαινομένων που επιφέρει η δόμηση στο αστικό περιβάλλον.
 - Απορρόφηση ρύπων και σκόνης από τον ατμοσφαιρικό αέρα.
 - Εξομάλυνση της απορροής των όμβριων υδάτων στο δομημένο περιβάλλον.
 - Σημαντική αύξηση της διάρκειας ζωής των στεγανοποιητικών στρώσεων της διατομής.
 - Μείωση του αστικού θορύβου και βελτίωση της ηχομονωτικής προστασίας του δώματος.
 - Ενίσχυση του οικοσυστήματος της περιοχής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Σε σχέση με ένα συμβατικό δώμα, η βλάστηση και οι κηπευτικές στρώσεις δεν λειτουργούν απλά ως πρόσθετες στρώσεις που θα μετέβαλλαν το συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής, αλλά αντίθετα εμφανίζουν ένα σχετικά σύνθετο ενεργειακό σύστημα με πολύπλοκες και αλληλοεξαρτώμενες ενεργειακές ροές
 - Η ενεργειακή συμπεριφορά ενός φυτεμένου δώματος διαφοροποιείται σε σχέση με ενός συμβατικού, κυρίως λόγω της παρουσίας των παρακάτω ενεργειακών φαινομένων:
 - Εξατμισοδιαπνοής στο φύλλωμα και εξάτμισης στην επιφάνεια του χώματος.
 - Απορρόφησης ακτινοβολίας στο φύλλωμα.
 - Παρεμβολής της ζώνης των φυτών μεταξύ συμπαγών στρώσεων και ατμοσφαιρικού αέρα.
 - Θερμικής αδράνειας των κηπευτικών στρώσεων.
 - Δυναμικής μεταβολής της αγωγιμότητας των κηπευτικών στρώσεων ανάλογα με την περιεχόμενη υγρασία.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Συνεισφορά στη θερμομονωτική προστασία & το δροσισμό
 - Την χειμερινή περίοδο
 - η ηλιακή ακτινοβολία στις οριζόντιες επιφάνειες των κτηρίων είναι μειωμένη λόγω κυρίως της μεγάλης γωνίας, υπό την οποία προσπίπτει στις οριζόντιες επιφάνειες.
 - Παράλληλα, λόγω χαμηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος η λειτουργία της εξατμισοδιαπνοής πρακτικά αναστέλλεται.
 - Η σκίαση που επιφέρει το φύλλωμα στις συμπαγείς επιφάνειες παρόλο που είναι μειωμένη λόγω μικρότερης πυκνότητας φυλλώματος, μειώνει και την ηλιακή πρόσπτωση στην επιφάνεια του χώματος.
 - Λόγω της μειωμένης πυκνότητας βλάστησης μειώνεται και η θερμική απομόνωση της στρώσης του φυλλώματος με τον αέρα.
 - Επομένως, κατά την ψυχρή περίοδο του έτους η παρουσία της βλάστησης δεν μεταβάλλει αξιόλογα τις ενεργειακές ροές υπεράνω των κηπευτικών στρώσεων.
 - Έχει αποδειχθεί και πειραματικά ότι ειδικά για τις ελληνικές κλιματικές συνθήκες η ύπαρξη ακόμη και ασθενούς θερμομονωτικής προστασίας ενός φυτεμένου δώματος οδηγεί σε θερμικές απώλειες πρακτικά ίδιες με αυτές ενός συμβατικού. Σ' αυτήν την περίπτωση το φυτεμένο δώμα δεν συμβάλλει στη μείωση των θερμικών απωλειών από την οροφή του κτηρίου.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

■ Συνεισφορά στη θερμομονωτική προστασία & το δροσισμό

■ Την καλοκαιρινή περίοδο

- Η βλάστηση προκαλεί έντονη σκίαση των συμπαγών στρώσεων της διατομής, προστατεύοντάς τες από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία.
- Χάρη στο φαινόμενο της εξαμισοδιαπνοής, η θερμοκρασία στη ζώνη που αναπτύσσεται το φύλλωμα και μέχρι την επιφάνεια του χώματος παραμένει σε επίπεδα ακόμη και χαμηλότερα της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.
- Η μερική θερμική απομόνωση του αέρα μέσα στη ζώνη του φυλλώματος, έχει ως αποτέλεσμα η επιφάνεια του χώματος να έρχεται σε επαφή με αέρα που βρίσκεται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του αέρα την ημέρα και επομένως παραμένει σχετικά δροσερή.
- Η αυξημένη θερμική αγωγιμότητα των κηπευτικών στρώσεων, όταν υπάρχει παρουσία νερού στη στρώση αποστράγγισης ή όταν εκτελείται συχνή άρδευση του κήπου, έχει ως αποτέλεσμα οι κηπευτικές στρώσεις να εμφανίζουν σε όλη τη μάζα τους σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.
- Η υψηλή θερμοχωρητικότητά τους διασφαλίζει ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες των κηπευτικών στρώσεων παρουσιάζουν σταθερότητα και μικρή διακύμανση.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Φυτεμένο δώμα στις Ελληνικές κλιματικές συνθήκες (διαπιστώσεις)
 - είναι μια κατασκευή με σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι του συμβατικού δώματος. Σε ό,τι αφορά όμως στην ενεργειακή απόδοση του κτηρίου, η παρουσία και ο βαθμός της θερμομονωτικής προστασίας καθορίζουν κάθε φορά την ικανότητά του να συμμετέχει στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου.
 - Σε μία επαρκώς θερμομονωμένη διατομή δώματος, η εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος θα έχει μικρή έως αμελητέα συμβολή στην ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Η συμβολή περιορίζεται κυρίως στην ελαφρά θερμική αποφόρτιση του χώρου υπό το φυτεμένο δώμα, η οποία όμως μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμομονωτική προστασία της διατομής. Κατά τη χειμερινή περίοδο, η συμβολή είναι ακόμη μικρότερη.
 - Σε μία ανεπαρκώς θερμομονωμένη διατομή δώματος ή σε ένα μη θερμομονωμένο δώμα, η συμβολή του φυτεμένου δώματος είναι εντονότερη. Τη χειμερινή περίοδο, το σύστημα κηπευτικών στρώσεων - βλάστησης λειτουργεί ως πρόσθετη, ασθενής θερμομονωτική στρώση. Την καλοκαιρινή περίοδο, και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του φυτεμένου δώματος και τη συχνότητα άρδευσης, μπορεί να συμβάλει στο φυσικό δροσισμό του υποκάτω χώρου.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

- Στον Κ.Εν.Α.Κ.:
 - Η ύπαρξη του φυτεμένου δώματος αγνοείται στο πλαίσιο των υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης.
 - Στην περίπτωση της ενεργειακής επιθεώρησης κτηρίων με μη θερμομονωμένο ή με ανεπαρκώς θερμομονωμένο δώμα, η θετική επίδραση του φυτεμένου δώματος λαμβάνεται υπόψη με τη χρήση συντελεστών θερμοπερατότητας $1,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ και $0,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ αντίστοιχα (πίνακας 3.4β. στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010).



Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου

