

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ :

**«Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας για την επίτευξη
συνθηκών θερμικής άνεσης και εξοικονόμησης ενέργειας
σε υφιστάμενα κτίρια»**

Σπουδαστής:

Χρήστος Ζαφειρόπουλος

A.M 2960

Εισηγητές :

**Καθ. Δρ. Σωκράτης Καπλάνης
Υπεύθυνος εργαστηρίου Η.Μ.Ε**

**Αχιλλέας Κωστούλας
Εργαστηριακός συνεργάτης**

-ΠΑΤΡΑ 2001-

**"Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας για την
επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης και
εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια"**

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	8
Εισαγωγή.....	9

Α΄ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

Θερμική άνεση - Τρόποι ανταλλαγής θερμότητας σώματος με το περιβάλλον.

1.1 Θερμική άνεση.	10
1.2 Ανταλλαγή θερμότητας του σώματος με το περιβάλλον.....	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

Θερμορυθμιστικό σύστημα του ανθρώπου - Περιβαλλοντικές συνθήκες - Ζώνες άνεσης.

2.1 Φυσιολογική προσαρμογή στη θερμική ένταση.....	19
2.2 Περιβαλλοντικές Συνθήκες.....	23
2.3 Θερμοκρασία Επίδρασης (Effective Temperature, E.T.).....	24
2.4 Ζώνες Άνεσης.....	26
2.5 Θερμοκρασία Επιφάνειας.....	31
2.6 Κίνηση του Αέρα.	33
2.7 Υγρασία.	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°

Προσωπικές μεταβλητές - Παράγοντες Κατοίκων

3.1 Ένδυση.	37
3.2 Δραστηριότητα.	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

Δείκτες Θερμικής Άνεσης

4.1 Δείκτες μέσης ψήφου PMV (Predicted Mean Vote) και εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people) που προβλέπονται.	40
4.2 Θεωρητικά μοντέλα θερμικής άνεσης.	43
4.3 Εμπειρικά μοντέλα θερμικής άνεσης.	46
4.4 Μοντέλα προσομοίωσης.	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

Υπολογισμός δεικτών θερμικής άνεσης PMV (Predicted Mean Vote) και PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people)

5.1 Υπολογισμός P.M.V. (Predicted Mean Vote)	50
5.2 Ασυμμετρία Θερμικής Ακτινοβολίας.	62
5.3 Υπολογισμός εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων ατόμων (PPD) που προβλέπονται (Predicted Percentage of Dissatisfied).....	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

Παραμετρική διερεύνηση δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V.

6.1 Διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος (T_a)	69
6.2 Διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με την ταχύτητα του αέρα (U_a).....	72
6.3 Διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τη σχετική υγρασία ($H\%$).....	75
6.4 Διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τον ρυθμό μεταβολισμού (M).....	77

Β΄ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°

Εισαγωγή στο δεύτερο μέρος

7.1 Εισαγωγή.....79

Νέος ενεργειακός κανονισμός - Ο ρόλος της θερμομόνωσης στα υφιστάμενα κτίρια

8.1 Τα υφιστάμενα κτίρια και ο νέος ενεργειακός κανονισμός.....84

8.2 Ο ρόλος της θερμομόνωσης στα υφιστάμενα κτίρια για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης.....86

8.3 Η αναγκαιότητα αξιοποίησης των δυνατοτήτων που προσφέρονται για τη βελτίωση των υφισταμένων κτιρίων.....88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9°

Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια

9.1 Εφαρμογή θερμομονωτικών υλικών.....91

9.2 Δώματα.....92

9.3 Τοιχοποιίες.....94

9.4 Υπόγεια.....97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10°

Συμβολή των εξωτερικών κουφωμάτων στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην ποιότητα ζωής σε υφιστάμενα κτίρια

10.1 Ο ρόλος των εξωτερικών κουφωμάτων.....100

10.2 Σφράγισμα αρμών.....102

10.3 Αντικατάσταση κουφωμάτων.....103

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11°

Παθητικά ηλιακά συστήματα για εξοικονόμηση ενέργειας και επίτευξη συνθηκών άνεσης σε υφιστάμενα κτίρια (περίοδος θέρμανσης)

11.1 Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων.....104

11.2 Τα ηλιακά παράθυρα.....	106
11.3 Τα θερμοκήπια.....	107
11.4 Το Θερμοσιφωνικό Πέτασμα.....	111
11.5 Το «ηλιακό κέλυφος».....	113
11.6 Ο συλλέκτης παραθύρου.....	113

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12°

Επεμβάσεις για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στις περιόδους δροσισμού.

12.1 Αερισμός.....	115
12.2 Ηλιοπροστασία και σκίαση ανοιγμάτων.....	116
12.3 Θερμική μάζα του κελύφους.....	118
12.4 Χρώματα εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών.....	119

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13°

Κατευθυντήριες οδηγίες για τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων

13.1 Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική.....	120
--------------------------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14°

Κλίμα και άνεση (Βιοκλιματικοί χάρτες).

14.1 Χωρισμός της Ελλάδας σε ζώνες, σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης.....	124
14.2 Χωροθέτηση – Προσανατολισμός του κτιρίου.....	125
14.3 Προσδιορισμός της περιοχής ή ζώνης άνεσης.....	126
14.4 Μέθοδος Olgyay - Βιοκλιματικός χάρτης.....	130
14.5 Μέθοδος Givoni – Βιοκλιματικός χάρτης κτιρίου.....	134

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας I: Ρυθμός μεταβολισμού για διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. (Σε W/m^2 και Met).....	137
Πίνακας (II): Τιμές θερμικής αντίστασης και αγωγιμότητας για διάφορα είδη ντυσίματος.....	139
Πίνακας III: Θερμική αντίσταση των διαφόρων τύπων καθισμάτων.....	140
Πίνακας (iv) Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας το χειμώνα μέσω του κτιριακού περιβλήματος.....	141
Πίνακας (v) τεχνικές φυσικού φωτισμού για όλο το χρόνο.....	143
Πίνακας (vi) τεχνικές βελτίωσης της θερμικής άνεσης το καλοκαίρι ⁽²⁾	144
Πίνακας VII: Το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας για τη δεκαετία από 1988-1998.	146
Διαγράμματα P.M.V. συναρτήσει της Αποτελεσματικής Θερμοκρασίας t_0	147
Όργανα υπολογισμού θερμικής άνεσης-	149
Ισχύουσα κοινοτική νομοθεσία.....	151
Επεξηγήσεις συμβολών.....	158
Ορισμοί - λεξικό όρων.....	160
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ.....	165

Σχόλιο:

Η πτυχιακή αυτή εργασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας κατά την διάρκεια του εκπαιδευτικού έτους 2000-2001 και πραγματεύεται:

- στο πρώτο μέρος τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης, όλων εκείνων των συνθηκών δηλαδή που ικανοποιούν την πλειοψηφία των ανθρώπων, ώστε η άνεση, από ένα συναίσθημα υποκειμενικό, να γίνει μέγεθος υπολογίσιμο.
- τις επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν στα υφιστάμενα κτίρια ώστε να έχουμε τη μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας όχι όμως εις βάρος της θερμικής άνεσης, αλλά αντιθέτως με την ταυτόχρονη επίτευξη των βέλτιστων συνθηκών θερμικής άνεσης και ευεξίας.

Στόχος είναι η υπόδειξη προτάσεων ώστε εξοικονόμηση ενέργειας και θερμική άνεση να παύσουν να θεωρούνται όροι αντίθετοι και αντικρουόμενοι, αλλά να μετατραπούν σε έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους, ακόμα και στην περίπτωση των υφισταμένων κτιρίων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου Δρ. Σ. Καπλάνη και τον εργαστηριακό συνεργάτη Α. Κωστούλα για την βοήθεια, την υποστήριξη και τις υποδείξεις τους κατά τη συγγραφή της πτυχιακής αυτής εργασίας, καθώς και τους συμφοιτητές μου στο Εργαστήριο των Ήπιων μορφών Ενέργειας για την πολύτιμη στήριξή τους.

Η ραγδαία ανάπτυξη των επιστημών και της τεχνολογίας που χαρακτηρίζει την εποχή μας, έχει πολλές εκφράσεις. Εμφανή είναι η προσπάθεια για βελτίωση της ποιότητας της ζωής του ανθρώπου. Μία έκφραση αυτών των προσπαθειών επικεντρώνεται στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς το ενεργειακό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα και παράλληλα πιο απειλητικά για τη βιωσιμότητα του πλανήτη, προβλήματα.

Αναφερόμενοι στην εξοικονόμηση ενέργειας, εννοούμε την ενέργεια που καταναλώνουμε για να δημιουργηθούν μέσα σ' ένα περιβάλλον, όπως είναι τα σπίτια μας, τα γραφεία, τα σχολεία κ.τ.λ., οι συνθήκες που απαιτούνται για να αισθανόμαστε ευχάριστα. Δηλαδή τη δημιουργία εκείνων των συνθηκών που παρέχουν την αίσθηση μιας πλήρους φυσικής και διανοητικής ευχάριστης κατάστασης για τον άνθρωπο, μια κατάσταση πλήρους ευεξίας. Με άλλα λόγια επιζητούμε να μας δίνει το περιβάλλον το αίσθημα της «θερμικής άνεσης».

Η υγεία και η παραγωγική δραστηριότητα του ανθρώπου επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο άμεσο περιβάλλον του. Ο άνθρωπος προσπαθεί να προσαρμοστεί στο περιβάλλον αυτό ώστε να εξασφαλίσει τη βιολογική και ψυχολογική του ισορροπία.

Είναι γνωστό ότι ορισμένες κλιματικές συνθήκες ερεθίζουν και αναζωογονούν την παραγωγική δραστηριότητα του ανθρώπου, ενώ άλλες καταστέλλουν τη σωματική και πνευματική του προσπάθεια.

Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει την επίδραση της άνεσης στην ανθρώπινη δραστηριότητα και ευεξία και διαπίστωσαν ότι αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν.

Η πρόκληση για τον μελετητή - σχεδιαστή είναι η δημιουργία αυτών των συνθηκών άνεσης μέσα στα κτίρια, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας.

Θερμική άνεση - Τρόποι ανταλλαγής θερμότητας σώματος με το περιβάλλον

1.1 Θερμική άνεση.

Η θερμική άνεση δεν είναι ένα απλό θερμικό ισοδύναμο, καθώς οφείλει να συμπεριλαμβάνει και κάποιες σύνθετες ψυχολογικές διεργασίες. Το συναίσθημα της άνεσης περνάει από διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας στον ανθρώπινο εγκέφαλο πριν οδηγήσει σε μια έκφραση ή επιλογή. Η θερμική άνεση είναι ένα υποκειμενικό συναίσθημα το οποίο διαφέρει από άτομο σε άτομο, εξαρτάται και επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων.

Ως θερμική άνεση ορίζονται εκείνες οι συνθήκες στις οποίες ευρισκόμενο ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία αλλαγή, ήτοι ούτε πιο κρύο ούτε πιο ζεστό περιβάλλον.

(ASHARE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1989).⁽¹⁾

Το σώμα τότε διατηρεί την θερμική του ισορροπία και αποβάλλει θερμότητα με τον ίδιο ρυθμό που την παράγει, χωρίς να καταφεύγει σε ακραία φυσιολογικά μέσα, όπως η εφίδρωση και το ρίγος. Είναι φανερό πως σε περιβάλλον που δίνει θερμική άνεση τα άτομα δεν δοκιμάζουν καμία ένταση από ζέστη ή κρύο και δεν υπόκεινται σε καμία κόπωση, επομένως εργάζονται περισσότερο αποδοτικά.

Η θερμική ουδετερότητα, όπου ο καθένας δεν επιθυμεί ούτε θερμότερο ούτε ψυχρότερο περιβάλλον, είναι μια αναγκαία συνθήκη για θερμική άνεση.

Πάντως, η επίτευξη της θερμικής ουδετερότητας δεν εξασφαλίζει αναγκαστικά και την άνεση. Για παράδειγμα, ένα άτομο που είναι εκτεθειμένο σε ένα ασύμμετρο ακτινοβόλο πεδίο, μπορεί να βρίσκεται σε θερμική ουδετερότητα, αλλά είναι αμφίβολο αν θα αισθάνεται άνετα. Στις περισσότερες πάντως

περιπτώσεις που αντιμετωπίζονται στα κτίρια, οι δύο συνθήκες θα πρέπει να συμπίπτουν.

Επειδή είναι πάρα πολύ σημαντικό να αποκτήσουμε ένα ευχάριστο θερμικά περιβάλλον στα κτίρια, έχουν γίνει πολλές έρευνες, για να διαπιστωθούν εκείνες οι συνθήκες που ικανοποιούν τους περισσότερους ανθρώπους.

Μολονότι ο ορισμός της θερμικής άνεσης είναι αρκετά υποκειμενικός, γιατί άλλο είναι εκείνο που μπορεί να μετρηθεί και άλλο εκείνο που αισθανόμαστε, εν τούτοις πολλές πειραματικές έρευνες πάνω σε άτομα διαφορετικής ηλικίας και φύλου έδωσαν αποτελέσματα τα οποία καθορίζουν τις καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης του περιβάλλοντος όπως αυτό προσδιορίστηκε προηγουμένως.

Ωστόσο, υπάρχουν έξι πρωταρχικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση.

- Η θερμοκρασία του αέρα,
- η υγρασία,
- η θερμοκρασία επιφάνειας και
- η κίνηση του αέρα,

είναι περιβαλλοντικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζονται από τις αποφάσεις του αρχιτέκτονα στο σχεδιασμό των κτιρίων, καθώς και από τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης αυτού.

Εκτός όμως από τις παραπάνω περιβαλλοντικές μεταβλητές, η άνεση επηρεάζεται και από προσωπικές μεταβλητές όπως είναι

- Η δραστηριότητα και
- η ένδυση,

παράγοντες άνεσης δηλαδή που προσδιορίζονται από τους ανθρώπους.

Καθένας απ' αυτούς τους παράγοντες επηρεάζει μοναδικά τον τρόπο με τον οποίο το σώμα θα ανταλλάξει τη θερμότητα.⁽³²⁾

Υπάρχουν όμως και άλλοι παράγοντες όπως για παράδειγμα η δυνατότητα προσαρμογής του ατόμου, προσωπικές προσδοκίες και ο τρόπος συμπεριφοράς του.

Η επίτευξη των συνθηκών θερμικής άνεσης μπορεί να γίνει σχετικά εύκολα με την υπάρχουσα τεχνολογία των συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού. Τουλάχιστον στις περισσότερες εφαρμογές δεν υπάρχουν αξιεπέραστα τεχνικά εμπόδια, αν και έχει ιδιαίτερη σημασία για την επιτυχία του συστήματος η σωστή διαστασιολόγηση και επιλογή του συστήματος, η

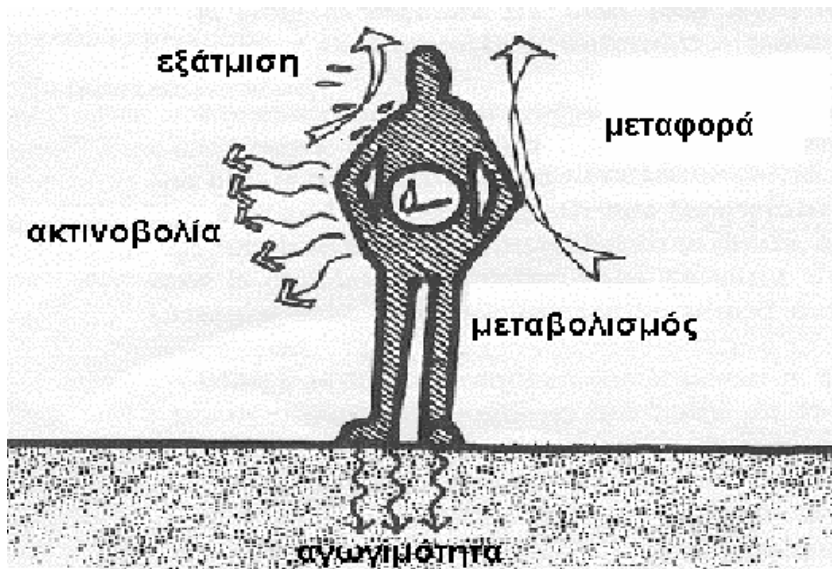
προσεκτική εγκατάσταση, η καλή λειτουργία και ο έλεγχος επιμέρους συστημάτων και τέλος η συστηματική συντήρηση.

Αυτό που έχει τα τελευταία χρόνια αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία είναι η επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών με την ορθολογική χρήση ενέργειας, δηλαδή εξοικονόμηση ενέργειας. Το πρόβλημα συνεπώς μετατίθεται στο να επιτευχθούν, διατηρηθούν και ελεγχθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης, μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωση ενέργειας.

Όμως, εάν τα επίπεδα θερμικής άνεσης σ' ένα χώρο δεν είναι τα ιδανικά, τότε θα πρέπει να γνωρίζουμε πόσο απέχουν από τα ιδανικά, ή μέσα σε ποια όρια θα πρέπει να διατηρήσουμε την θερμοκρασία και την υγρασία ώστε να επιτύχουμε ικανοποιητικά επίπεδα θερμικής άνεσης.

1.2 Ανταλλαγή θερμότητας του σώματος με το περιβάλλον.

Επειδή η θερμοκρασία του σώματος πρέπει να παραμείνει σταθερή, η θερμότητα που παράγεται από το μεταβολισμό πρέπει να απελευθερωθεί στο περιβάλλον, μέσω της επιφάνειας του δέρματος και της διαδικασίας της αναπνοής. Έτσι λοιπόν το σώμα μας ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον, όπως και κάθε άλλο φυσικό σώμα, με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία.⁽¹⁾



Σχήμα 1.2.1: Τρόποι ανταλλαγής θερμότητας του ανθρωπίνου σώματος με το περιβάλλον.

α) Διάδοση θερμότητας με αγωγή:

Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, η αγωγιμότητα μπορεί να αποτελέσει την κύρια πηγή απώλειας θερμότητας του σώματος. Μέσω της αγωγής, μεταφέρεται η θερμότητα από την επιφάνεια του δέρματος στην εξωτερική επιφάνεια των ενδυμάτων και αποβάλλεται τελικά στο περιβάλλον μέσω της μεταφοράς και της ακτινοβολίας.

$$Q_{cd} = Q_{cv} + Q_r \quad (1.2.1.)$$

όπου:

Q_{cd} : η διάδοση θερμότητας με μεταγωγή,

Q_{cv} : η διάδοση θερμότητας με μεταφορά και

Q_r : η διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία.

Η αισθητή θερμότητα που μεταφέρεται κατά τον τρόπο αυτό δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{cd} = A_{Du} \times \frac{t_s - t_a}{R_{cl}} \quad (1.2.2.) \quad \text{ή} \quad Q_{cd} = A_{Du} \times \frac{t_s - t_a}{0.18 \times I_{cl}} \quad (1.2.3.)$$

(kcal/h)

όπου:

R_{cl} : η θερμομόνωση της ενδυμασίας (W/m^2) που η τιμή της υπολογίζεται κάθε φορά από τη σχέση:

$$R_{cl} = 0.18 \times I_{cl} \quad (1.2.4)$$

A_{Du} : η επιφάνεια Du Bois, δηλαδή το εμβαδόν επιφάνειας του γυμνού σώματος (m^2). Τα πιο χρήσιμα κριτήρια της επιφάνειας περιοχής του γυμνού σώματος, αρχικά προτάθηκαν από τον DuBois (1916) και περιγράφονται από τη σχέση⁽¹⁴⁾:

$$A_{Du} = 0.202 \times m^{0.425} \times L^{0.725} \quad (1.2.5)$$

Όπου:

m: Μάζα [kg], και

L: Ύψος [m].

Για έναν μέσο άνθρωπο, διαστάσεων 1.73m και 70kg, ισχύει ότι $A_D=1.8m^2$

t_s : η θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος ($^{\circ}C$),

t_a : η θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος ($^{\circ}C$) και

I_{cl} : η θερμική αντίσταση των ενδυμάτων ($m^2 \times h \times ^{\circ}C/kcal$), όπου η τιμή της

δίδεται από τη γνωστή σχέση (1.2.4): $I_{cl} = \frac{R_{cl}}{0.18}$

β) Διάδοση θερμότητας με μεταφορά:

Αυτή πραγματοποιείται από την εξωτερική επιφάνεια του ντυμένου σώματος προς τον αέρα του περιβάλλοντος (Q_{cv}).

Οι απώλειες του σώματος δια μεταφοράς, εκφράζονται από την εξής σχέση:

$$Q_{cv} = A_{Du} \times f_{cl} \times h_c (t_{cl} - t_a) \quad (\text{kcal/h})$$

(1.2.6.)

όπου:

A_{Du} : η επιφάνεια Du Bois, δηλαδή το εμβαδόν επιφάνειας του γυμνού σώματος (m^2),

f_{cl} : ο λόγος της επιφάνειας του ντυμένου σώματος προς την επιφάνεια του γυμνού σώματος.

h_c : ο συντελεστής μεταφοράς της θερμότητας ($\text{kcal}/\text{m}^2 \times \text{h} \times ^\circ\text{C}$).

t_{cl} : η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του ντυμένου σώματος ($^\circ\text{C}$).

Η τιμή του συντελεστή μεταφοράς (h_c) και η σχέση που θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά για τον υπολογισμό του, καθορίζεται από την ταχύτητα του αέρα. [$\text{W}/(\text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$].

Έτσι,

$$h_c = 2.38 \times (t_{cl} - t_a)^{0.25}, \quad \text{εάν } 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 \times \sqrt{v_{ar}} \quad (1.2.7)$$

και

$$h_c = 12.1 \times \sqrt{v_{ar}}, \quad \text{εάν } 2.38 \times (t_{cl} - t_a)^{0.25} \leq 12.1 \times \sqrt{v_{ar}} \quad (1.2.8)$$

όπου:

v_{ar} : Σχετική μέση ταχύτητα του αέρα. Η ταχύτητα του αέρα σχετική με τον άνθρωπο, συμπεριλαμβάνοντας και τις κινήσεις του σώματος. [m/s].

t_a : Η θερμοκρασία περιβάλλοντος [$^\circ\text{C}$].

P_a : Υγρασία .Μερική πίεση υδρατμών στον αέρα. [mmHg].

γ) Διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία:

Αυτή λαμβάνει χώρα από την εξωτερική επιφάνεια του ενδεδυμένου σώματος προς το περιβάλλον μέσα στον οποίο βρίσκεται το άτομο (Q_r).

Το σώμα μας επίσης αποβάλλει θερμότητα και με:

- τη διάχυση των υδρατμών από το δέρμα,
- την εξάτμιση του ιδρώτα πάνω στην επιφάνειά του, (Q_{ev}) και τέλος
- μέσω της αναπνοής (αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα, Q_{res}).

Η ολική απώλεια της λανθάνουσας θερμότητας μπορεί να μετρηθεί με τον έλεγχο του βάρους του σώματος. Τα ποσά της θερμότητας μεταβολισμού που διαχέονται με τον τρόπο αυτό, εξαρτώνται από τον βαθμό της φυσικής δραστηριότητας του ατόμου και την αντίσταση των ενδυμάτων στη διάχυση αυτή, τις συνθήκες του περιβάλλοντος και την ταχύτητα του αέρα.

Τα ποσά των απωλειών θερμότητας από μεταφορά και ακτινοβολία εξαρτώνται από την θερμοκρασία του αέρα του χώρου (t_a) και τη Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (t_{pr}) των τοιχωμάτων του.

Η ανταλλαγή θερμότητας από ακτινοβολία μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος γίνεται όπως και μεταξύ δύο φυσικών σωμάτων και εκφράζεται από τον γνωστό τύπο του Stefan-Boltzmann:

$$Q_r = S_{eff} \times e \times S \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{pr} + 273)^4] \text{ σε [kcal/h]}, \quad (1.2.9)$$

όπου:

S_{eff} : η ενεργός επιφάνεια ακτινοβολίας του ντυμένου σώματος (m^2)

e : ο συντελεστής εκπομπής της εξωτερικής επιφάνειας του ντυμένου σώματος.

S : η σταθερά του Stefan-Boltzmann, η οποία είναι $4,96 \times 10^{-8}$ kcal/ $m^2 \times h \times K^4$.

t_{cl} : η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του ντυμένου σώματος ($^{\circ}C$).

t_{pr} : η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας ($^{\circ}C$).

Η ενεργός επιφάνεια ακτινοβολίας S_{eff} ισούται με το γινόμενο της επιφάνειας του γυμνού σώματος [m^2] (επιφάνεια Du Bois) και ενός συντελεστή (συντελεστής ενεργού επιφάνειας ακτινοβολίας). Ο συντελεστής αυτός λαμβάνεται ίσος με 0,71 επί τον γνωστό συντελεστή f_{cl} :

$$S_{eff} = 0.71 \times f_{cl} \times A_{Du} \quad (1.2.10)$$

Ο συντελεστής εκπομπής ε λαμβάνεται ίσος με 0,97 δηλαδή σαν ο μέσος όρος του συντελεστή ε του δέρματος ($\varepsilon \approx 1$) και του συντελεστή εκπομπής των ενδυμάτων ($\varepsilon \approx 0,95$).

Ο ακριβής διαχωρισμός ανάμεσα στις απώλειες από μεταφορά και ακτινοβολία, είναι δύσκολος και διαφέρει σημαντικά, αφού εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τη δραστηριότητα του ατόμου και το ντύσιμο.

Από τις πειραματικές έρευνες του Dr. E. Du Bois και τις μελέτες των B. Rabet και F. Hutchinson και του Dr. Badford εκτιμάται ότι 50% είναι οι απώλειες από ακτινοβολία και 25% από μεταφορά, σε σχέση δηλαδή 1 προς 2 σε σύνολο απωλειών 100 kcal περίπου, ενώ ένα 25% ακόμα, είναι οι σταθερές απώλειες λόγω της άδηλου και κανονικής αναπνοής⁽¹⁴⁾.

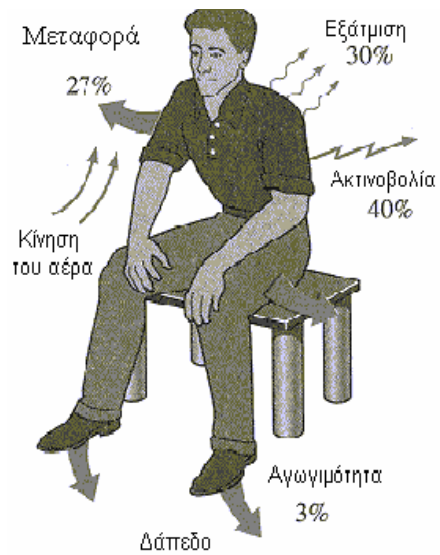
Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι η αποβολή θερμότητας από το σώμα γίνεται με τρεις μηχανισμούς: την εξάτμιση, τη μεταφορά και την ακτινοβολία.

Σε συνθήκες θερμικής άνεσης οι απώλειες λόγω εξάτμισης οφείλονται, σχεδόν αποκλειστικά στη λανθάνουσα θερμότητα της ατμοποίησης της άδηλου αναπνοής και των υδρατμών από τους πνεύμονες.

Οι απώλειες αυτές για έναν υγιή ενήλικα άνδρα είναι σχεδόν σταθερές. Για άτομο ντυμένο ελαφρά (0,5 Clo), οι απώλειες λόγω εξάτμισης είναι περίπου το 25% των ολικών απωλειών, δηλαδή 25 kcal/h και επειδή αυτές είναι σταθερές δε θα εξετάζονται στη συνέχεια.

Προκειμένου να δημιουργηθούν συνθήκες βιολογικής – θερμικής άνεσης πρέπει να προσδιοριστούν εκείνες οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επιτρέπουν στον άνθρωπο την καλύτερη προσαρμογή του με τη μικρότερη δαπάνη σωματικής ενέργειας.

Παρακάτω εικονίζονται σχηματικά, οι επί τοις εκατό απώλειες θερμότητας ενός ανθρώπου που ξεκουράζεται (σε ηρεμία)⁽³⁰⁾.



Σχήμα 1.2.2: Μηχανισμός απωλειών θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα και σχετικά μεγέθη, για έναν άνθρωπο που ξεκουράζεται.

Θερμορυθμιστικό σύστημα του ανθρώπου - Περιβαλλοντικές συνθήκες - Ζώνες άνεσης.

2.1 Φυσιολογική προσαρμογή στη θερμική ένταση.

Προκειμένου να καταφέρει το ανθρώπινο σώμα να ρυθμίσει τις απώλειες ή το κέρδος θερμότητας από το περιβάλλον, αυτομάτως ενεργοποιεί μια πλειάδα φυσιολογικών αλλαγών. Η ανάγκη για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία στο σώμα, εξασφαλίζεται από το **θερμορυθμιστικό σύστημα**.

Το **θερμορυθμιστικό σύστημα** δεν είναι παρά ένας τρόπος άμυνας του ανθρωπίνου σώματος προκειμένου να καταφέρει να αποβάλλει το ποσό θερμότητας που πρέπει, ώστε η εσωτερική του θερμοκρασία να παραμείνει σταθερή, ακόμα και στην περίπτωση που οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν είναι καθόλου ευνοϊκές, όπως για παράδειγμα πολύ ζέστη ή κρύο, υψηλή υγρασία κ.τ.λ.⁽¹⁾

Η σειρά των διαδικασιών που ακολουθεί το θερμορυθμιστικό σύστημα είναι η ακόλουθη:

Με διαστολή των αγγείων επιταχύνεται η ροή του αίματος προς το δέρμα και αυξάνεται η θερμοκρασία των άκρων (χεριών και ποδιών), σχεδόν στη θερμοκρασία του εσωτερικού του σώματος, γιατί έτσι με κανονική μέση θερμοκρασία του δέρματος στους 30 °C έως 36 °C, το σώμα μπορεί με επιτυχία να αποβάλλει θερμότητα σ' ένα ψυχρότερο περιβάλλον.

Εάν όμως οι κλιματολογικές συνθήκες του περιβάλλοντος είναι τέτοιες, ώστε το μέσον αυτό να μην επαρκεί, π.χ. όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του σώματος, ή το σώμα δέχεται θερμότητα από θερμή πηγή ή ακόμα όταν το άτομο εκτελεί βαριά εργασία κ.τ.λ., τότε το σώμα βάζει σε λειτουργία τον πιο αποτελεσματικό μηχανισμό ρυθμίσεως της θερμοκρασίας του, που δεν είναι άλλος παρά η ψύξη μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα.

Για να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα του μηχανισμού αυτού, αναφέρουμε πως για να εξατμιστούν 30gr ιδρώτα απορροφούνται περίπου 16

kcal και ακόμα ότι η εξάτμιση του ιδρώτα είναι ικανή και σε ένα κεκορεσμένο περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει γιατί το νερό εξατμίζεται με βάση τη διαφορά πίεσεως των υδρατμών και όχι τη διαφορά μεταξύ 100% υγρασίας του ιδρώτα πάνω στην επιφάνεια του δέρματος και τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.

Εάν π.χ. η θερμοκρασία του δέρματος είναι 35 °C, ο ιδρώτας πάνω στο δέρμα θα έχει την ίδια θερμοκρασία και η πίεση των υδρατμών του θα είναι 42 mmHg, ενώ η πίεση των υδρατμών του αρκετά ψυχρότερου αέρα, ακόμα κι αν έχει 100% υγρασία, θα είναι αισθητά χαμηλότερη.

Όταν οι κλιματολογικές συνθήκες είναι αντίθετες προς τις προηγούμενες, δηλαδή το άτομο βρίσκεται σε πολύ ψυχρό περιβάλλον, τότε η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του δέρματός του και της θερμοκρασίας του αέρα και των επιφανειών του περιβάλλοντος είναι μεγάλη και οι απώλειες θερμότητας του σώματος αυξημένες.

Για να περιορίσει τις απώλειες αυτές το σώμα συστέλλει, μέσω του θερμορρυθμιστικού του συστήματος τα αγγεία και ελαττώνει τη ροή θερμότητας προς το δέρμα, με αποτέλεσμα την ελάττωση της θερμοκρασίας αρχικά των άκρων και κατόπιν γενικά της εξωτερικής επιφάνειας του σώματος.

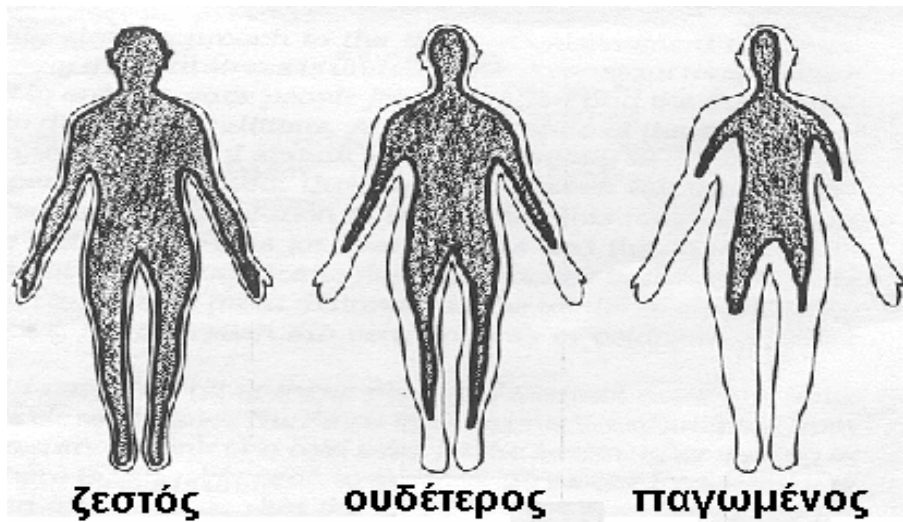
Εάν και με αυτόν τον τρόπο δεν αποκατασταθεί η θερμική ισορροπία, δηλ. το ποσό της θερμότητας που παράγεται μέσα στο σώμα είναι μικρότερο από τις θερμικές του απώλειες προς το περιβάλλον, τότε βαθιοί ιστοί ενεργοποιούνται και αρχίζει να λειτουργεί ο μηχανισμός του ρίγους (τρεμούλιασμα) που είναι μια ακούσια φυσική δραστηριότητα που αυξάνει το μεταβολισμό και την εσωτερική παραγωγή θερμότητας. Αυτή είναι μια προσπάθεια του σώματος να εμποδίσει την παραπέρα πτώση της θερμοκρασίας του, και προκαλεί μια επιπρόσθετη παραγωγή ενέργειας, περίπου 400 W



Σχήμα 2.1.1: Ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας από το μεταβολισμό μπορεί να αυξηθεί ακόμα και έξι φορές από τον κανονικό, κατά τη διάρκεια του τρεμουλιάσματος σε κρύο περιβάλλον.

Όταν η θερμοκρασία των χεριών και των ποδιών ελαττωθεί σημαντικά, θα περίμενε κανείς ότι ο θερμορυθμιστικός μηχανισμός θα δοκίμαζε να στείλει περισσότερο αίμα σ' αυτά, αντίθετα τα αγγεία των άκρων συστέλλονται και κυκλοφορεί σ' αυτά λιγότερο αίμα. Αυτός ο «θερμικός διαχωρισμός» (ή μετανάστευση αίματος) είναι μια απ' τις πιο σημαντικές στρατηγικές ώστε το σώμα να ελαττώσει τις απώλειες θερμότητας.

Ο οργανισμός, προκειμένου να οικονομήσει ζεστό αίμα για άλλα μέρη του σώματος, πιο ζωτικά για την επιβίωσή του, εγκαταλείπει τα άκρα και αυτή είναι η αρχή του κρουσπαγήματος γιατί τον οργανισμό του ανθρώπου πριν από τη θερμική άνεση τον ενδιαφέρει η επιβίωση.



Σχήμα 2.1.2: Αποδημία του αίματος, προκειμένου το ανθρώπινο σώμα να ανταποκριθεί σε θερμά και κρύα περιβάλλοντα. Ο πυρήνας (σκιασμένη περιοχή) διατηρείται σε σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Η εξωτερική θερμοκρασία αλλάζει, και εξαρτάται από τις εξωτερικές συνθήκες.

Σκοπός λοιπόν του θερμορυθμιστικού συστήματος του σώματος είναι να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία μέσα στο σώμα στη μέση τιμή των 36-38 °C περίπου. Αυτό, όπως ήδη αναφέρθηκε, κατορθώνεται με την κυκλοφορία του αίματος που φέρνει θερμότητα σε όλα τα μέρη του σώματος.

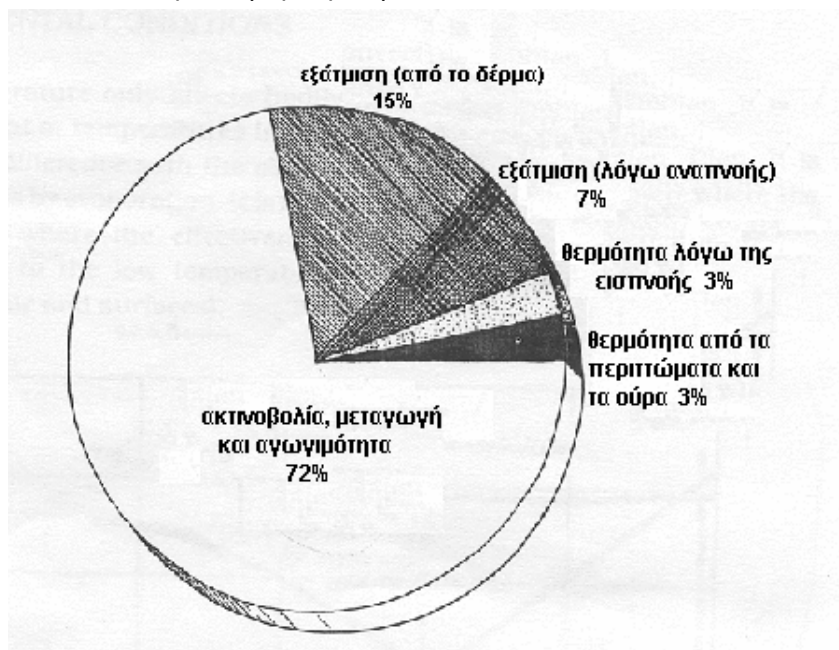
Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος κυμαίνεται μεταξύ 23 και 36 °C, για άτομο ντυμένο που βρίσκεται κάτω από συνθήκες θερμικής άνεσης.

Γενικά είναι παραδεκτό ότι μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος 33 °C περίπου ανταποκρίνεται στις συνθήκες άνεσης. Η θερμοκρασία αυτή είναι η μέση δέκα θερμοκρασιών οι οποίες λαμβάνονται από αντίστοιχα μέρη της επιφάνειας του σώματος, όπως το μέτωπο, ο αυχένας, το πίσω και το μπρος μέρος της παλάμης, ο αγκώνας, το στήθος, η πλάτη κ.λ.π.

Στις ακραίες περιπτώσεις πάντως, το κρύο είναι πιο υποφερτό από τη ζέστη, π.χ. ένα άτομο δεν μπορεί να εργαστεί με ασφάλεια περισσότερο από μισή ώρα σε συνθήκες θερμοκρασίας 55-60°C και 30% σχετική υγρασία.

Εάν ο αέρας είναι κεκορεσμένος, τότε η θερμοκρασία που μπορεί να υπομείνει ένα άτομο υπό σκιά είναι μόνο 33°C περίπου και εάν εργάζεται κάτω

από τις ηλιακές ακτίνες σ' ένα περιβάλλον μόνο 20°C και 100% σχετική υγρασία, μπορεί να πάθει καρδιακή προσβολή.⁽³⁰⁾

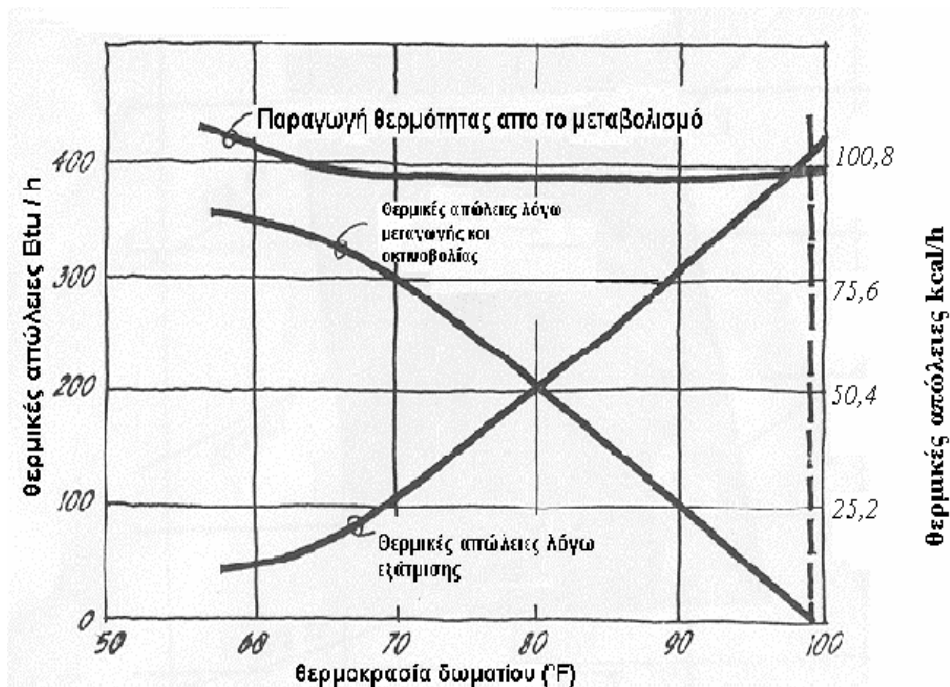


Σχήμα 2.1.3: Κατανομή των θερμικών απωλειών του σώματος στη θερμοκρασία των 70°F = 21°C.

2.2 Περιβαλλοντικές Συνθήκες.

α. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος από μόνη της επηρεάζει τη διάδοση θερμότητας του σώματος με μεταφορά και είναι πολύ σημαντική για τη θερμική ισορροπία και την άνεση ενός ανθρώπου. Είναι πολύ σημαντικό να εξετάσουμε τη θερμοκρασία μέσα και λίγο κάτω από τα όρια άνεσης όπου διαφέρει από τη θερμοκρασία του δέρματος.

β. Η υγρασία επηρεάζει μόνο την απώλεια θερμότητας του σώματος η οποία επιτυγχάνεται μέσω της εφίδρωσης. Παράλληλα η υγρασία παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στις υψηλότερες θερμοκρασίες του αέρα και της επιφάνειας του δέρματος, όπου οι απώλειες θερμότητας λόγω ακτινοβολίας και μεταγωγής μειώνονται. Αυτό οφείλεται στη μικρή διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει ανάμεσα στη θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος και αυτής του αέρα.

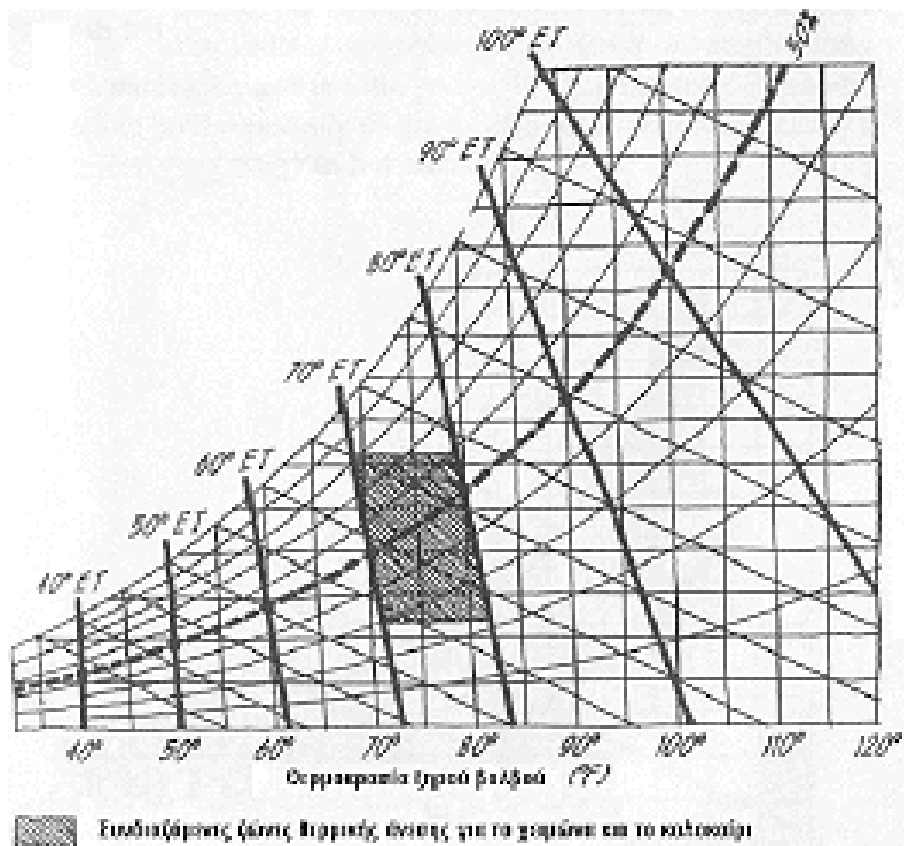


Σχήμα 2.2.1: Στις χαμηλότερες θερμοκρασίες, κυριαρχούν οι απώλειες θερμότητας από μεταγωγή και ακτινοβολία, ενώ σε θερμοκρασίες πάνω των 80°F οι θερμικές απώλειες λόγω εξάτμισης αρχίζουν να κυριαρχούν. (Flynn and Segil, 1970).

2.3 Θερμοκρασία Επίδρασης (Effective Temperature, E.T.).

Μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους υπολογισμού του θερμικού περιβάλλοντος είναι η θερμοκρασία επίδρασης (E.T.). Λαμβάνει υπ' όψιν της την από κοινού επίδραση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της υγρασίας για την επίτευξη της άνεσης.

Γραμμές σταθερής θερμοκρασίας επίδρασης, μπορούν να παρασταθούν στο ψυχομετρικό χάρτη παρουσιάζοντας γραφικά τις συνθήκες άνεσης. (Υποθέτουμε ότι η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας και η ταχύτητα του αέρα είναι σταθερές).



Σχήμα 2.3.1: Γραμμές σταθερής θερμοκρασίας επίδρασης (ET) στον ψυχομετρικό χάρτη. Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας και η ταχύτητα του αέρα είναι σταθερές.

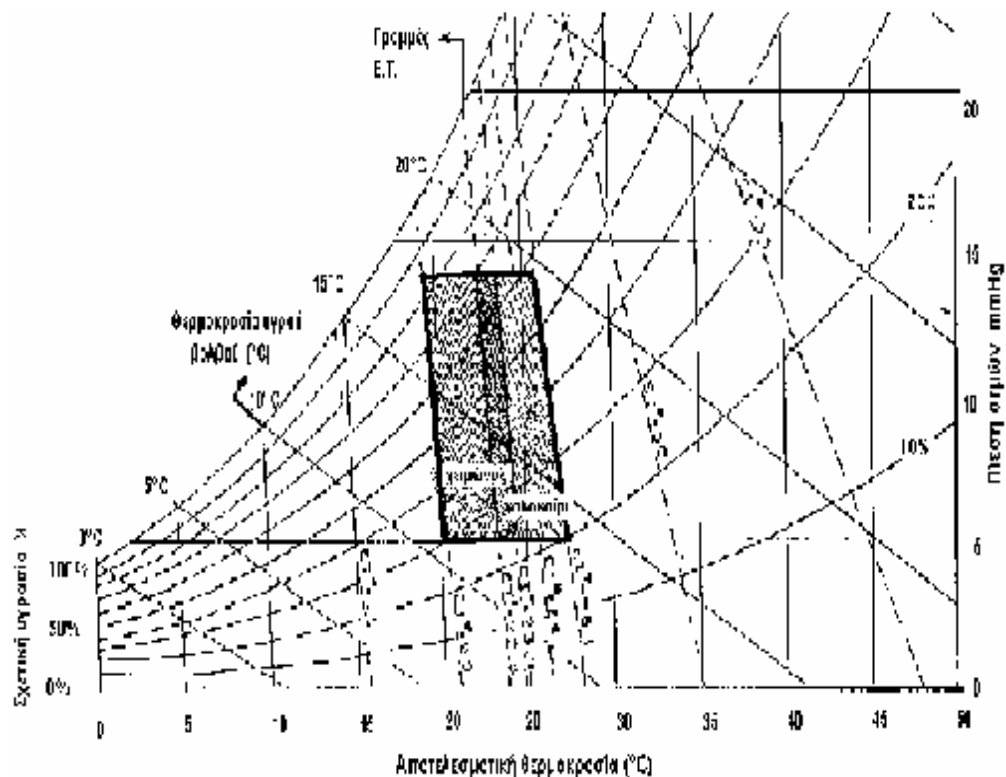
(Πηγή: ASHRAE, 1989).

Παρατηρούμε ότι η κάθε ευθεία θερμοκρασίας επίδρασης, έχει κατεύθυνση από κάτω δεξιά προς τα πάνω αριστερά και τέμνει την ευθεία που απεικονίζει τη θερμοκρασία ξηρού βολβού στο μέσον της αντίστοιχης ευθείας της υγρασίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι καθώς η υγρασία αυξάνεται, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μειώνεται (για την πλειοψηφία τουλάχιστον των ανθρώπων). Επίσης παρατηρούμε ότι στις χαμηλές θερμοκρασίες οι ευθείες της θερμοκρασίας επίδρασης είναι σχεδόν κάθετες, επειδή σε χαμηλές θερμοκρασίες η υγρασία έχει σχετικά χαμηλή επίδραση στην άνεση. Καθώς όμως η θερμοκρασία αυξάνεται, η επίδραση της υγρασίας στην άνεση είναι μεγαλύτερη και οι γραμμές θερμοκρασίας επίδρασης παίρνουν μεγαλύτερη κλίση.

Αυτό αντικατοπτρίζει τη φυσιολογική αντίδραση του σώματος να εξαρτάται βαθμιαία από την εξάτμιση για να χάσει θερμότητα καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

2.4 Ζώνες Άνεσης.

Οι δείκτες ή κλίμακες θερμικής άνεσης αξιολογούν και προσδιορίζουν τις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό περιβάλλον, με βάση τις μετρήσεις θερμοκρασιών ξηρού και υγρού θερμομέτρου και την ταχύτητα κίνησης του αέρα. Για τον καθορισμό των μέγιστων και ελάχιστων ορίων της θερμικής άνεσης, μια και θεσμοθετημένοι κανονισμοί δεν υπάρχουν, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σχετικές υποδείξεις ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, τη δραστηριότητα και την ένδυση των ενοίκων.



Σχήμα 4.2.1: Χειμερινή και θερινή ζώνη άνεσης. (Πηγή: ASHRAE, 1981).

22.8°C < E.T.<26.1°C για το καλοκαίρι

20.0°C < E.T.< 23.9°C για το χειμώνα.

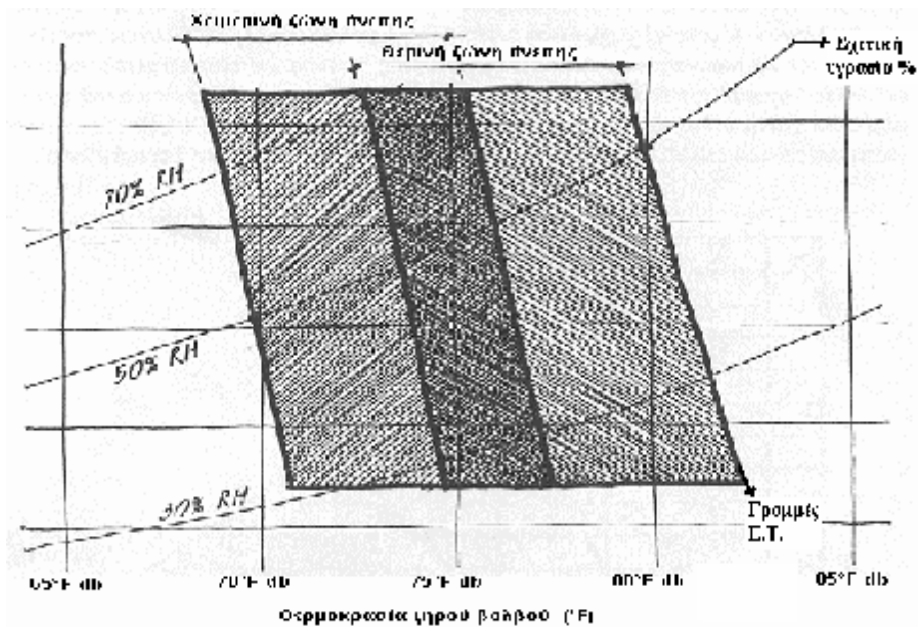
Οι ζώνες άνεσης προορίζονται να παρέχουν το αποδεκτά θερμικό περιβάλλον για τους ανθρώπους που φορούν τυπική ενδυμασία και η δραστηριότητά τους είναι στατική.

Το αποδεκτά θερμικό περιβάλλον είναι εκείνο το περιβάλλον στο οποίο τουλάχιστον το 80% των ατόμων που βρίσκονται μέσα σ' αυτό, αισθάνεται θερμικά ουδέτερο.⁽²²⁾

Στο παρακάτω σχήμα 2.4.2. που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι χειμερινές και θερινές συνθήκες απεικονίζοντας την επίδραση του διαφορετικού τρόπου ένδυσης σε εσωτερικούς χώρους (ανοιχτόχρωμα ρούχα και κοντομάνικα μπλουζάκια το καλοκαίρι, ενώ σκουρόχρωμα και μακρυμάνικες μπλούζες το χειμώνα).

Καθώς η άνεση εξαρτάται από μια ποικιλία παραγόντων, όπως είναι η ταχύτητα του αέρα, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (Μ.Θ.Α.), η δραστηριότητα και η ένδυση, όλες οι ζώνες άνεσης οριοθετούνται από ένα ανώτατο όριο υγρασίας της τάξεως των 0,012 μονάδων g/kg (επίπεδο στο οποίο η μούχλα γίνεται πρόβλημα) και ένα χαμηλότερο όριο υγρασίας της τάξης των 0,0043 μονάδων g/kg (επίπεδο στο οποίο η αναπνευστική δυσλειτουργία όπως ο βήχας και η καταρροή οφείλονται στην ξηρότητα του αέρα).

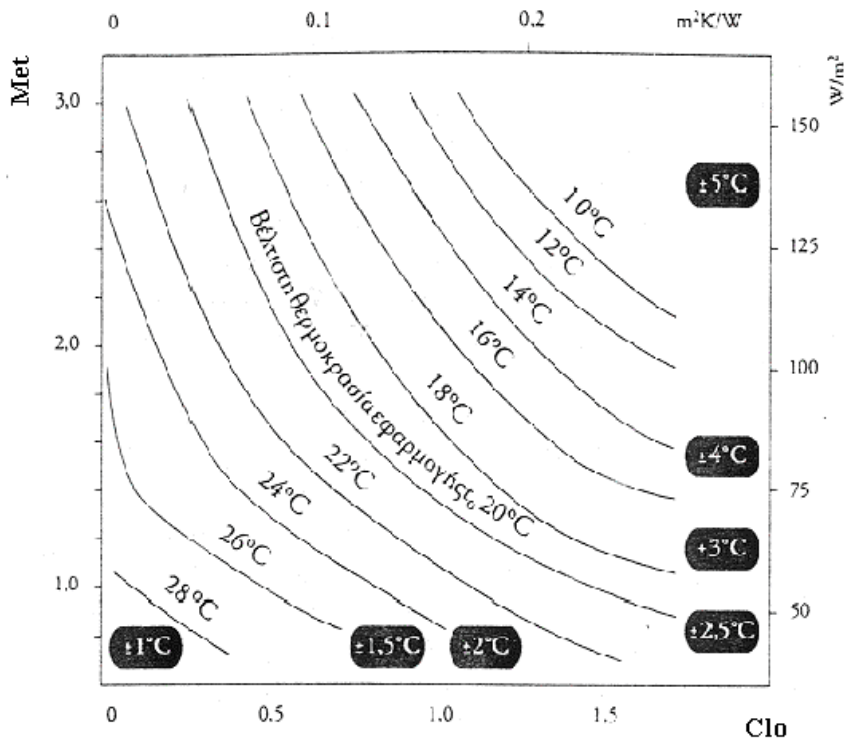
Τα όρια αυτά καθορίζονται από τις γραμμές θερμοκρασίας επίδρασης E.T. (η θερμοκρασία του περιβάλλοντος συμβάλλει στην επίδραση της υγρασίας στην άνεση).⁽³⁰⁾



Σχήμα 2.4.2: Χειμερινές και θερινές ζώνες άνεσης, για ελαφριά δραστηριότητα με τυπικά εποχιακά ντυσίματα (το χειμώνα 0,9 Clo, ενώ το καλοκαίρι 0,5 Clo), με ελάχιστη ταχύτητα του αέρα (λιγότερο από 0,15 m/s το χειμώνα και 0,25 m/s το καλοκαίρι) όπου η θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα και η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας είναι σταθερές. (ASHRAE, 1981).

Το παρακάτω σχήμα 2.4.3 δείχνει τη βέλτιστη θερμοκρασία εφαρμογής για διάφορους τύπους δραστηριότητας και ένδυσης. ⁽¹³⁾

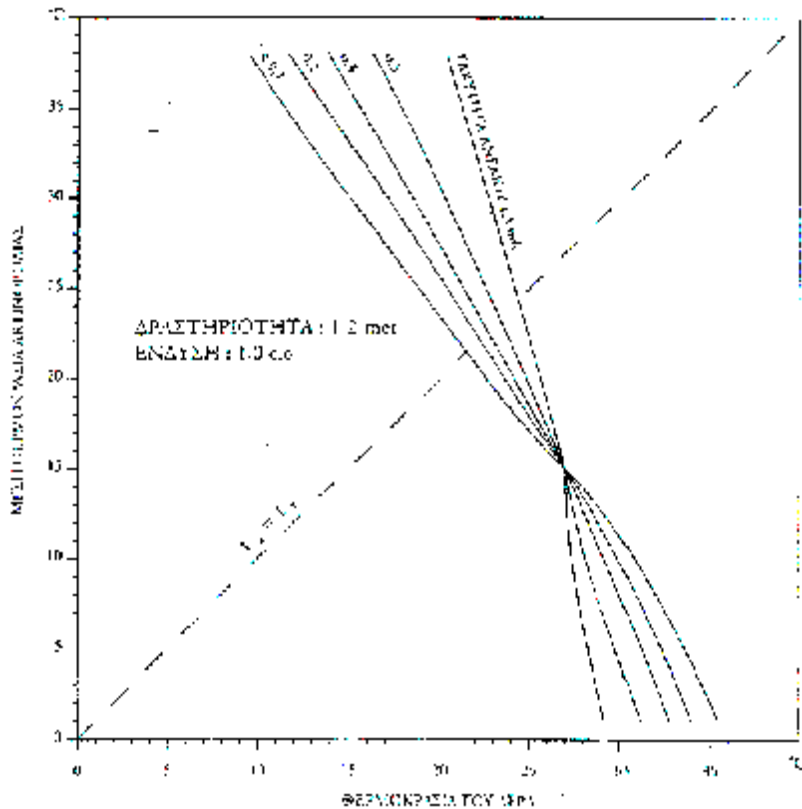
Το χειμώνα, για παράδειγμα, μια κοινή κατάσταση που συνιστάται σε κτίρια , γραφεία κ.τ.λ., είναι αυτή κατά την οποία ένα άτομο κάνει βασικά καθιστικές εργασίες (1.2 Met) και έχει στάθμη ένδυσης 1 Clo.



Σχήμα 2.4.3: Η βέλτιστη θερμοκρασία εφαρμογής ως συνάρτηση της δραστηριότητας και της ένδυσης. Οι σκιασμένες ή ασκίαστες ζώνες δείχνουν τις περιοχές άνεσης ($\pm \Delta t$) γύρω από τη βέλτιστη θερμοκρασία, στις οποίες το 80% και παραπάνω των ενοίκων αναμένεται να βρει τις θερμικές συνθήκες παραδεκτές (η σχετική υγρασία είναι 50%).

Από το σχήμα 2.4.3 μπορεί να φανεί ότι η θερμοκρασία που απαιτείται για αυτή την κατάσταση είναι $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Για καθιστικές εργασίες με τυπικές θερινές συνθήκες και ελαφριά ένδυση (0.5 Clo), η θερμοκρασία εφαρμογής είναι $24.5^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$.

Το διάγραμμα άνεσης που φαίνεται στο σχήμα 2.4.3 παρέχει διάφορους συνδυασμούς θερμοκρασίας του αέρα και μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας που δίνουν τις βέλτιστες συνθήκες. ⁽¹⁶⁾



Σχήμα 2.4.4: Διάγραμμα άνεσης (θερμοκρασία του αέρα προς μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας με τη σχετική ταχύτητα του αέρα ως παραμέτρου) για άτομα που έχουν ένδυση 1.0 Clo σε δραστηριότητα 1.2 Met (η σχετική υγρασία είναι 50%).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η μέση θερμοκρασίας ακτινοβολίας σε ένα παθητικό ηλιακό κτίριο μπορεί περιστασιακά να είναι πιο ψηλή απ' ό τι σε ένα όμοιο συμβατικό κτίριο. Έτσι τα παθητικά ηλιακά κτίρια μπορεί να χρειάζονται χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα για να είναι άνετα.

Ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζονται οι ζώνες άνεσης στον ψυχομετρικό χάρτη, περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 14.2.

Ο τρόπος υπολογισμού της θερμοκρασίας ξηρού και υγρού βολβού, είναι ο εξής:

Η θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα, είναι εκείνη η θερμοκρασία που μετράται με τα συνήθη θερμομέτρα. Κατά τη μέτρηση αυτή πρέπει ο "βολβός"

του θερμομέτρου (δεξαμενή υδραργύρου στα υδραργυρικά θερμομέτρα ή γενικά το σημείο λήψης της θερμοκρασίας που έρχεται σε επαφή με τον αέρα σε άλλου είδους θερμομέτρα) να είναι ξηρός, δηλαδή απαλλαγμένος από την υγρασία, διαφορετικά η ένδειξη του θερμομέτρου θα είναι εσφαλμένη και οπωσδήποτε χαμηλότερη από την κανονική θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα.

Επίσης, πρέπει ο "βολβός" να μην είναι εκτεθειμένος σε ακτινοβολίες, γιατί θα προκύψει θερμοκρασία μεγαλύτερη της κανονικής.

Από την άλλη, η θερμοκρασία υγρού βολβού του αέρα, μετράται πάλι με συνήθη θερμομέτρα, στα οποία όμως ο βολβός έχει περιβληθεί με γάζα εμποτισμένη σε καθαρό νερό ώστε να τον διατηρεί υγρό και είναι εντελώς εκτεθειμένο στον αέρα, και ανεξάρτητο από την υγρασία.

Κατά τη μέτρηση αυτή δημιουργούνται συνθήκες ταχείας εξάτμισης του νερού, είτε εμψύωντας αέρα στη γάζα με ανεμιστήρα, είτε περιστρέφοντας το θερμομέτρο υγρού βολβού μέσα στον αέρα.

Λόγω της εξάτμισης του νερού, αρχίζει να κατεβαίνει η θερμοκρασία του θερμομέτρου και όταν φτάσει στην τελική ισορροπία σταθεροποιείται η ένδειξη, οπότε και λαμβάνεται σαν θερμοκρασία υγρού βολβού (αντιστοιχεί στη χαμηλότερη ένδειξη).⁽⁹⁾

2.5 Θερμοκρασία Επιφάνειας.

Η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών (μετρημένες σε Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας) επηρεάζει την ικανότητα του σώματος να χάνει θερμότητα από ακτινοβολία. Δεδομένου ότι η απώλεια θερμότητας με ακτινοβολία αυξάνεται με τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο δέρμα και τις περιβάλλουσες επιφάνειες, η μελέτη της γίνεται περισσότερο σημαντική σε χαμηλές θερμοκρασίες (συνθήκες χειμώνα).

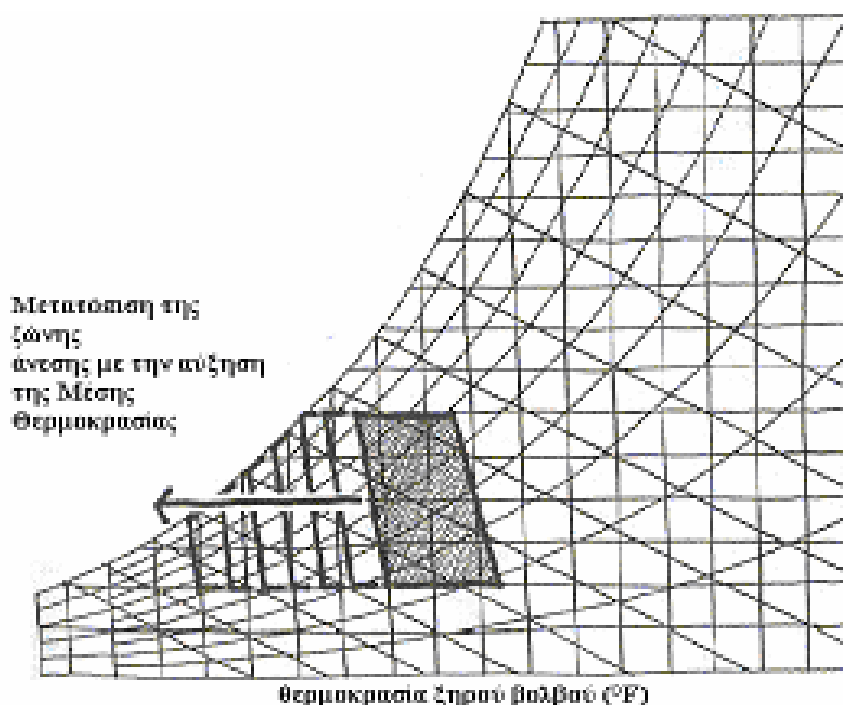
Στα περισσότερα κτίρια, η θερμοκρασία των επιφανειών είναι σχεδόν ίδια με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ωστόσο, όταν διαφέρουν μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τη θερμική άνεση. Η επίδραση της χαμηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος στη θερμική άνεση μπορεί να αντισταθμιστεί από την αύξηση της Μέσης Θερμοκρασίας Ακτινοβολίας.

Έτσι για παράδειγμα, η έκθεση σε μια ακτινοβολία όπως η ηλιακή, διαμέσου ενός παραθύρου ή ενός τοίχου που ζεσταίνεται απ' τον ήλιο επιτρέπει σε κάποιον να αισθάνεται άνετα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Αντίστροφα, η έκθεση σε μια μεγάλη και ασυνήθιστα κρύα επιφάνεια, (όπως ένα μεγάλο παράθυρο το χειμώνα) απαιτεί την αντιστάθμιση η οποία παρέχεται από υψηλότερες θερμοκρασίες ώστε να επιτευχθεί η άνεση.

Η θέρμανση από την ακτινοβολία, ζεσταίνοντας δηλαδή το σώμα παρά τον αέρα, ή η ψύξη, είναι αποτελεσματικές μέθοδοι άνεσης, αφού είναι εμπειρικά αδύνατον να ρυθμίσουμε τη θερμοκρασία του αέρα. Εξαιτίας της ακτινοβολίας του ήλιου, τα νότια παράθυρα αποτελούν μια πολύτιμη παθητική ηλιακή θέρμανση το χειμώνα.

Παρόμοια, η προστασία του κτιρίου και ιδίως των γυάλινων τμημάτων του με δένδρα και κρεμάμενη βλάστηση είναι μια βασική μέθοδος προστασίας σε περιοχές με θερμά κλίματα. Η σκίαση που επιτυγχάνεται από φυλλοβόλα κυρίως δέντρα, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική και παρατηρείται σε ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς κτιρίων, όπου η ανάγκη σκιασμού είναι μεγαλύτερη.



Σχήμα 2.5.1: Επίδραση της Μέσης Θερμοκρασίας Ακτινοβολίας στη ζώνη άνεσης. Παρατηρούμε πως η ζώνη άνεσης μετατοπίζεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, όταν αυξάνεται η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (Arends et al., 1980 τροποποιημένα με την ισχύουσα ζώνη άνεσης της ASHRAE.)

2.6 Κίνηση του Αέρα.

Οι απώλειες θερμότητας με μεταφορά αυξάνονται με την ταχύτητα του αέρα επειδή ο θερμότερος αέρας που αγγίζει το δέρμα αναπληρώνεται πιο δύσκολα από ψυχρότερο αέρα, παρά απ' ότι θα συνέβαινε φυσιολογικά. Η απώλεια θερμότητας με μεταγωγή είναι πιο σημαντική όταν η διαφορά θερμοκρασίας αέρα και δέρματος είναι μεγαλύτερη (κατά τη διάρκεια ψυχρών περιόδων).

Αυτή η επίδραση είναι τόσο σημαντική ώστε η θερμοκρασία του περιβάλλοντος από μόνη της αποτελεί μια ανεπαρκή μέτρηση για τις συνθήκες που επικρατούν το χειμώνα στο περιβάλλον.

Η απώλεια θερμότητας από εξάτμιση, επηρεάζεται από την ταχύτητα του αέρα. Ο ρυθμός εξάτμισης και επομένως της ελάττωσης της θερμοκρασίας του δέρματος, αυξάνεται με την ταχύτητα του αέρα καθώς ο υγρός αέρας κοντά στην επιφάνεια του δέρματος αποκαθίσταται από ξηρότερο αέρα περιβάλλοντος. Αυτό πρωταρχικά επηρεάζει τη θερμική άνεση σε θερμοκρασίες θερμού αέρα όταν πραγματοποιείται εφίδρωση. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος η ζώνη άνεσης μπορεί να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει και υψηλότερες θερμοκρασίες ξηρού βολβού καθώς η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται. Αυτή η επέκταση περιορίζεται από τις υψηλές ταχύτητες του αέρα.

Τα γενικά αποδεκτά επίπεδα άνεσης θέτουν όρια για τη μέγιστη ανεκτή ταχύτητα του αέρα. Έτσι περιορίζεται η περιοχή θερμικής άνεσης μόνο από την ταχύτητα του αέρα.

Υψηλότερες ταχύτητες του αέρα, αυξάνουν τους ρυθμούς εξάτμισης από το σώμα και συνεπώς ενισχύουν το συναίσθημα δροσισμού και μειώνουν την αρνητική επίδραση της υγρασίας.

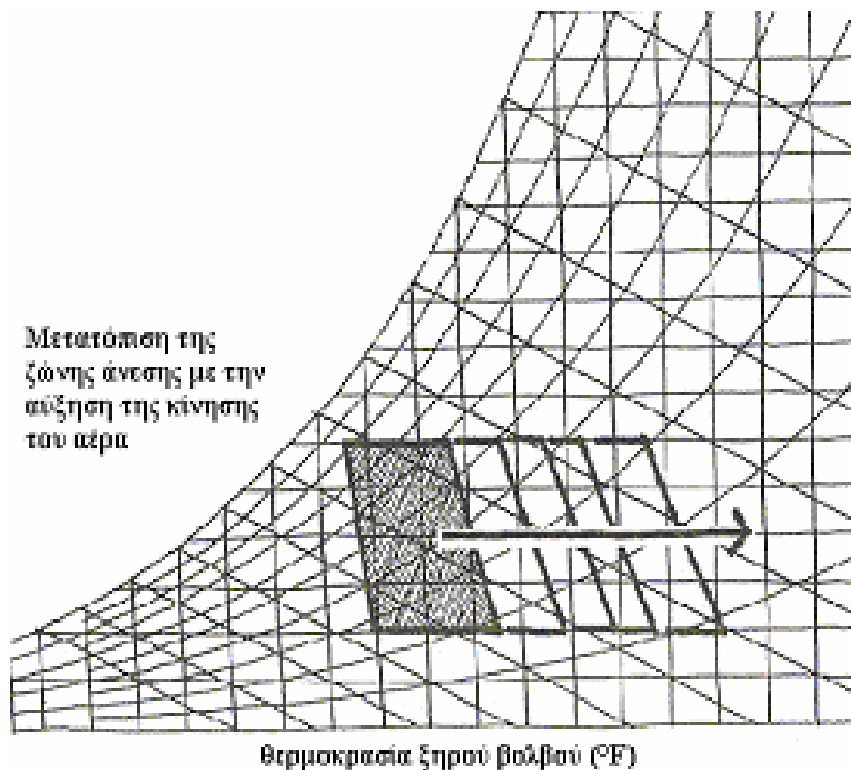
Αέρας λοιπόν με μεγαλύτερη ταχύτητα θα γίνεται ψυχρότερος. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό οι ταχύτητες να διατηρούνται χαμηλά το χειμώνα ώστε η θερμική άνεση να παρατηρείται στο χαμηλότερο επίπεδο θερμοκρασίας. Οι καθιστοί άνθρωποι είναι μάλιστα ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε ρεύματα, δηλαδή ανεπιθύμητο τοπικό κρύο. Το μέγιστο όριο της εσωτερικής ταχύτητας του αέρα που προτείνεται από την ASHRAE είναι 0,8 m/s.

Καθώς αυξάνεται το ενδιαφέρον για την εξοικονόμηση ενέργειας στη δόμηση, αυτά τα όρια αποτελούν πρόκληση για την πραγματοποίηση

ερευνών, υποστηρίζοντας ότι η αντοχή στην ταχύτητα του αέρα είναι υψηλότερη απ' ό τι θεωρούνταν. Αυτό σημαίνει ότι κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, απλά μια αύξηση της ταχύτητας του αέρα μπορεί να αποτελέσει έναν αποτελεσματικό και εναλλακτικό τρόπο ψύξης του αέρα με μηχανικό τρόπο.

Ο προσεκτικός σχεδιασμός λοιπόν των κλιματιστικών μηχανημάτων είναι αναγκαίος ώστε να αποφευχθούν μεγάλες ταχύτητες αέρα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην τοποθέτηση και το μέγεθος των εξαγωγών.

Παλαιά κτίρια με ρωγμές και μεγάλες ψυχρές επιφάνειες και χώροι μεγάλου ύψους δημιουργούν ανεπιθύμητες μορφές ρευμάτων αέρα.



Σχήμα 2.6.1: Επίδραση της ταχύτητας του αέρα στη θερινή ζώνη άνεσης. Παρατηρούμε πως με την αύξηση της ταχύτητας του αέρα, η ζώνη άνεσης μετατοπίζεται προς χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. (Arends et al., 1980, τροποποιημένα με την ισχύουσα ζώνη άνεσης της ASHRAE).

2.7 Υγρασία.

Ως σχετική υγρασία ορίζεται ο λόγος της μερικής πίεσης του υδρατμού που περιέχεται στον υγρό ατμοσφαιρικό αέρα, προς τη μερική πίεση του υδρατμού του ίδιου αέρα όταν είναι κορεσμένος, για τις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Σε μέσες θερμοκρασίες αέρα (μεταξύ 15-25 °C) και κάτω από σταθερές συνθήκες παραμονής (δηλαδή όταν ένα άτομο μένει στον ίδιο χώρο για πολύ ώρα), η υγρασία του αέρα έχει μικρή επίπτωση στη θερμική αίσθηση. Αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 10% θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα με αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 0.3°C.

Σε συνθήκες μετακίνησης (δηλαδή όταν ένα άτομο βγαίνει έξω από ένα κτίριο ή μετακινείται από ένα χώρο σε έναν άλλο με διαφορετική υγρασία), πάντως, η θερμική επίδραση της αλλαγής στην υγρασία μπορεί να είναι 2 - 3 φορές μεγαλύτερη.

Κάτω από συνθήκες μικρής ταχύτητας του αέρα και σταθερής Μέσης Θερμοκρασίας Ακτινοβολίας, τα ανώτερα και κατώτερα όρια της ζώνης άνεσης καθορίζονται από τις τιμές της υγρασίας οι οποίες κυμαίνονται από 0,012 μέχρι 0,0043 g/kg αντίστοιχα. Αυτά τα ανώτερα και κατώτερα όρια παραμένουν σταθερά ακόμα κι' όταν η ζώνη επεκτείνεται είτε από αλλαγές της ταχύτητας του αέρα, είτε της Μέσης Θερμοκρασίας Ακτινοβολίας (ASHRAE, 1989).

Άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν λιγότερο τα διατηρούμενα όρια άνεσης, υποστηρίζοντας ότι καθώς η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται οι περισσότεροι άνθρωποι αισθάνονται άνετα ακόμα και σε υψηλότερες τιμές υγρασίας. Αυτό, υποδεικνύει για παράδειγμα ότι η άνεση μπορεί να επιτευχθεί μέσα από ένα ακόμα πιο ευρύ φάσμα θερμοκρασιών του περιβάλλοντος και υγρασίας, απ' ότι

έως σήμερα αναγνωρίζεται, αυξάνοντας απλά την κίνηση του αέρα χωρίς απαραίτητα την ύπαρξη μηχανικών μέσων.

Παρόλο που στις περισσότερες περιπτώσεις που αντιμετωπίζονται στα κτίρια η υγρασία του αέρα έχει μια μέση θερμική επίπτωση, υπάρχουν κάποιοι λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να αποφεύγονται υψηλές στάθμες υγρασίας. Υψηλές στάθμες μπορεί, για παράδειγμα, να δημιουργήσουν προβλήματα μούχλας, σκόρου, στατικού ηλεκτρισμού και ξηρών βλεννογόνων υμένων. Η διατήρηση της σχετικής υγρασίας ανάμεσα στο 30% με 60% θα περιορίσει τέτοια προβλήματα.⁽¹²⁾

Προσωπικές μεταβλητές - Παράγοντες Κατοίκων

Καθώς οι παραπάνω περιβαλλοντικοί παράγοντες (θερμοκρασία περιβάλλοντος, υγρασία, ταχύτητα του αέρα, θερμοκρασία επιφάνειας) επηρεάζονται από το σχεδιασμό, η ένδυση και η δραστηριότητα αποτελούν παράγοντες άνεσης οι οποίοι προσδιορίζονται από τους κατοίκους και ουσιαστικά είναι έξω από τον έλεγχο του σχεδιαστή. Ωστόσο, επειδή επηρεάζουν την θερμική άνεση, έχουν μια έμμεση επίδραση στις σχεδιαστικές αποφάσεις.

3.1 Ένδυση.

Η ένδυση μας προσφέρει ένα μοναδικό κάλυμμα γύρω από το σώμα, παρέχει δηλαδή στον άνθρωπο θερμική μόνωση από το περιβάλλον του.

Επηρεάζει τη μεταφορά θερμότητας με:

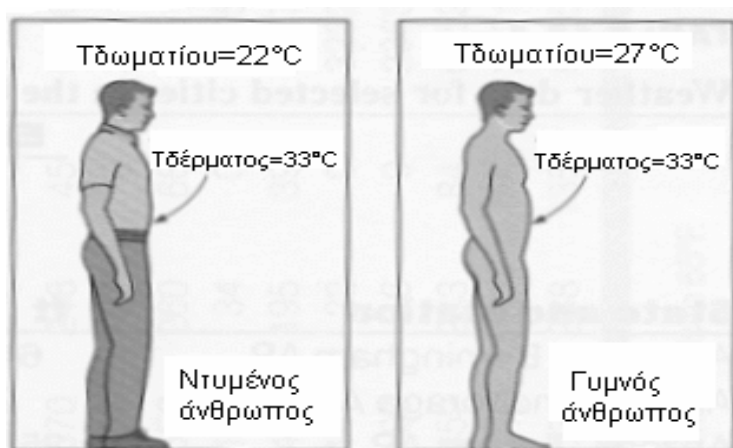
- μεταγωγή (εγκλωβίζοντας τον αέρα),
- ακτινοβολία (η θερμότητα του σώματος ακτινοβολείται στα ρούχα αντί να φεύγει ανεκμετάλλευτη προς τις εξωτερικές επιφάνειες) καθώς και με
- εξάτμιση (η κίνηση του αέρα κατά μήκος του δέρματος μειώνεται και σε συνάρτηση με το ύφασμα ο ιδρώτας μπορεί να εγκλωβιστεί στο δέρμα ή να απομακρυνθεί).⁽²³⁾

Η μονάδα Clo αποτελεί ένα μετρήσιμο μέγεθος της συνολικής θερμικής αντίστασης από το δέρμα προς την εξωτερική επιφάνεια του ντυμένου σώματος. 1 Clo είναι περίπου η θερμική αντίσταση ενός χειμερινού ενδύματος, δηλ. $0.155 \text{ m}^2 \times \text{°C/W}$. Η τιμή 0 Clo αναφέρεται στο τελείως γυμνό άτομο, ενώ 4,0 Clo είναι πρακτικά η μεγαλύτερη τιμή η οποία επιτρέπει στο σώμα να εκτελεί τις βασικές κινήσεις.

Καθώς τα επίπεδα του Clo αυξάνονται, η ζώνη άνεσης επεκτείνεται σε χαμηλότερες αποτελεσματικές θερμοκρασίες.

Η επίδραση της ένδυσης στην άνεση διαφέρει, ανάλογα με τα επίπεδα δραστηριότητας. Για παράδειγμα, μια αύξηση στο ρουχισμό από 0 Clo (γυμνό σώμα) σε 1,5 Clo (τυπικό χειμερινό ντύσιμο) θα μειώσει τις απαιτήσεις του για τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος κατά 8 °C για ένα άτομο που κάθεται, αλλά κατά 19 °C για ένα άτομο με υψηλή δραστηριότητα (FANGER, 1982).

Οι ιδιότητες θερμικής μόνωσης των διαφόρων ειδών ένδυσης δίδονται στον πίνακα (II) του παραρτήματος.⁽²⁶⁾



Σχήμα 3.1.1: Τα ρούχα προσφέρουν θερμομόνωση και η θερμοκρασία του δωματίου χρειάζεται να αυξηθεί για ένα γυμνό άνθρωπο, προκειμένου να διατηρηθεί στα ίδια επίπεδα άνεσης.

3.2 Δραστηριότητα.

Η τιμή του μεταβολισμού είναι το ποσό της ενέργειας που παράγεται στη μονάδα του χρόνου κατά τη μετατροπή της τροφής.

Επηρεάζεται από το βαθμό δραστηριότητας, καθώς όσο η δραστηριότητα αυξάνεται, αυξάνει και η θερμότητα που απελευθερώνεται από το μεταβολισμό. Ο ρυθμός μεταβολισμού μετράται σε μονάδες met ($1\text{met} = 18.4\text{Btu/h}\times\text{ft}^2 = 58\text{W/m}^2$) και είναι η συνολική ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας ενός μέσου ενήλικα που ξεκουράζεται. Η συνολική θερμότητα που παράγεται κατά το μεταβολισμό για έναν μέσο ενήλικα είναι περίπου 400 Btu/h (η μέση επιφάνεια του σώματός του είναι περίπου 1.8m^2).

Ο ρυθμός μεταβολισμού αυξάνει με το επίπεδο της φυσικής δραστηριότητας, φθάνει σε ένα μέγιστο επίπεδο της τάξης των 500 kcal/h (ή 2000 Btu/h) για δραστηριότητα μέσα σε φυσιολογικά όρια. Ο αυξανόμενος ρυθμός μεταβολισμού που παράγεται από υψηλά επίπεδα δραστηριότητας, πρέπει να διαχέεται στο περιβάλλον με σκοπό να κρατηθεί σταθερή η θερμοκρασία του σώματος.

Προκειμένου να καταφέρουμε να διατηρήσουμε την άνεση σε υψηλότερα επίπεδα δραστηριότητας, οι άλλες συνθήκες που επηρεάζουν την άνεση πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να αυξήσουν το ρυθμό διάχυσης της θερμότητας. Χαμηλότερη θερμοκρασία περιβάλλοντος ή επιφανειών, λιγότερη υγρασία, μεγαλύτερη ταχύτητα του αέρα ή λιγότερη ένδυση, θα μπορέσουν όλα να συμβάλλουν ώστε να αναπληρώσουν την επίδραση της υψηλής δραστηριότητας.

Η τιμή του μεταβολισμού για διάφορες δραστηριότητες, δίδεται από τον πίνακα (I) του παραρτήματος.⁽²⁶⁾

Δείκτες Θερμικής Άνεσης.

4.1 Δείκτες μέσης ψήφου **PMV** (Predicted Mean Vote) και εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων **PPD** (Predicted Percent of Dissatisfied people) που προβλέπονται.

Η ποσοτική συσχέτιση μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού συναισθήματος ενός ατόμου, έχει επιχειρηθεί από πολλούς. Ο πλέον επικρατέστερος τρόπος είναι αυτός που βασίζεται στη θεωρία του **PMV** (Predicted Mean Vote), και του δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων **PPD** (Predicted Percent of Dissatisfied people).

Το **PMV** είναι μια σύνθετη μαθηματική σχέση, μεταξύ των επιπέδων:

- δραστηριότητας,
 - ρουχισμού και
- τεσσάρων Περιβαλλοντικών Παραμέτρων:
- Της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος,
 - Της Μέσης Θερμοκρασίας Ακτινοβολίας,
 - Της ταχύτητας του αέρα και
 - Της σχετικής υγρασίας.

Ο προσδιορισμός του **PMV** έγινε με την ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων που προέκυψε από μια σειρά πειραμάτων, με ανθρώπους κάτω από διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, που δήλωναν τα επίπεδα άνεσης που αισθανόντουσαν. Αυτή η μέθοδος υπολογισμού της θερμικής άνεσης, από το 1984 αποτελεί Διεθνές Πρότυπο (ISO-7730) και Ευρωπαϊκό Πρότυπο (EN

27730, Moderate thermal environments-Determination of the **PMV** and **PPD** indices and specification of the conditions for thermal comfort [ISO 1984]), για χώρους με μέσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.⁽²⁷⁾

Σε σχέση με τη θερμική άνεση, υπάρχουν ακόμη το Διεθνές Πρότυπο ISO 9920 (Ergonomics of the thermal environment-Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble) και το ISO 8996 (Ergonomics-Determination of metabolic heat production). Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνεται επίσης στο νέο κανονισμό που ετοιμάζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με τους ενεργειακούς υπολογισμούς και πιστοποίηση των κτιρίων (prENV 1752 – Ventilation for buildings, Design criteria for the indoor environment). Το νέο αυτό πρότυπο βρίσκεται στο στάδιο της αξιολόγησης από τις εθνικές επιτροπές, δεν έχει περάσει δηλαδή ακόμα σε επίσημη ισχύ.

Μελέτες που έχουν γίνει από τον Rohles και Nevins (1971) και τον Rohles (1973) πάνω σε 1600 άτομα, αποκάλυψαν τη στατιστική σχέση ανάμεσα στο επίπεδο άνεσης, θερμοκρασίας, υγρασίας, φύλου, και τη διάρκεια έκθεσης. Οι εξισώσεις αυτής της μελέτης για την πρόγνωση της θερμικής αίσθησης (Y) από τη θερμοκρασία του αέρα και την ατμοσφαιρική πίεση των υδρατμών, για άνδρες και γυναίκες καθώς και συνδυασμού ανδρών και γυναικών, σε διαφορετικές περιόδους έκθεσης, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Η κλίμακα θερμικής αίσθησης που χρησιμοποιείται σε αυτές τις εξισώσεις και αναφέρεται ως κλίμακα θερμικής αίσθησης ASHARE είναι ίδια με την κλίμακα **PMV**.

Περίοδος έκθεσης (h)	Φύλο	Εξισώσεις μεταβολής
1.0	Άνδρας	$Y=0.220t+0.233P-5.673$
	Γυναίκα	$Y=0.272t+0.248P-7.245$
	Συνδυασμός	$Y=0.245t+0.248P-6.475$
2.0	Άνδρας	$Y=0.221t+0.270P-6.024$
	Γυναίκα	$Y=0.283t+0.210P-7.694$
	Συνδυασμός	$Y=0.252t+0.240P-6.859$
3.0	Άνδρας	$Y=0.212t+0.293P-5.949$
	Γυναίκα	$Y=0.275t+0.255P-8.622$
	Συνδυασμός	$Y=0.243t+0.278P-6.802$

Πίνακας 4.1.1: Πρόγνωση της θερμικής αίσθησης (Y) συναρτήσει της θερμοκρασίας του αέρα και της ατμοσφαιρικής πίεσης των υδρατμών, για άνδρες και γυναίκες καθώς και συνδυασμού ανδρών και γυναικών, σε διαφορετικές περιόδους έκθεσης.

Όπου:

t: θερμοκρασία ξηρού βολβού [°C]

P: πίεση των ατμών [kPa]

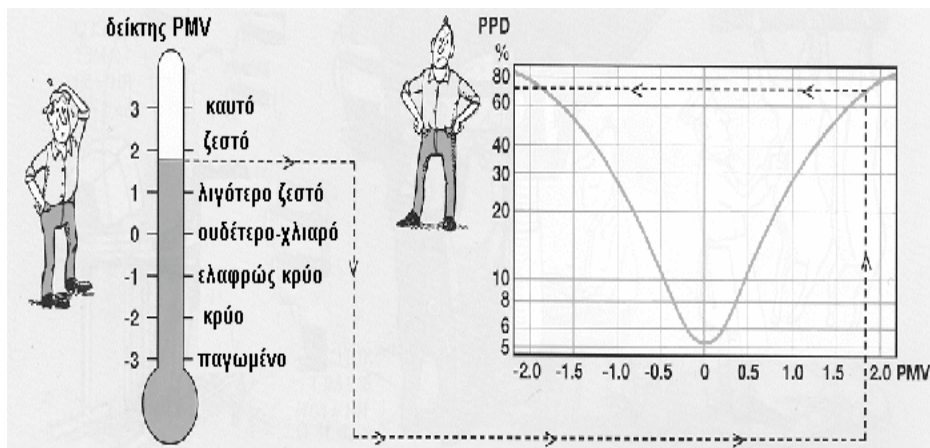
Y: τιμές της κλίμακας θερμικής αίσθησης ASHARE.

(Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συνδυασμός αφορά νέους ενήλικους με καθιστική δραστηριότητα και ρουχισμό με θερμική αντίσταση περίπου 0.5 Clo,

Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας $\bar{t}_r = \bar{t}_a$ Μέση Θερμοκρασία Περιβάλλοντος, και ταχύτητα του αέρα < 0.2 m/s).

Η κλίμακα **PMV** είναι επταβάθμια από το -3 (πολύ θερμό) ως το +3 (πολύ κρύο) όπου το 0 αναπαριστά τη θερμική ουδετερότητα και είναι το σημείο θερμικής άνεσης για την πλειοψηφία των ανθρώπων. Ακόμα κι' όταν ο δείκτης **PMV** είναι μηδέν, θα υπάρχουν ορισμένα άτομα που θα είναι δυσαρεστημένα με το επίπεδο θερμοκρασίας, παρά το γεγονός ότι όλοι είναι παρόμοια ντυμένοι και έχουν το ίδιο επίπεδο δραστηριότητας. Η εκτίμηση της άνεσης διαφέρει λίγο από άτομο σε άτομο.

Για να προβλέψουμε το ποσοστό δυσαρέσκειας των ατόμων σ' ένα δεδομένο θερμικό περιβάλλον, έχει συσταθεί ο δείκτης **PPD** (**P**redicted **P**ercentage of **D**issatisfied **P**.O. Fanger 1972). Στο δείκτη αυτό, τα άτομα που ανήκουν στις κατηγορίες -3,-2,+2,+3 στην κλίμακα **PMV**, θεωρούνται δυσαρεστημένα από το θερμικό τους περιβάλλον.⁽³²⁾



Σχήμα 4.1.2: Γραφική απεικόνιση της σχέσης ανάμεσα στους δείκτες PMV και PPD.

Παρατηρούμε επίσης, ότι η καμπύλη που δείχνει τη σχέση ανάμεσα στο **PMV** και το **PPD**, δεν πέφτει ποτέ κάτω από το 5% των δυσαρεστημένων ατόμων.

Οι παράμετροι **PMV** και **PPD** πρωτοπαρουσιάστηκαν και ορίστηκαν εμπειρικά από τον P.O. Fanger στην δεκαετία του '70. Από τότε έχουν εδραιωθεί και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στον υπολογισμό της θερμικής άνεσης. Έχουν παρατηρηθεί όμως αποκλίσεις, σημαντικές μερικές φορές, μεταξύ αυτών των προβλέψεων και δεδομένων από πραγματικές καταγραφές [Humphreys 1976].

Παράλληλα έχουν γίνει διάφορες άλλες προσπάθειες για την δημιουργία πιο ευέλικτων μοντέλων [Humphreys and Nicol 1970, Nicol and Humphreys 1972], σε μια προσπάθεια να συμπεριλάβουν σε ένα θεωρητικό μοντέλο το γεγονός ότι οι άνθρωποι έχουν τη δυνατότητα προσαρμογής στις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος.

Στην πραγματικότητα δηλαδή, ο βασικός λόγος που προκαλεί την δυσαρέσκεια είναι οι ξαφνικές μη-αναμενόμενες αλλαγές στην θερμοκρασία και στις άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες [Humphreys 1992, Nicol 1992].

4.2 Θεωρητικά μοντέλα θερμικής άνεσης.

Εκτός όμως από το PMV και το PPD, υπάρχουν και μερικά άλλα θεωρητικά μοντέλα θερμικής άνεσης. Αυτά είναι τα εξής:⁽⁴¹⁾

- **ET*DISC**

Το ET*DISC χρησιμοποιεί κι αυτό ένα μοντέλο θερμικού ισοζυγίου για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης. Ωστόσο, το μοντέλο αυτό λαμβάνει υπ' όψιν και το χρόνο και δε μένει σταθερό όπως το PMV.

Το ET* χρησιμοποιείται για την Νέα Θερμοκρασία Επίδρασης όπου η 'Θερμοκρασία Επίδρασης' είναι ένας δείκτης θερμοκρασίας που χρησιμοποιείται για την ακτινοβολούμενη και λανθάνουσα μεταφορά της θερμότητας (Αναλυτικότερα, στην παράγραφο 2.3). Το ET* μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας το «Μοντέλο 2 μεταβλητών». Το μοντέλο αυτό προσδιορίζει τη θερμική ροή ανάμεσα στο περιβάλλον, την επιφάνεια του δέρματος και τις εσωτερικές περιοχές του σώματος ανά λεπτό.

Ξεκινώντας από μια αρχική υπόθεση της χρονικής στιγμής μηδέν, ($t=0$) το μοντέλο μεταβάλλεται μέχρι να επιτευχθεί η ισορροπία (60 λεπτά είναι ένας καλός μέσος χρόνος). Η τελική Μέση Θερμοκρασία του δέρματος και της υγρασίας του, τότε σχετίζονται με την 'Θερμοκρασία Επίδρασης'.

Ο δείκτης DISC προβλέπει τη θερμική δυσφορία χρησιμοποιώντας τη θερμοκρασία του δέρματος και την υγρασία του.

Το παραπάνω «Μοντέλο 2 μεταβλητών» συστάθηκε το 1970 ειδικά για τον προσδιορισμό μιας νέας κλίμακας αποτελεσματικής θερμοκρασίας. Σκοπός ήταν ο προσδιορισμός συγκεκριμένων συνδυασμών φυσιολογικών συνθηκών οι οποίοι θα παράγουν ισοδύναμο φυσιολογικό φορτίο.

Στηριζόμενοι στα δεδομένα που έχουμε από πειράματα σε συνθήκες δωματίου, βγάλαμε το συμπέρασμα ότι αν και η θερμοκρασία του δέρματος είναι μια καλή ένδειξη της θερμικής άνεσης σε κρύα περιβάλλοντα, ωστόσο η υγρασία του δέρματος είναι ένας ακόμα καλύτερος δείκτης στα θερμά περιβάλλοντα όπου παρατηρείται εφίδρωση, επειδή οι αλλαγές στη θερμοκρασία του δέρματος είναι σχετικά μικρές.

Το μοντέλο αυτό αναπαριστά το ανθρώπινο σώμα ως δύο ομόκεντρους κύλινδρους, έναν κύλινδρο που αναπαριστά το εσωτερικό του σώματος και έναν άλλο εξωτερικό που αναπαριστά την επιφάνεια του δέρματος και τον περιβάλλει. Τα ρούχα και ο ιδρώτας υποθέτουμε ότι κατανέμονται εξίσου στην επιφάνεια του σώματος.

Τη χρονική στιγμή «μηδέν» ο κύλινδρος εκτίθεται σ' ένα φυσιολογικά ομοιόμορφο περιβάλλον και το μοντέλο προσομοιώνει ανά λεπτό το

θερμορυθμιστικό σύστημα του ανθρώπου. Αφού περάσει το προσδιορισμένο χρονικό διάστημα, η τελική θερμοκρασία της επιφάνειας και η υγρασία της επιφάνειας του δέρματος, χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουμε το ET*, SET* και άλλους δείκτες. Το ET* είναι η θερμοκρασία ενός περιβάλλοντος με 50% σχετική υγρασία όπου ένα άτομο έχει τις ίδιες απώλειες θερμότητας με το πραγματικό περιβάλλον.

- **SET***

Ο δείκτης SET* αριθμητικά αναπαριστά το θερμικό φορτίο από τον κύλινδρο και σχετίζεται μ' ένα «πρότυπο» άτομο που ζει σ' ένα «πρότυπο» περιβάλλον. Ο δείκτης SET* έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει τις συγκρίσεις θερμότητας ανάμεσα σε διαφορετικά περιβάλλοντα με οποιοδήποτε συνδυασμό φυσικών μεταβλητών, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι απαιτεί την ύπαρξη «πρότυπων» ατόμων.

Βασιζόμενοι σε εργαστηριακές μελέτες πάνω σε διάφορα αντικείμενα, σχηματίστηκαν συναρτήσεις ανάμεσα σε δύο δείκτες άνεσης, τη θερμοκρασία του δέρματος και την υγρασία του. Αυτές οι συναρτήσεις και οι δύο γραμμικές, χρησιμοποιούνται στο «Μοντέλο 2 μεταβλητών» για να υπολογίσουν το ποσοστό του πληθυσμού που εκτίθεται στις ίδιες με τον κύλινδρο συνθήκες.

- **TSENS, DISC**

Ο δείκτης **TSENS**, που είναι και ο πρώτος δείκτης υπολογίζει το ποσοστό του πληθυσμού σε μια επταβάθμια κλίμακα θερμικής άνεσης. Το DISC, ο δεύτερος δείκτης υπολογίζει το ποσοστό σε κλίμακα θερμικής δυσφορίας:

DISC:

- Ανυπόφορο
- Πολύ δυσάρεστο
- Δυσάρεστο
- Ελαφρώς δυσάρεστο

- Άνετο

Αυτό το «Μοντέλο 2 μεταβλητών» έχει υποστεί πολλές αλλαγές και μετατροπές. Στις τελευταίες του μεταβολές, ένας νέος δείκτης θερμοκρασίας ανακαλύφθηκε, ο γνωστός μας PMV ο οποίος ενσωματώνει τον παράγοντα "υγρασία του δέρματος" στην εξίσωση PMV χρησιμοποιώντας τον δείκτη SET* ή τον δείκτη ET* για να προσδιορίσουν τις συνθήκες περιβάλλοντος.

4.3 Εμπειρικά μοντέλα θερμικής άνεσης.

Εκτός από τα μοντέλα θερμικής άνεσης που περιγράφηκαν παραπάνω, υπάρχουν και άλλα ακόμη θεωρητικά μοντέλα, τα οποία είναι εμπειρικά αλλά και υπολογίζονται. Μερικά εμπειρικά μοντέλα που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό κτιρίων και/ή στην περιβαλλοντική μηχανική, περιγράφονται στη συνέχεια.

- **PD (Predicted percent dissatisfied due to draft)**

PD ή το «% ποσοστό δυσαρεστημένων που οφείλονται στα ρεύματα αέρος» είναι μια προσαρμογή σε δεδομένα από άτομα τα οποία εκφράζουν τη θερμική δυσφορία που οφείλεται στα αέρια ρεύματα. Οι μεταβλητές στο PD είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητά του και η έντασή του. PS είναι μια προσαρμογή σε δεδομένα άνετων ατόμων και χρησιμοποιεί επίπεδα ταχύτητας του αέρα. Οι μεταβλητές στο PS είναι η ενεργή θερμοκρασία και η ταχύτητα του αέρα.

Ο δείκτης TS χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τα δεδομένα της θερμικής αίσθησης ως μια γραμμική συνάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα και της μερικής πίεσης των ατμών.

Η εξίσωση PD είναι η εξής:

$$PD = 3.413(34 - T_a)(n - 0.05)^{0.622} + 0.369 \times n \times T_u \times (34 - T_a)(n - 0.05)^{0.622} \quad (4.3.1)$$

όπου:

T_u είναι η περιβαλλοντική τύρβη σε ποσοστό %. Η τιμή μηδέν (0%) αναπαριστά τη στρωτή ροή και 100% σημαίνει ότι η τυπική απόκλιση της ταχύτητας του αέρα μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ίδια με τη μέση ταχύτητα του αέρα.

n είναι η ταχύτητα του αέρα (σε m/s) και

T_a είναι η θερμοκρασία του αέρα (σε °C).

Η εξίσωση PD προκύπτει από δύο μελέτες στις οποίες 100 άνθρωποι εκτέθηκαν σε ποικίλους συνδυασμούς θερμοκρασίας αέρα, ταχύτητάς του και περιβαλλοντικής τύρβης. Για κάθε έναν συνδυασμό συνθηκών, τα άτομα ρωτήθηκαν αν αισθάνονταν το ρεύμα αέρα.

Το PD αναπαριστά το % ποσοστό των ατόμων που αισθάνθηκαν το αέρινο ρεύμα για τις συγκεκριμένες συνθήκες στις οποίες δοκιμάστηκαν.

• PS

Η εξίσωση PS υπολογίζει την ταχύτητα του αέρα η οποία θα επιλεγεί από ένα άτομο που εκτίθεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία όταν αυτό το άτομο έχει τη δυνατότητα επιλογής της ταχύτητας του αέρα.

Η εξίσωση αυτή του PS είναι:

$$PS = 1.13\sqrt{T_{op}} - 0.24 \times T_{op} + 2.7\sqrt{n} - 0.99 \times n$$

(4.3.2)

όπου:

T_{op} είναι η ενεργή θερμοκρασία (σε °C) και

n είναι η ταχύτητα του αέρα (σε m/s).

Η εξίσωση PS προκύπτει από μια μελέτη στην οποία ζητήθηκε από 50 άτομα να προσδιορίσουν την ταχύτητα του αέρα ώστε να αισθάνονται άνετα όταν εκτεθούν σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία.

- **TS**

Η εξίσωση TS, υπολογίζει το ποσοστό της θερμικής άνεσης χρησιμοποιώντας γραμμική συνάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα και της μερικής πίεσης των ατμών.

Η εξίσωση TS είναι η εξής:

$$TS = 0.245T_a + 0.248p - 6.475$$

(4.3.3)

όπου:

T_a είναι η θερμοκρασία του αέρα (σε °C) και

p η μερική πίεση των ατμών (σε KPa).

Η εξίσωση TS προκύπτει από μια μελέτη παρόμοια με αυτή των PMV-PPD που περιγράφηκε παραπάνω.

4.4 Μοντέλα προσομοίωσης.

Τα μοντέλα προσομοίωσης λαμβάνουν υπόψιν τους τις διαφορές θερμοκρασίας σ' έναν εξωτερικό χώρο για ορισμένες θερμικές προτιμήσεις εσωτερικού χώρου⁽³⁸⁾. Τα μοντέλα αυτά είναι τα εξής:

- **Auliciems**

Είναι ένα μοντέλο προσομοίωσης που αναπτύχθηκε από τον Auliciems και προσαρμόζει τα δεδομένα αισθήσεων που βασίζονται σε έρευνες για τη θερμική άνεση που έγιναν στην Αυστραλία και πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα κλίματα.⁽³⁷⁾

Η εξίσωση Auliciems είναι η εξής:

$$T_n = 9.22 + 0.48T_a + 0.14T_{mmo} \quad (^\circ\text{C})$$

(4.4.1)

- **Humphreys**

Η εξίσωση Humphreys χρησιμοποιείται για να προσαρμόσει δεδομένα ελεγχόμενων και μη συνθηκών δόμησης.⁽³⁹⁾

$$T_n = 23.9 + \frac{0.295(T_{mmo} - 22)}{e^{-[\frac{(T_{mmo}-22)}{24\sqrt{2}}]^2}} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (4.4.2)$$

Τόσο για το μοντέλο του Auliciems όσο και γι' αυτό του Humphreys ισχύουν:

T_n είναι η ουδέτερη θερμοκρασία ($^\circ\text{C}$),

T_a είναι η θερμοκρασία του αέρα ($^\circ\text{C}$) και

T_{mmo} είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία εξωτερικού χώρου ($^\circ\text{C}$).

Ωστόσο, ο πλέον επικρατέστερος τρόπος είναι αυτός που βασίζεται στη θεωρία του **PMV** (**P**redicted **M**ean **V**ote), και του δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων **PPD** (**P**redicted **P**ercent of **D**issatisfied people).

Υπολογισμός δεικτών θερμικής άνεσης PMV (Predicted Mean Vote) και PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people)

5.1 Υπολογισμός P.M.V. (Predicted Mean Vote)

Το **PMV** σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο ISO-7730 και το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 27730, υπολογίζεται ως εξής:

$$PMV=[0.303\exp(-0.036M)+0.028]\times L \quad (5.1.1)$$

Όπου:

M: Ρυθμός μεταβολισμού, δηλ. ο ρυθμός μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο με αερόβιες και αναερόβιες δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του σώματος. Το ποσό ενέργειας που απελευθερώνεται κατά το μεταβολισμό, εξαρτάται από το μέγεθος της μυϊκής δραστηριότητας. Οι τιμές του ρυθμού μεταβολισμού για διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, βρίσκονται συγκεντρωμένες στον πίνακα (I) του παραρτήματος.

Ακόμα όμως και όταν ένα άτομο αναπαύεται, το μόνο έργο που εκτελεί ο οργανισμός του είναι η διατήρηση της κυκλοφορίας του αίματος, η αναπνοή και όλες οι άλλες εσωτερικές λειτουργίες του σώματος που απαιτούν ενέργεια (περίπου 20 kcal/h). Όμως, με τη θερμική απόδοση του σώματος (περίπου 20%) σε κάθε kcal ωφέλιμου έργου αντιστοιχούν 4 kcal οι οποίες πρέπει να αποβληθούν. Όλη δηλαδή η ενέργεια που καταναλώνεται για να υπερνικηθούν οι εσωτερικές τριβές του κυκλοφοριακού συστήματος, των μυών και των ιστών για τη διατήρηση της αναπνοής, μετατρέπεται τελικά σε θερμότητα που πρέπει να αποβληθεί στο περιβάλλον.

Η φυσιολογική διαδικασία που παίρνει μέρος στην έκλυση αυτής της θερμότητας, είναι ο μεταβολισμός.

Εάν οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι τέτοιες που να εμποδίζουν το σώμα να αποβάλλει θερμότητα, τότε αυτή θα αποθηκευτεί στους ιστούς του σώματος και θα προκαλέσει την ύψωση της θερμοκρασίας του. Αν υποθέσουμε ότι ο ρυθμός μεταβολισμού ενός ατόμου παραμένει σταθερός, ενώ το σώμα του εμποδίζεται, επί μια ώρα να αποβάλλει θερμότητα, το άτομο τότε θα παρουσιάσει πυρετό με αύξηση της θερμοκρασίας του σχεδόν κατά 1,5 °C.

Είναι λοιπόν πολύ σπουδαίο να διαθέτει το σώμα αποτελεσματικά μέσα για να μπορεί να αποβάλλει το ποσό της θερμότητας που πρέπει, ώστε να παραμένει σταθερή η εσωτερική θερμοκρασία του, ακόμα και σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα πολύ ψυχρό ή θερμό περιβάλλον με υψηλά ποσοστά υγρασίας. Η ανάγκη για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία στο σώμα, εξασφαλίζεται από το **θερμορυθμιστικό σύστημα**, λειτουργία του οποίου περιγράφηκε νωρίτερα.

Κατά κανόνα ο μεταβολισμός μετράται σε Met (1 Met=58.15 W/m² επιφάνειας σώματος). Ο μεταβολισμός μας βρίσκεται σε κατώτερα επίπεδα όταν κοιμόμαστε και σε ανώτερα όταν ασκούμεστε.

Στον πίνακα (I) του παραρτήματος βρίσκονται συγκεντρωμένες οι τιμές του ρυθμού μεταβολισμού για διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, σε W/m² και Met.

L: το θερμικό φορτίο του σώματος, ορισμένο σαν τη διαφορά ανάμεσα στην εσωτερική παραγωγή θερμότητας και τις απώλειες θερμότητας στο περιβάλλον, για έναν άνθρωπο που υποθετικά διατηρείται σε θερμοκρασία δέρματος t_{sk} και E_{rsw} (απώλειες εξαιτίας του ρυθμιστικού ιδρώματος). Τότε, το ρυθμιστικό φορτίο **L**, είναι η διαφορά ανάμεσα στο αριστερό και το δεξιό μέλος της παρακάτω εξίσωσης, όπου συνδυάζονται περιβαλλοντικές και ατομικές μεταβλητές που δημιουργούν θερμική άνεση, όταν υπολογίζονται σε πραγματικές συνθήκες περιβάλλοντος και δραστηριότητας.

$$\begin{aligned}
M - W &= 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] \\
&+ f_{cl} \times h_c (t_{cl} - t_a) \\
&+ 3.05 [5.73 - 0.007(M - W) - p_a] \\
&+ 0.042 [(M - W) - 58.15] \\
&+ 0.0173M(5.87 - p_a) \\
&+ 0.0014M(34 - t_a)
\end{aligned} \tag{5.1.2}$$

Στις παραπάνω εξισώσεις :

W: ωφέλιμη μηχανική ισχύς. [W/m²].

Το σώμα μας είναι μια θερμική μηχανή που καταναλώνει σαν καύσιμα την τροφή και το οξυγόνο και μετατρέπει την ενέργεια σε έργο και θερμότητα. Η απόδοσή της είναι περίπου 20% και πρέπει να θεωρηθεί σαν εκπληκτικά υψηλή, αν λάβουμε υπόψιν μας τις πολύ μικρές περιοχές θερμοκρασιών μέσα στις οποίες εργάζεται.

Το εξωτερικό μηχανικό έργο *W* μπορεί, ως επί το πλείστον, να εξισωθεί περίπου με το μηδέν, (*W*=0.2 W/m²) για πολλές δραστηριότητες του ανθρώπου. Αυτό σημαίνει ότι δεν εκτελείται σημαντικό εξωτερικό μηχανικό έργο, όπως π.χ. όταν το άτομο αναπαύεται, ξυρίζεται, πλένεται ή όταν περπατά σε δρόμο χωρίς ανηφόρα.

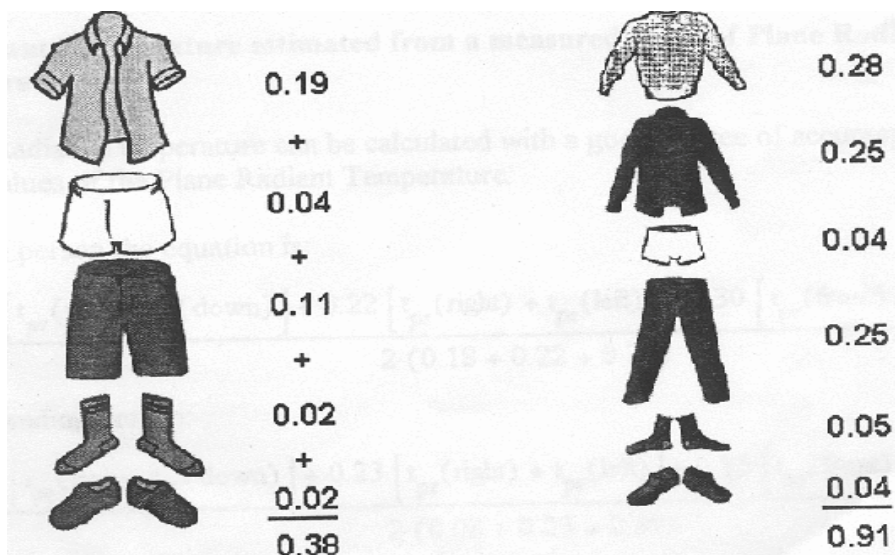
Πολύ σημαντική είναι και η συμβολή του ρουχισμού στην απόκτηση της θερμικής άνεσης, αφού τα ρούχα μειώνουν τις απώλειες θερμότητας του σώματος. Έτσι η ένδυση κατηγοριοποιείται ανάλογα με την ικανότητά της να εμποδίζει τις απώλειες θερμότητας (θερμομόνωση ενδυμασίας).

Αυτή η αντίσταση που παρουσιάζουν τα ενδύματα στην μεταβίβαση της θερμότητας από την επιφάνεια του δέρματος στην εξωτερική τους επιφάνεια, εξαρτάται από τις θερμικές ιδιότητες του υφάσματος, τη διαπερατότητά του από τον αέρα και την υγρασία.

Η μονάδα που χρησιμοποιείται συνήθως για να μετρήσουμε την ικανότητα θερμομόνωσης της ενδυμασίας, είναι η *Cl_o*, η οποία είναι συντελεστής που περιλαμβάνει την διαβίβαση θερμότητας με μεταφορά και ακτινοβολία, αλλά συχνά συναντάμε και τη μονάδα m² × °C/W. (1 *Cl_o*=0,155 m² × °C/W).

Η *Cl_o* κλίμακα, σχεδιάστηκε έτσι ώστε για ένα γυμνό άτομο η τιμή του *Cl_o* να είναι μηδέν (0,0) ενώ για ένα άλλο άτομο που φορά ένα κλασσικό κουστούμι

εργασίας η τιμή του να είναι ένα (1,0). Οι τιμές του Clo εκτείνονται από (0,0) έως την τιμή (4,0) για αρκτική ενδυμασία. Οι τιμές τόσο της θερμικής αντίστασης όσο και της αγωγιμότητας για διάφορα είδη ντυσίματος, βρίσκονται συγκεντρωμένες στον πίνακα (II) του παραρτήματος.



Σχήμα 5.1.1: Η τιμή του Clo μπορεί να υπολογιστεί εάν γνωρίζουμε τις τιμές Clo για κάθε ρούχο καθώς και την ένδυση των ανθρώπων, απλώς προσθέτοντας όλες τις Clo τιμές μαζί, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε παραπάνω. ($I_{cl} = \sum I_{clu}$)

Ο υπολογισμός της τιμής Clo συνήθως είναι αρκετά ακριβής, ωστόσο κατά τον υπολογισμό της είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι τα καλύμματα των καθισμάτων, των αυτοκινήτων και των κρεβατιών, μειώνουν κι' αυτά τις απώλειες θερμότητας του σώματος, κι' έτσι πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στο συνολικό υπολογισμό, πράγμα που είναι δύσκολο και επίπονο.

t_{cl} : Θερμοκρασία Επιφάνειας Ρουχισμού, δηλαδή η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του ντυμένου σώματος. Αυτή, υπολογίζεται με την επαναληπτική μέθοδο των Newton - Raphsom, σε ($^{\circ}\text{C}$) από τις παρακάτω σχέσεις: ⁽³²⁾

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \times \varepsilon \times \sigma \times \frac{A_r}{A_{Du}} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - I_{cl} \times f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \quad (5.1.3)$$

ή σε συνδυασμό με την Αποτελεσματική Θερμοκρασία (t_o):

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \times \varepsilon \times \sigma \times \frac{A_r}{A_{Du}} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_o + 273)^4] - I_{cl} \times f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_o) \quad (5.1.4)$$

ή σε συνδυασμό με την Ισοδύναμη Θερμοκρασία (t_{eq}):

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \times \varepsilon \times \sigma \times \frac{A_r}{A_{Du}} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_{eq} + 273)^4] - I_{cl} \times f_{cl} \times h_{c,eq} \times (t_{cl} - t_{eq}) \quad (5.1.5)$$

$$\text{όπου: } \varepsilon \times \sigma \times \frac{A_r}{A_{Du}} = 39.6 \times 10^{-9} \quad (5.1.6)$$

f_{cl} : Συντελεστής επιφάνειας ρουχισμού, δηλαδή η αναλογία μεταξύ της επιφάνειας του ντυμένου σώματος και της επιφάνειας του γυμνού. Ο συντελεστής f_{cl} προσδιορίζει την αύξηση που παίρνει η επιφάνεια του γυμνού σώματος όταν ντυθεί. ⁽¹⁾

$$f_{cl} = \frac{\text{epifáneia tou ntuménou sómatoV}}{\text{epifáneia tou gumnoú sómatoV}}$$

Η αύξηση αυτή είναι περίπου 15% ανά clo ενδυματικής μονώσεως. Έτσι το f_{cl} για είδος ενδύσεως 1 clo είναι 1,15.

$$f_{cl} = 1.00 + 1.29 \times I_{cl} \quad \text{για } I_{cl} < 0,078 \quad [m^2 \times ^\circ C/W] \quad (5.1.7)$$

ή

$$f_{cl} = 1.05 + 0.645 \times I_{cl} \quad \text{για } I_{cl} \geq 0.078 \quad [m^2 \times ^\circ C/W], \quad (5.1.8)$$

όπου I_{cl} είναι η θερμομόνωση των ενδυμάτων. Είναι ο μέσος όρος που συμπεριλαμβάνει ακόμα και ακάλυπτα μέρη του σώματος. [$m^2 \times ^\circ C/W$].

Οι τιμές τόσο του f_{ci} , όσο και του αντίστοιχου I_{ci} , για διάφορα είδη ντυσίματος βρίσκονται συγκεντρωμένες στον πίνακα (II) του παραρτήματος.

Προκειμένου να διατηρεί το σώμα σταθερή την εσωτερική θερμοκρασία του, κάτω από συνθήκες σταθερού μεταβολισμού, είναι απαραίτητη η ύπαρξη της θερμικής ισορροπίας, δηλαδή η θερμότητα που παράγεται μέσα στο σώμα να είναι ίση με αυτή που αποβάλλεται απ' αυτό οπότε η θερμότητα που αποταμιεύεται είναι μηδέν. Η αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας είναι η σπουδαιότερη απαίτηση για την ύπαρξη συνθηκών θερμικής άνεσης.

Αυτή η ισορροπία ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το φυσικό περιβάλλον εκφράζεται με την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Μεταβολισμός} - \text{εξάτμιση} \pm \text{αγωγή} \pm \text{μεταφορά} \pm \text{ακτινοβολία} = 0$$

Όταν το αλγεβρικό άθροισμα των παραπάνω παραγόντων ισούται με το μηδέν, τότε υπάρχει θερμική ισορροπία και συνεπώς συνθήκες θερμικής άνεσης. Εάν το άθροισμα προκύπτει διάφορο του μηδενός η θερμική ισορροπία αυτορυθμίζεται.

Όταν είναι μικρότερη του μηδενός (αρνητικό) η θερμοκρασία του δέρματος μειώνεται ώστε να περιοριστούν οι απώλειες (το αίσθημα της ανατριχίλας) και η ρύθμιση γίνεται μέσω του κυκλοφοριακού.

Όταν το άθροισμα είναι θετικό τότε αρχίζει η διαδικασία αποβολής θερμότητας από το σώμα μέσω της εφίδρωσης.

Η σχέση αυτή ανάμεσα στην θερμότητα που παράγεται και αυτή που αποβάλλεται, εκφράζεται μαθηματικά με το ενεργειακό ισοζύγιο, ως εξής:

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}). \quad (5.1.9)$$

Όπου:

M : Ρυθμός μεταβολισμού παραγωγής θερμότητας. (W/m^2)

W : Ωφέλιμη μηχανική ισχύς-εξωτερική εργασία. (W/m^2)

Q_{res} : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας λόγω αναπνοής. (W/m^2)

Q_{sk} : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας από το δέρμα. (W/m^2)

C_{res} : Ρυθμός απωλειών θερμότητας από μεταγωγή λόγω της αναπνοής. (W/m^2)

E_{res} : Ρυθμός απωλειών θερμότητας εξαέρωσης λόγω αναπνοής. (W/m^2)

C+R : Συνολική αίσθηση απώλειας θερμότητας από το σώμα. (W/m^2)

E_{sk} : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας λόγω εξαέρωσης από το δέρμα. (W/m^2).

Όταν ένα άτομο βρίσκεται για μακρύ χρονικό διάστημα σε σταθερό θερμικό περιβάλλον και ο ρυθμός μεταβολισμού του είναι επίσης σταθερός, τότε η παραγόμενη θερμότητα στο σώμα είναι ίση με την αποβαλλόμενη, δηλαδή υπάρχει θερμική ισορροπία και δεν αποθηκεύεται στο σώμα καμία ποσότητα θερμότητας. Ο βασικός μεταβολισμός είναι περίπου $35 \text{ kcal}/m^2 \times h$ και το βασικό ποσό ενέργειας που χρειάζεται για να διατηρείται στη ζωή ο άνθρωπος είναι περίπου $135 \text{ kcal}/h$.

Οι σχέσεις στις εξισώσεις του θερμικού ισοζυγίου έχουν μονάδες ενέργειας ανά μονάδες επιφάνειας (W/m^2) και αναφέρονται στην επιφάνεια περιοχής του γυμνού σώματος.

Τα πιο χρήσιμα κριτήρια της επιφάνειας περιοχής του γυμνού σώματος, αρχικά προτάθηκαν από τον DuBois (1916) όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα αναλυτικά.

Ωστόσο, ένας διορθωτικός συντελεστής $f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{Du}}$ (5.1.10.) πρέπει να

εφαρμοστεί στη σχέση μετάδοσης θερμότητας από το δέρμα (**C**: συνολική αίσθηση απώλειας θερμότητας από το σώμα σε W/m^2 , **R**: θερμομόνωση σε $m^2 \times K/W$, E_{sk} : συνολική αίσθηση απώλειας θερμότητας από το δέρμα και A_{Du} : η Περιοχή Επιφάνειας DuBois [m^2]) στον υπολογισμό της ακριβούς Περιοχής Επιφάνειας του ντυμένου σώματος A_{cl} .

Αυτός ο συντελεστής βρίσκεται στον πίνακα (II) του παραρτήματος για διάφορα είδη ρουχισμού. Όλες οι σχέσεις στις βασικές εξισώσεις του θερμικού ισοζυγίου, είναι εκφρασμένοι ανά μονάδα Περιοχής Επιφάνειας DuBois.⁽¹⁴⁾

—
 t_r : Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας.

Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας των τοιχωμάτων ενός χώρου έχει μεγάλη επίδραση στις απώλειες θερμότητας του σώματος, επομένως και στην αίσθηση της θερμικής άνεσης.

Αναφορικά με ένα άτομο που έχει ορισμένο ντύσιμο, ορισμένη θέση του σώματός του και βρίσκεται σε ορισμένο σημείο ενός χώρου, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας ορίζεται σαν η ομοιόμορφη θερμοκρασία “μέλανος”

περιβάλλοντος, το οποίο δίνει τις ίδιες απώλειες με ακτινοβολία από το σώμα μ' αυτές που δίνει και ο πραγματικός χώρος.

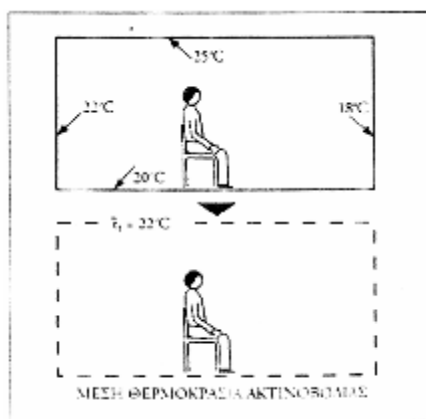
Με άλλα λόγια λοιπόν, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας είναι μια μέση θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο. Περιλαμβάνει το φαινόμενο της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται και έχει σημαντική επίπτωση στην ανθρώπινη άνεση ως θερμοκρασία του αέρα.

Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας αναφέρεται σε άτομο που η θέση του σώματός του παίζει κάποιο ρόλο, επειδή άλλη είναι η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας του ατόμου που είναι όρθιο και άλλη του καθιστού. Η τοποθέτησή του επίσης μέσα στο χώρο πρέπει να είναι γνωστή, γιατί η Μ.Θ.Α. μπορεί συχνά να διαφέρει από σημείο σε σημείο του χώρου.

Από τον ορισμό συμπεραίνουμε ότι ο ακριβής προσδιορισμός της Μ.Θ.Α. ενός χώρου είναι πολύ δύσκολος. Εάν σ' ένα χώρο όλες οι επιφάνειες είχαν την ίδια, ομοιόμορφη θερμοκρασία, τότε η θερμοκρασία αυτή θα ήταν η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας του (t_r).

Τέτοιες όμως συνθήκες σχεδόν δεν υπάρχουν, γιατί σ' ένα χώρο άλλες από τις επιφάνειές του είναι εκτεθειμένες στις εξωτερικές συνθήκες, άλλες γειτονεύουν με χώρους που θερμαίνονται ή με χώρους που δεν θερμαίνονται.

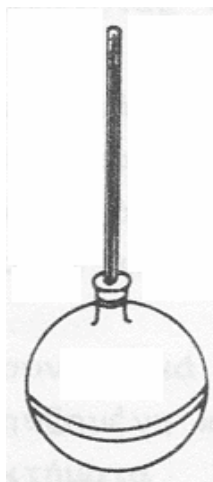
Η πραγματική θερμοκρασία μιας επιφάνειας είναι συνάρτηση του είδους της κατασκευής, του προσανατολισμού της και του πόσο αυτή είναι εκτεθειμένη ή όχι. Εξαρτάται ακόμη από τον συντελεστή εκπομπής της επιφάνειας και από το αν δέχεται ακτινοβολία από άλλες θερμές επιφάνειες.



Σχήμα 5.1.2: Η έννοια της Μέσης Θερμοκρασίας Ακτινοβολίας.

Για την απευθείας μέτρηση της Μ.Θ.Α. επινοήθηκαν πολλά όργανα, αλλά σαν πιο απλό όμως επικράτησε το σφαιρικό θερμόμετρο.

Αποτελείται από μια σφαίρα διαμέτρου 15,2 cm, απαλειμμένη με μαύρο χρώμα και έχει συντελεστή εκπομπής σχεδόν τη μονάδα, στο κέντρο της σφαίρας είναι τοποθετημένος ο βολβός υδραργυρικού θερμομέτρου, το οποίο μετρά τη μέση θερμοκρασία της σφαίρας. Η μεγάλη διάμετρος της σφαίρας δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια, γιατί ο συντελεστής μεταβιβάσεως θερμότητας μέσω μεταφοράς είναι πολύ χαμηλός και η θερμότητα μέσω ακτινοβολίας που υπεισέρχεται μεγάλη.



Σχήμα 5.1.3: Σφαιρικό θερμόμετρο.

Από τη θερμοκρασία του σφαιρικού θερμομέτρου, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα υπολογίζεται η Μ.Θ.Α. με τον τύπο:

$$\bar{t}_r = 1 + 2.22\sqrt{v}(t_q - t_a) + t_a . \quad (5.1.11)$$

Όπου:

v είναι η ταχύτητα του αέρα σε m/sec,

t_a η θερμοκρασία του περιβάλλοντος [°C] και

t_q η θερμοκρασία του σφαιρικού θερμομέτρου [°C]

Ωστόσο, για τους υπολογισμούς μας, θέτουμε τη Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας 2 °C πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Μαθηματικά, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας μπορεί επίσης να υπολογιστεί από τις θερμοκρασίες των τριγύρω τοίχων και επιφανειών καθώς και τις σχέσεις τους σε σχέση πάντα με τη θέση του ατόμου μέσα στο δωμάτιο. Τα περισσότερα υλικά κατασκευής κτιρίων έχουν έναν υψηλό συντελεστή εκπομπής ακτινοβολίας ε ενώ όλες οι επιφάνειες στο δωμάτιο υποθέτουμε ότι είναι μαύρες.

Στην περίπτωση αυτή, για τον υπολογισμό της Μ.Θ.Α. χρησιμοποιούμε την παρακάτω εξίσωση:

$$\overline{T}_r^4 = T_1^4 F_{P-1} + T_2^4 F_{P-2} + \dots + T_N^4 F_{P-N} \quad (5.1.12)$$

όπου:

$$\overline{T}_r = \text{Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας. [K]}$$

$$T_N = \text{Θερμοκρασία Επιφάνειας ,της επιφάνειας N. [K].}$$

$$F_{P-N} = \text{Γωνιακός συντελεστής, ανάμεσα στον άνθρωπο και την επιφάνεια N.}$$

Όσο το άθροισμα των γωνιακών συντελεστών συγκλίνει, η Μ.Θ.Α. υψωμένη στην τετάρτη δύναμη ισούται με το γινόμενο της μέσης τιμής των θερμοκρασιών των τριγύρω επιφανειών υψωμένες επίσης στην τετάρτη δύναμη με το γωνιακό συντελεστή ανάμεσα στον άνθρωπο και την επιφάνεια.

Ο γωνιακός συντελεστής κανονικά εξαρτάται από τη θέση και τον προσανατολισμό του ατόμου μέσα στο χώρο (Fanger 1982).

Για σχετικά μικρές διαφορές θερμοκρασιών μεταξύ των επιφανειών, η παραπάνω εξίσωση (5.1.12) μπορεί να απλοποιηθεί στην παρακάτω γραμμική μορφή:

$$\overline{t}_r = t_1 F_{p-1} + t_2 F_{p-2} + \dots + t_N F_{p-N} \quad (5.1.13)$$

Οι τιμές των αποτελεσμάτων που παίρνουμε από την εξίσωση αυτή είναι πάντα ελαφρώς χαμηλότερες από τις τιμές της εξίσωσης (5.1.12) αλλά σε πολλές περιπτώσεις η διαφορά αυτή είναι αρκετά μικρή.

Εάν για παράδειγμα οι μισές επιφάνειες έχουν θερμοκρασία 5°C υψηλότερη από τις άλλες μισές, (με γωνιακό συντελεστή $F_{p-N}=0.5$) τότε η διαφορά ανάμεσα στην τιμή της Μ.Θ.Α. που προκύπτουν από τις εξισώσεις (5.1.12) και (5.1.13) είναι μόλις 0.2°C. Εάν αυτή η διαφορά ανάμεσα στη

θερμοκρασία των επιφανειών ήταν 100°C η Μ.Θ.Α. που υπολογίζεται από τη σχέση (5.1.13) θα είναι 10°C περίπου πιο χαμηλή.

Επίσης, η Μ.Θ.Α. μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της t_{pr} (Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου [°C]) σε έξι κατευθύνσεις (πάνω, κάτω, αριστερά, δεξιά, μπρός και πίσω)

Για έναν άνθρωπο λοιπόν σε μόνιμη θέση, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$t_r = \frac{0.08 \times [t_{pr}(up) + t_{pr}(down)] + 0.23 [t_{pr}(right) + t_{pr}(left)] + 0.35 [t_{pr}(front) + t_{pr}(back)]}{2 \times (0.08 + 0.23 + 0.35)}$$

(5.1.14)

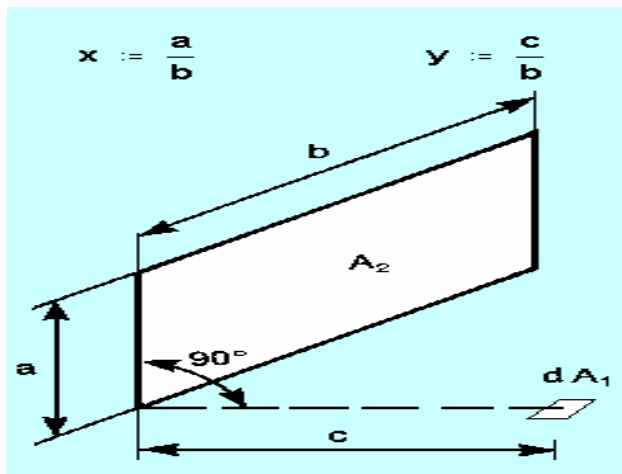
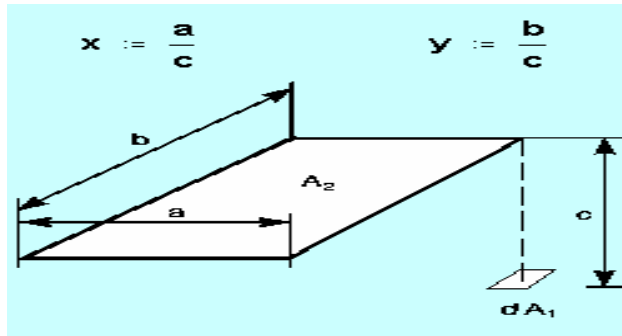
Για έναν άνθρωπο καθισμένο, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$t_r = \frac{0.18 \times [t_{pr}(up) + t_{pr}(down)] + 0.22 [t_{pr}(right) + t_{pr}(left)] + 0.30 [t_{pr}(front) + t_{pr}(back)]}{2 \times (0.18 + 0.22 + 0.30)}$$

(5.1.15)

όπου t_{pr} είναι η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου [°C], που είναι η ομοιόμορφη θερμοκρασία ενός κλειστού χώρου, στον οποίο η προσπίπτουσα ροή ακτινοβολίας από τη μια πλευρά ενός στοιχείου χώρου, είναι η ίδια με εκείνη του πραγματικού περιβάλλοντος.⁽²⁰⁾

Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου, περιγράφει τη θερμική ακτινοβολία προς μια κατεύθυνση και έτσι η τιμή της εξαρτάται κάθε φορά από την κατεύθυνση. Αντιθέτως η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας περιγράφει τη θερμική ακτινοβολία για το ανθρώπινο σώμα από όλες τις κατευθύνσεις. Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου μπορεί να υπολογιστεί από τις εξισώσεις (5.1.12) και (5.1.13) με τα ίδια όρια. Ο συντελεστής επιφάνειας καθορίζεται από την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 5.1.4: Αναλυτική μέθοδος για τον υπολογισμό του γωνιακού συντελεστή ενός μικρού επίπεδου στοιχείου.

$$t_{pr} = \sqrt[4]{\sum_n F_{pl-i} (t_i + 273)^4 - 273} \quad (5.1.16)$$

όπου t_i είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας no. i . [°C].

F_{pl-i} είναι ο γωνιακός συντελεστής ανάμεσα σ' ένα μικρό επίπεδο και την επιφάνεια i .

$$\sum F_{pl-i} = 1$$

$$F_{pl-2} = \frac{1}{2p} \times \left[\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \times \tan^{-1}\left(\frac{y}{\sqrt{1+x^2}}\right) + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \times \tan^{-1}\left(\frac{x}{\sqrt{1+y^2}}\right) \right]$$

$$F_{pl-3} = \frac{1}{2\pi} \times \left[\tan^{-1}\left(\frac{1}{y}\right) - \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} \times \tan^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{x^2+y^2}}\right) \right] \quad (5.1.17)$$

Τέλος,

P_A : Πίεση των υδρατμών [mmHg].

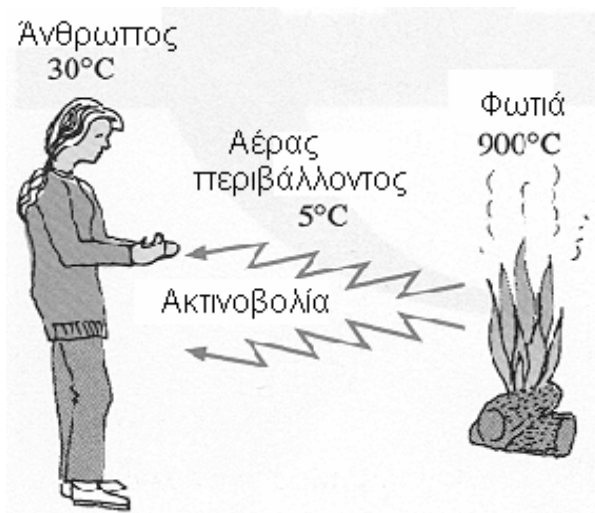
$$P_A = P_s \times H \times 0.0133 \quad [\text{mmHg}] \quad (5.1.18)$$

όπου: P_s : η πίεση κεκορεσμένων υδρατμών, και

H : η σχετική υγρασία (%).

5.2 Ασυμμετρία Θερμικής Ακτινοβολίας.

Εάν κανείς βρεθεί μπροστά σε μια εστία φωτιάς κάποια κρύα μέρα, μετά από λίγο η πλάτη του θ' αρχίσει να παγώνει. Αυτή η δυσάρεστη κατάσταση, δε μπορεί να εξλειφθεί πλησιάζοντας πιο πολύ στη φωτιά, καταλήγοντας έτσι σε αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο η Θερμική Ακτινοβολία που παράγεται τεχνητά, μπορεί να καταλήξει σε δυσάρεστα αποτελέσματα για το σώμα.



Σχήμα 5.2.1: Σε αντίθεση με την αγωγιμότητα και τη μεταγωγή, η θερμότητα που μεταφέρεται με ακτινοβολία, μπορεί να μεταφερθεί ακόμα και από ένα μέσο που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο σώματα που απέχουν και είναι πιο κρύο και από τα δύο αυτά σώματα.

Για να περιγράψουμε αυτή την τεχνητά παραγόμενη θερμότητα, χρησιμοποιούμε την παράμετρο Ασυμμετρία Θερμικής Ακτινοβολίας. Αυτή η

παράμετρος Δt_{pr} ορίζεται σαν τη διαφορά ανάμεσα στη Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας των απέναντι πλευρών ενός μικρού επίπεδου στοιχείου.⁽²¹⁾

Περιγράφει την ασυμμετρία της ακτινοβολίας περιβάλλοντος και είναι ιδιαίτερα σημαντική σε συνθήκες άνεσης. Επειδή είναι ορισμένη να υπακούει στο επίπεδο στοιχείο, η τιμή της εξαρτάται από τον προσανατολισμό αυτού του επιπέδου. Αυτός ο προσανατολισμός μπορεί να προσδιοριστεί από μερικές συνθήκες (π.χ. ασυμμετρία δαπέδου οροφής) και όχι από τα υπόλοιπα. Εάν η κατεύθυνση δεν καθορίζεται, η ασυμμετρία ακτινοβολίας θα είναι προς τον προσανατολισμό που δίνει τη μέγιστη τιμή.

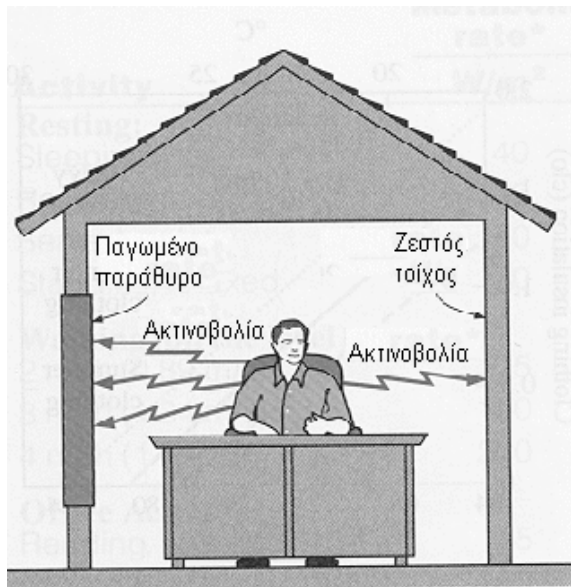
Τα πειράματα στα οποία εκτίθενται οι άνθρωποι για να δούμε πως μεταβάλλεται ο βαθμός της Ασυμμετρίας Θερμικής Ακτινοβολίας, έδειξαν ότι τα ζεστά ταβάνια και τα κρύα παράθυρα προκαλούν τη μεγαλύτερη θερμική δυσαρέσκεια, ενώ τα κρύα ταβάνια και οι ζεστοί τοίχοι προκαλούν τη μικρότερη. Κατά τη διάρκεια αυτών των πειραμάτων, όλες οι άλλες επιφάνειες του δωματίου και ο αέρας διατηρούνται στην ίδια θερμοκρασία.

Οι επιφάνειες των παραθύρων δέχονται μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Έτσι, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας κοντά σε αυτές τις επιφάνειες μπορεί να είναι χαμηλότερη ή ψηλότερη απ' ότι στον υπόλοιπο χώρο.

Ψυχρές επιφάνειες όπως το τζάμι ενός μεγάλου παραθύρου το χειμώνα μπορούν επίσης να προκαλέσουν δυσφορία εξαιτίας της ασύμμετρης ακτινοβολίας.

Ένα άτομο που είναι κατευθείαν εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να αντιμετωπίσει Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας πολύ ψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα. Για παράδειγμα η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας μπορεί να είναι ακόμα και 25°C, μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα για ένα καθιστό άτομο του οποίου το σώμα είναι πλήρως εκτεθειμένο στη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία.

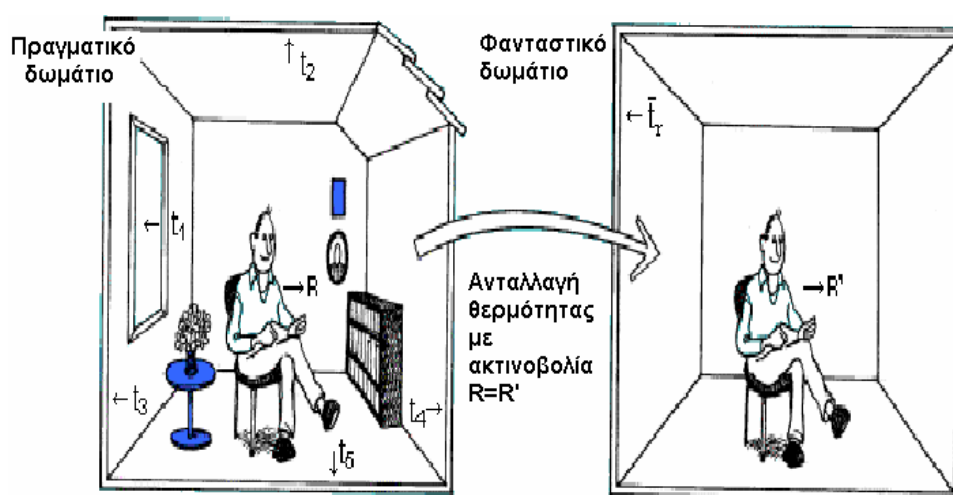
Γι' αυτό, η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία σε κλειστό χώρο μπορεί εύκολα να προκαλέσει δυσφορία. Αυτή μπορεί να γίνει εντονότερη με την ασυμμετρία μεταξύ της εκτεθειμένης πλευράς και της πλευράς που είναι στη σκιά.⁽²⁰⁾



Σχήμα 5.2.2: Κρύες επιφάνειες προκαλούν αυξημένες απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία και συνεπώς δυσφορία στη μεριά του σώματος που εκτίθεται σ' αυτή την επιφάνεια.

Η τιμή της Ασυμμετρίας Θερμικής Ακτινοβολίας μπορεί να υπολογιστεί με δύο διαφορετικούς τρόπους:

Ο ένας, μετρώντας την t_{pr} (Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας Επιπέδου) σε δύο διαφορετικές κατευθύνσεις, χρησιμοποιώντας ένα μορφομετατροπέα ο οποίος συγκεντρώνει την εσωτερική ακτινοβολία σ' ένα μικρό στοιχείο χώρου. Ο άλλος, είναι να μετρήσουμε τις θερμοκρασίες όλων των τριγύρω επιφανειών και μετά να υπολογίσουμε την Ασυμμετρία Θερμικής Ακτινοβολίας.



Σχήμα 5.2.3: Σε ένα φανταστικό-ιδανικό δωμάτιο που δεν έχουμε απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον, η θερμοκρασία του δωματίου θα ισούται με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.

5.3 Υπολογισμός εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων ατόμων (PPD) που προβλέπονται (Predicted Percentage of Dissatisfied)

Όπως έχει αναφερθεί, προκειμένου να καταφέρουμε να προβλέψουμε το ποσοστό δυσαρέσκειας των ατόμων σ' ένα δεδομένο θερμικό περιβάλλον, έχει συσταθεί ο δείκτης **PPD** (**P**redicted **P**ercentage of **D**issatisfied). Με άλλα λόγια λοιπόν, ο δείκτης PPD είναι το εκτιμώμενο ποσοστό των δυσαρεστημένων ανθρώπων από το θερμικό τους περιβάλλον, για κάθε PMV. Καθώς το PMV απομακρύνεται από το μηδέν, είτε προς θετικές, είτε προς αρνητικές τιμές, το PPD αυξάνει.

Στο δείκτη αυτό, τα άτομα που ανήκουν στις κατηγορίες -3,-2,+2,+3 στην κλίμακα **PMV**, θεωρούνται δυσαρεστημένα από το θερμικό τους περιβάλλον.

Με τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από διάφορα πειράματα που έγιναν από τον [Fanger 1970], προσδιορίστηκε η παρακάτω εξίσωση για τον υπολογισμό του PPD (%). Η δυσαρέσκεια ορίζεται σαν την περίπτωση όπου το άτομο δεν δηλώνει ότι αισθάνεται ούτε λίγο δροσερά, λίγο ζεστά ή ουδέτερα, δηλαδή δεν ισχύει όταν $-1 \leq PMV \leq +1$.⁽⁴¹⁾

Εξίσωση Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD):

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0.03353 \times PMV^4 + 0.2179 \times PMV^2)} \quad (5.3.1)$$

Στόχος μας πρέπει να είναι η ικανοποίηση της πλειοψηφίας των ατόμων μέσα σ' ένα χώρο. Τιμές που κυμαίνονται μεταξύ $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$ και $PPD \leq 10\%$, θεωρούνται ικανοποιητικές.

Η ακρίβεια του μοντέλου καθορίζεται από τα δεδομένα που θα εισάγουμε στη σχέση του PMV. Το ότι δεν μπορούμε πολλές φορές, δικαιολογημένα άλλωστε να προσδιορίσουμε με μεγάλη ακρίβεια τις διάφορες παραμέτρους, και σαν αποτέλεσμα η ακρίβεια των υπολογισμών είναι μικρή, δεν θα πρέπει να αποδίδεται εξ' ολοκλήρου στο μοντέλο. Εάν είχαμε την δυνατότητα να δώσουμε όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται με μεγάλη ακρίβεια, τότε οι προβλέψεις μας θα ήταν ακόμα καλύτερες.

Οι υπολογισμοί του PMV και PPD μπορούν να γίνουν αρκετά εύκολα, προγραμματίζοντας τις σχέσεις που παρουσιάστηκαν πιο πάνω.

Επίσης, ο δείκτης θερμικής άνεσης PMV, μπορεί να καθοριστεί είτε χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα όργανα υπολογισμού (παράρτημα), είτε άμεσα από τις γραφικές παραστάσεις των τιμών PMV σε συνάρτηση της Αποτελεσματικής Θερμοκρασίας t_o (παρέχονται στο παράρτημα για διαφορετική ενδυμασία και δραστηριότητα, με τη σχετική υγρασία διατηρείται σταθερή και ίση με 49).

Ωστόσο, στα διαγράμματα αυτά η συμβολή της υγρασίας στη θερμική αίσθηση είναι μικρή, ειδικότερα στις μέτριες θερμοκρασίες κοντά στην άνεση και

επομένως μπορεί συνήθως να παραμεληθεί κατά τον καθορισμό της τιμής του δείκτη PMV .

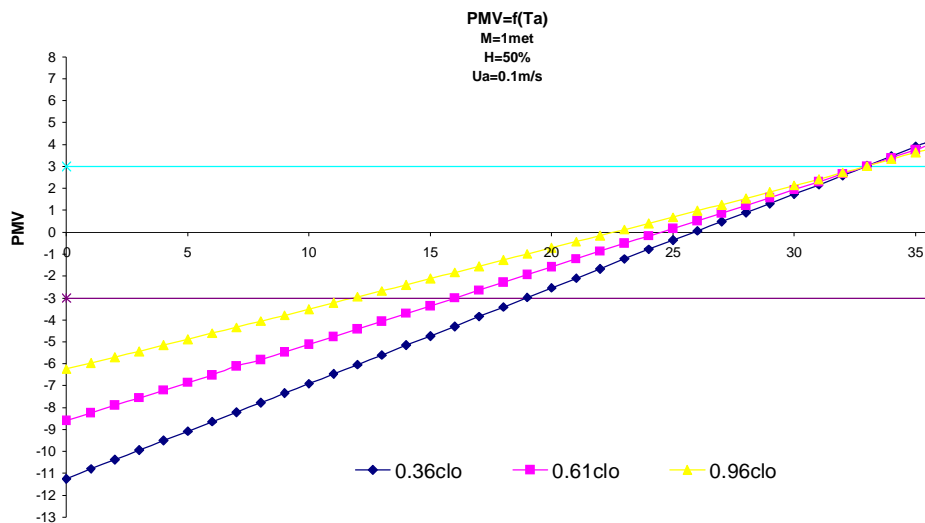
Παραμετρική διερεύνηση δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V.

Όπως έχει υπολογιστεί με τη μέθοδο που αναπτύχθηκε στην εργασία αυτή, για τον υπολογισμό του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) (παράγραφος 5.2) και είναι σύμφωνη με το Διεθνές Πρότυπο ISO-7730 και το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN-27730, έγινε η παραμετρική διερεύνηση του δείκτη PMV συναρτήσει:

- της μεταβολής της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος (T_a),
- της μεταβολής της ταχύτητας του αέρα (U_a),
- της μεταβολής της σχετικής υγρασίας (H%) και
- της μεταβολής του ρυθμού μεταβολισμού (M).

Σ' αυτή την ενότητα (κεφάλαιο) παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση της παραμετρικής διερεύνησης στα σχήματα 6.1.1, 6.2.1, 6.3.1 και 6.4.1 καθώς και εξαγόμενα συμπεράσματα.

6.1 Διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Ta).



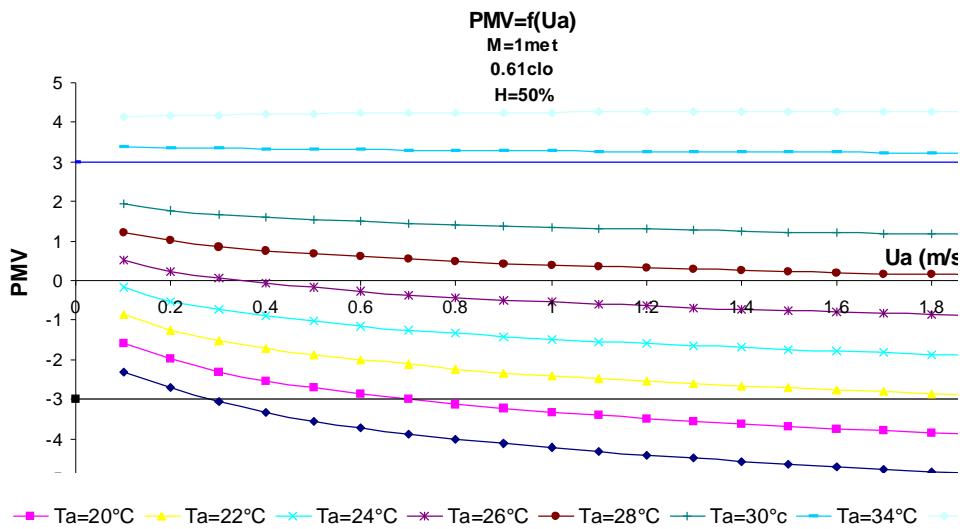
Σχήμα 6.1.1: Γραφική παράσταση του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος Ta (°C). Παράμετροι στο διάγραμμα αυτό είναι οι συντελεστές ένδυσης (Clo). Οι τιμές υπολογίστηκαν για H=50% και Ua=0.1m/s.

Μελετώντας τη γραφική παράσταση του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (**P**redicted **M**ean **V**ote) όπως έχει υπολογιστεί με την μέθοδο που αναπτύχθηκε στην εργασία αυτή (παράγραφο 5.1) συναρτήσει της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος (T_a), με παράμετρο διάφορους συντελεστές ένδυσης, (0.36, 0.61 και 0.96 Clo) παρατηρούμε πως καθώς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T_a) αυξάνεται, γραμμικά αυξάνει και ο δείκτης P.M.V.

Παρατηρούμε πως σε χαμηλές θερμοκρασίες και με περισσότερα ρούχα, η τιμή του P.M.V. είναι μεγαλύτερη, καθώς τα άτομα που υπόκεινται σε αυτές τις συνθήκες αισθάνονται μεγαλύτερη άνεση όσο αυξάνεται η ενδυμασία τους.

Από την άλλη όμως, παρατηρείται το φαινόμενο σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, τα άτομα, αν και με βαριά ενδυμασία, αισθάνονται λιγότερη θερμική δυσφορία.

6.2 Διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τη αέρα (U_a)

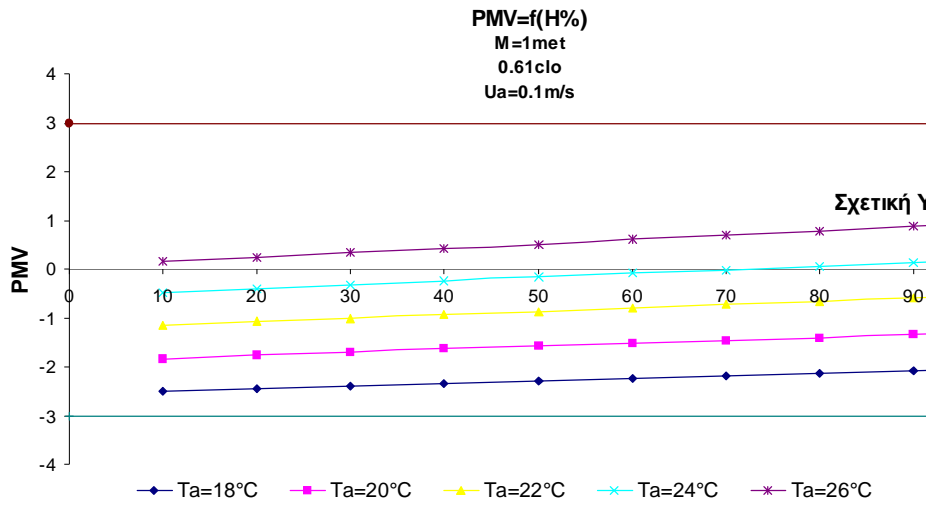


Σχήμα 6.2.1: Γραφική παράσταση του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με την ταχ (m/s). Παράμετρος στο διάγραμμα αυτό είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος T_a ($^\circ\text{C}$). Οι τιμές υπολογίστηκαν για I και $H=50\%$.

Μελετώντας τη γραφική παράσταση του δείκτη P.M.V. συναρτήσει της ταχύτητας του αέρα (U_a) με παράμετρο την θερμοκρασία του περιβάλλοντος T_a ($^{\circ}\text{C}$), παρατηρούμε πως σε χαμηλές θερμοκρασίες, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα (U_a), προκαλεί μείωση της τιμής του δείκτη P.M.V., ενώ καθώς πλησιάζουμε προς υψηλότερες θερμοκρασίες, παρά την αύξηση της ταχύτητας του αέρα (U_a), ο δείκτης P.M.V. δε δείχνει να μεταβάλλεται αισθητά.

Επιβεβαιώνεται λοιπόν γραφικά πως αέρας με μεγαλύτερη ταχύτητα θα γίνεται ψυχρότερος. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό οι ταχύτητες να διατηρούνται χαμηλά το χειμώνα ώστε η θερμική άνεση να παρατηρείται στο χαμηλότερο επίπεδο θερμοκρασίας.

6.3 Διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τη ϕ (H%)



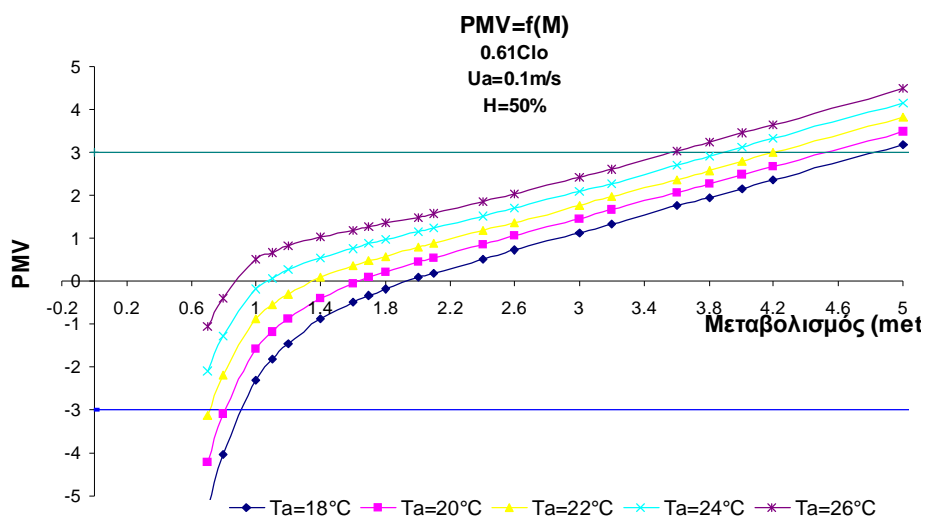
Σχήμα 6.3.1: Γραφική παράσταση του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τη σχετι-
 Παράμετρος στο διάγραμμα αυτό είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος T_a (°C). Οι τιμές υπολογίστηκαν για $M=1$
 $U_a=0.1m/s$.

Μελετώντας τη γραφική παράσταση του δείκτη P.M.V. όπως έχει υπολογιστεί με την μέθοδο που αναπτύχθηκε στην εργασία αυτή (παράγραφο 5.1) συναρτήσει της σχετικής υγρασίας (H%), παρατηρούμε πως οι δύο ποσότητες μεταβάλλονται γραμμικά και μάλιστα οι κλίσεις είναι οι ίδιες.

Μάλιστα, για υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος άνω των 26°C, η τιμή του δείκτη PMV παίρνει θετικές τιμές (δηλαδή τα άτομα αισθάνονται να ζεσταίνονται) για οποιαδήποτε τιμή της σχετικής υγρασίας H.

Αντιθέτως, σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω των 26°C, η τιμή του δείκτη PMV είναι αρνητική για όλες τις τιμές της σχετικής υγρασίας H και επομένως τα άτομα αισθάνονται ψύχος.

6.4 Διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση μεταβολισμού (M).



Σχήμα 6.4.1: Γραφική παράσταση του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. (Predicted Mean Vote) σε συνάρτηση με τον ρυ M (Met). Παράμετρος στο διάγραμμα αυτό είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος Ta (°C). Οι τιμές υπολογίστηκαν με Ua=0.1m/s και H=60%.

Μελετώντας τη γραφική παράσταση του δείκτη P.M.V. συναρτήσει του ρυθμού μεταβολισμού (M), παρατηρούμε πως για επίπεδα μεταβολισμού μεγαλύτερα του 1.2 Met, μεταβολισμός και P.M.V. συνδέονται με μια σχέση αναλογική.

Όσο η δραστηριότητα αυξάνεται, αυξάνει και η θερμότητα που απελευθερώνεται από το μεταβολισμό, κάτι που μπορούμε να παρατηρήσουμε από τη γραφική παράσταση, καθώς για μεγάλες τιμές δραστηριότητας-μεταβολισμού, η τιμή του δείκτη P.M.V. κυμαίνεται σε μεγάλα επίπεδα.

Επίσης, σε χαμηλές θερμοκρασίες και για δραστηριότητες άνω των 2 Met, τα άτομα αντιλαμβάνονται το θερμικό τους περιβάλλον πιο ευχάριστο, αφού ο δείκτης P.M.V. κυμαίνεται σε χαμηλές μεν, θετικές δε τιμές.

Επομένως, το άτομο όταν βρίσκεται σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (T_a), δεν κουράζεται τόσο εύκολα, κι'αυτό γιατί οι θερμικές απώλειες στην περίπτωση αυτή είναι μεγαλύτερες.

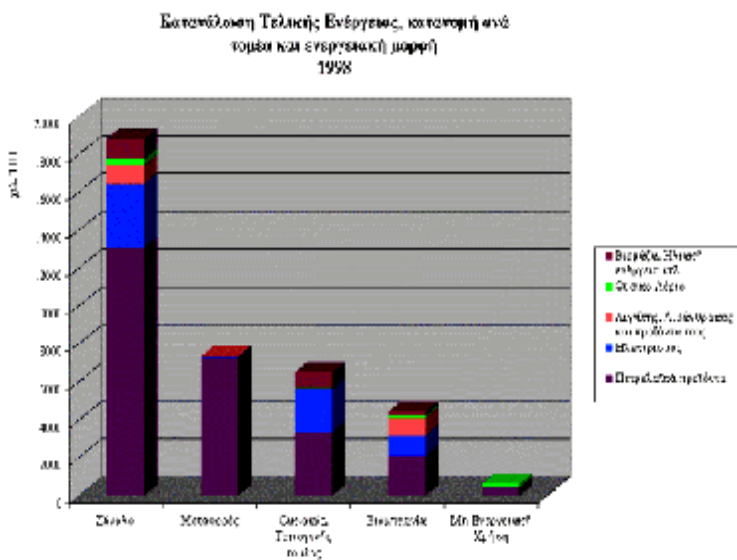
Εισαγωγή στο δεύτερο μέρος

7.1 Εισαγωγή

Η σύγχρονη αρχιτεκτονική σήμερα, υλοποιεί, δυστυχώς το δομημένο χώρο με έναν κρύο και άψυχο τρόπο, γιατί ανταποκρίνεται στην τάση των περισσότερων αρχιτεκτόνων να σχεδιάζουν πολύπλοκα και εντυπωσιακά σχήματα και μορφές, αδιαφορώντας πολλές φορές για την εργονομία τους, την εξοικονόμηση ενέργειας και την επίτευξη βέλτιστων συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης στο εσωτερικό τους.

Στη σημερινή εποχή που χαρακτηρίζεται από υπερκατανάλωση, που ο κίνδυνος μιας επερχόμενης ενεργειακής κρίσης είναι ορατός, δεν είναι και λίγοι αυτοί που υποστηρίζουν πως θερμική άνεση με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένα άπιαστο όνειρο που υπό τις παρούσες συνθήκες είναι ιδιαίτερα δαπανηρό και ασύμφορο.

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής ενεργειακής χρήσης στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από το ακόλουθο ιστόγραμμα. (Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Κ.Α.Π.Ε.)⁽³⁾



Σχήμα 1: Κατανομή κατανάλωσης τελικής ενέργειας ανά τομέα και ενεργειακή μορφή 1998. Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.)

Η ενέργεια αυτή καταναλώνεται για τη θέρμανση, το δροσισμό, το φωτισμό αλλά και τις υπόλοιπες ηλεκτρικές χρήσεις στα κτίρια και παρουσιάζει ετησίως ένα σταθερό ποσοστό αύξησης, σε σημείο που οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες να οδηγούνται σε ένα ενεργειακό αδιέξοδο.

Στον πίνακα I φαίνεται καθαρά πως αναλύεται η ενεργειακή κατανάλωση των ελληνικών κτιρίων.

Πίνακας I: Τα ετήσια ποσά κατανάλωσης ενέργειας για διάφορους τύπους κτιρίων. Στοιχεία από σχετική μελέτη του Παν/μίου Αθηνών.

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός (kWh/m²)	Θέρμανση (kWh/m²)	Φωτισμός (kWh/m²)	Ηλεκτρικές συσκευές (kWh/m²)	Σύνολο (kWh/m²)
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	272

Πέρα φυσικά από το ενεργειακό αυτό αδιέξοδο, στο οποίο οδηγούμαστε αργά αλλά σταθερά, σημαντικά ζητήματα είναι:

α) η μείωση του όζοντος που προκαλείται από τη χρήση των CFC's (χλωροφθοράνθρακες) από τα κλιματιστικά μηχανήματα,

β) το πρόβλημα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα των κτιρίων (ορίζεται στο παράρτημα), και

γ) η φοβερή ρύπανση με οξειδία και διοξειδία του θείου και του άνθρακα, που προξενούν οι κλασικοί καυστήρες των κεντρικών θερμάνσεων.

Στον πίνακα IV του παραρτήματος δίδονται συγκεντρωμένα τα στατιστικά στοιχεία για τη δεκαετία 1988-1998 (Πηγή: Eurostat, 2000 και Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) σχετικά με:

- Τον πληθυσμό της χώρας μας,
- Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν,
- Την Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας
- Την Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας ανά κάτοικο,
- Την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά κάτοικο,
- Τις εκπομπές CO₂ και
- Την % εξάρτηση από εισαγωγές.

Δεν είναι ικανοποιητική η σχέση "είμαστε υπέρ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας" (ήλιος, άνεμος κ.λ.π.), τη στιγμή που τίποτα δεν κάνουμε για τη μείωση των ενεργειακών αναγκών των υπαρχόντων κτιρίων και τη σχεδίαση νέων, σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Πολλά είναι αυτά που θα μπορούσαμε να κάνουμε, προς τον τομέα αυτό.

Η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων αποτελεί ένα από τα αποτελεσματικότερα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και συμβολής στην προστασία του περιβάλλοντος. Ταυτόχρονα αποτελεί ένα ουσιαστικό βήμα στην κατεύθυνση της βελτίωσης της ποιότητας ζωής των χρηστών των κτιρίων και στην επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης.

Με δεδομένο το μεγάλο αριθμό παλιών κτιρίων στις ελληνικές πόλεις, απαιτούνται σημαντικές πρωτοβουλίες επεμβάσεων αλλά διανοίγονται και νέες δυνατότητες επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.

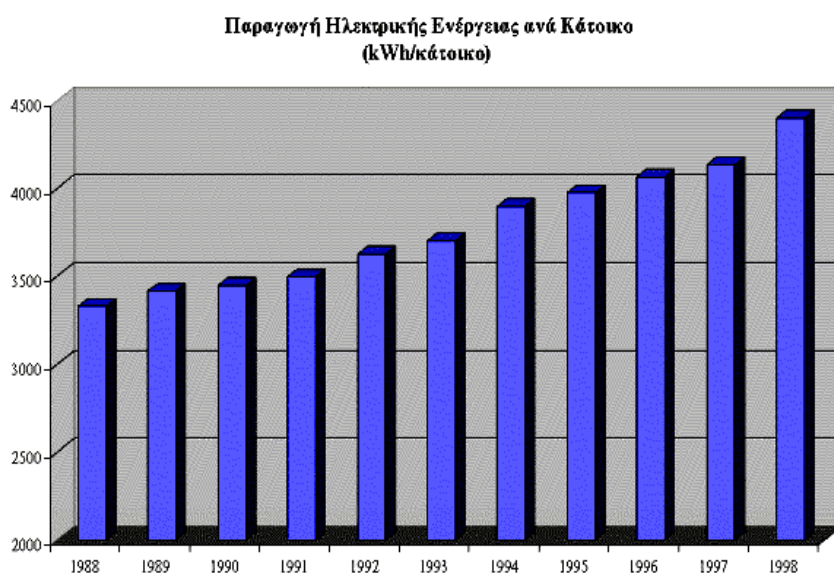
Το θέμα της κατανάλωσης ενέργειας για την εξυπηρέτηση κτιρίων είναι σήμερα τόσο επίκαιρο, όσο ήταν μετά τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του '70. Παράλληλα, η εισαγωγή της θερμομόνωσης, ως νομοθετημένο αντικείμενο μελέτης αλλά και ως γνωστικό πεδίο στην εκπαίδευση των μηχανικών, έχει σημαντική συμβολή στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων που κατασκευάστηκαν στην τελευταία δεκαεπταετία.

Εξετάζοντας, όμως, το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας μας, και τη διαχρονική μεταβολή του, διαπιστώνει κανείς σχετικά εύκολα, ότι η κατανάλωση ενέργειας για την εξυπηρέτηση κτιρίων αυξάνεται, και μάλιστα με έντονο ρυθμό.

Από τα στοιχεία που παίρνουμε από το Εργαστήριο Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.

παρατηρούμε πως το 1980 τα κτίρια απορροφούσαν το 22% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ποσοστό που ως το 1997 έχει αυξηθεί στο 30,8%.

Η αύξηση αυτή, που αναφέρεται στην τελική κατανάλωση, είναι τόσο ποσοτική όσο και ποιοτική, καθώς οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από το παρακάτω ιστόγραμμα (Σχήμα 8.1.1):



Σχήμα 7.1.1 Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά κάτοικο για τη δεκαετία από 1988-1998.(Πηγή: Eurostat, 2000)

Αν προσπαθήσει κανείς να τεκμηριώσει αυτήν την εξέλιξη, μπορεί να επισημάνει μία σειρά από λόγους:

1. Τα ελληνικά κτίρια είναι στην μεγάλη τους πλειοψηφία παλαιά και ο ρυθμός ανανέωσής τους, που είναι συνάρτηση του ρυθμού ανέγερσης νέων κτιρίων, χαμηλός. Περισσότερα από 2.900.000 κτίρια κατοικιών, σε ένα σύνολο περίπου 3.500.000, έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980 και δεν είναι, εξ' ορισμού, θερμομονωμένα. Απαιτούν κατά συνέπεια μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν αποδεκτές συνθήκες άνεσης. Καθώς μάλιστα το επιθυμητό επίπεδο άνεσης έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, με θερμοκρασίες θέρμανσης της τάξης των 18 °C να μην θεωρούνται ικανοποιητικές, η αύξηση της κατανάλωσης είναι σημαντική.

2. Τόσο στις κατοικίες όσο και στα κτίρια γραφείων παρατηρείται μία συνεχής αύξηση στον αριθμό, αλλά και στην εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια.

3. Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας από τη ζώνη θερμικής άνεσης το καλοκαίρι, σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των κλιματιστικών συσκευών, οδήγησαν στην εγκατάσταση περίπου 1.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 10 χρόνια.

Η ενεργειακή διάσταση αυτής της εξέλιξης γίνεται περισσότερο κατανοητή αν σκεφτούμε το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος τους: Σε μία ζεστή καλοκαιρινή μέρα κάθε συσκευή καταναλώνει ηλεκτρική ισχύ περίπου 1 kW, επομένως το σύνολο της ισχύος είναι της τάξης των 1.000 MW, ή αλλιώς ισοδύναμο με την παραγωγή τριών τυπικών θερμοηλεκτρικών σταθμών της Δ.Ε.Η. στην Πτολεμαΐδα. Καθώς μάλιστα οι κλιματιστικές συσκευές χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό και για επιπρόσθετη θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα, γίνεται σαφές, ότι η πραγματική αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επίσης και η έκλυση CO₂.

4. Ακόμη και στα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά τη θέσπιση του κανονισμού θερμομόνωσης, η εφαρμογή της προβλεπόμενης μελέτης στην πράξη δεν ήταν πάντα επαρκής, είτε λόγω κατασκευαστικών ατελειών, είτε λόγω επιλογής ακατάλληλων υλικών, είτε ακόμη, λόγω του συνδυασμού των δύο αυτών αιτιών.⁽³⁾

Νέος ενεργειακός κανονισμός - Ο ρόλος της θερμομόνωσης στα υφιστάμενα κτίρια

8.1 Τα υφιστάμενα κτίρια και ο νέος ενεργειακός κανονισμός.

Τα υφιστάμενα κτίρια, ιδιαίτερα στη χρονική περίοδο που διανύουμε επικεντρώνουν το ενδιαφέρον μας αφού πέραν των λόγων που αναφέρθηκαν και οι οποίοι θα έπρεπε να αποτελούν επαρκές κίνητρο για να ασχοληθούμε με αυτά, υπάρχει πλέον και μία νέα θεσμική πραγματικότητα: ο Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας στα κτίρια, γνωστός και με την ακροστιχίδα **Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.** Συγκεκριμένα, και σύμφωνα με την Υπ. Αποφ. 21475/4707 που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 880/19.08.98, και βρίσκεται στο παράρτημα, μέσα σε ένα χρόνο από τη δημοσίευση της απόφασης ο Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. θα αποτελεί το νέο θεσμικό πλαίσιο για την αδειοδότηση των καινούργιων κτιρίων και την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς σχεδιαζόμενων και υφιστάμενων κτιρίων.

Αυτός ο κανονισμός, αποτελεί τη συμμόρφωση του ελληνικού θεσμικού πλαισίου με την κοινοτική οδηγία SAVE 93/76/ΕΕ (παράρτημα) για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂. Αποτελεί, ακόμη, έναν κανονισμό που αντικαθιστά τον κανονισμό θερμομόνωσης, και στοχεύει στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς καινούριων και υφιστάμενων κτιρίων.

Πρόκειται για έναν «δυναμικό» κανονισμό, ο οποίος απαιτεί τον προσδιορισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό και δεν αρκείται στοπν «στατικό» προσδιορισμό συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων και του κελύφους.

Οι υπολογισμοί που προβλέπει ο Κ.Ο.Χ.Ε.Ε., στην ολοκληρωμένη και ανεπτυγμένη του μορφή, θα περιλαμβάνουν θέματα όπως είναι η απόδοση των ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων και των φωτοβολταϊκών στοιχείων, η μείωση των ψυκτικών φορτίων εξαιτίας φυσικού αερισμού και

ηλιοπροστασίας, η χρήση άλλων συστημάτων αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κ.ό.κ.

Ακόμη, ο Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. θεσμοθετεί κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης, σύμφωνα με τις οποίες θα αξιολογούνται τα κτίρια και θέτει αντίστοιχα όρια «απόδοσης» για το καινούρια κτίρια. Τέλος, κι αυτό αποτελεί τη δεύτερη ουσιαστική τομή, ο κανονισμός θεσπίζει τον έλεγχο του κτιρίου σε κατάσταση λειτουργίας, κι όχι μόνο σε επίπεδο σχεδιομελέτης.

Αναλυτικότερα, προσδιορίζονται δράσεις όπως:

- Η πιστοποίηση της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, με ενεργειακές επιθεωρήσεις.
- Η ενεργειακή βαθμονόμηση των κτιρίων και τη θέσπιση του ΔΕΤΑ. (Δελτίου Ενεργειακής Ταυτότητας)
- Η υποχρέωση διεξαγωγής βελτιωτικών παρεμβάσεων.

Για το σκοπό αυτό προβλέπονται, μεταξύ άλλων:

- Η καθιέρωση του Ενεργειακού Επιθεωρητή.
- Η καθιέρωση του Ενεργειακού Διαχειριστή κτιρίων καταρχήν στο δημόσιο τομέα.
- Η υποχρεωτική έκδοση Δελτίου Ενεργειακής Ταυτότητας για όλες τις δικαιοπραξίες ενός κτιρίου.
- Η υποχρέωση άμεσης εφαρμογής των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα δημόσια κτίρια.
- Η χορήγηση κινήτρων για την υλοποίηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα ιδιωτικά κτίρια.
- Η δυνατότητα υλοποίησης ενεργειακών επενδύσεων με χρηματοδότηση από τρίτους.

Το πλαίσιο του Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. αποτελεί και το περίγραμμα των υποχρεώσεων παρέμβασης στα υφιστάμενα κτίρια. Παραμένει ακόμη ένα πλαίσιο, αφού δεν έχουν προσδιοριστεί ούτε ο τρόπος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου, ούτε, και αυτό είναι το δυσκολότερο, ο τρόπος ελέγχου της συμπεριφοράς του κτιρίου στην πράξη.

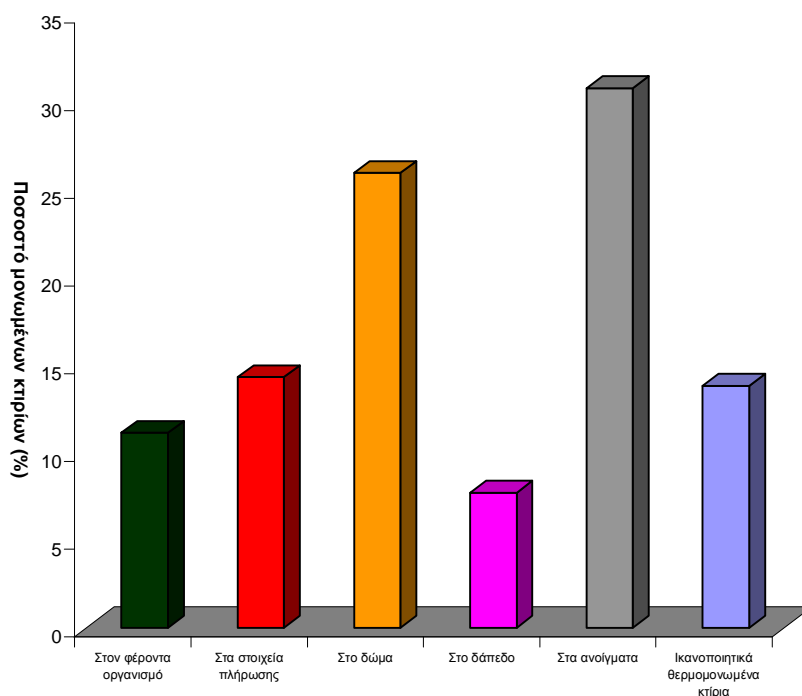
Ωστόσο, με τις εξελίξεις να έχουν δρομολογηθεί, είναι ζήτημα χρόνου να ολοκληρωθεί αυτή η προσπάθεια.

8.2 Ο ρόλος της θερμομόνωσης στα υφιστάμενα κτίρια για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης.

Ένας από τους σημαντικότερους και πιο καθοριστικούς παράγοντες για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης και ευεξίας όσο και της εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα και νεοαναγειρόμενα κτίρια είναι η ύπαρξη της θερμομόνωσης.

Η θερμική προστασία στο κέλυφος των κτιρίων συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας, αφού το θερμικό φορτίο "αιχμαλωτίζεται" στο εσωτερικό του κτιρίου χωρίς να φεύγει ανεκμετάλλευτο στο εξωτερικό περιβάλλον.

Εξετάζοντας κανείς την ύπαρξη θερμομόνωσης στα επιμέρους στοιχεία των υφιστάμενων κτιρίων τότε μπορεί να καταλήξει σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Τα στοιχεία που παρατίθενται στο σχήμα (8.3.1) και που βασίζονται σε μία εκτεταμένη έρευνα για τα δημόσια κτίρια είναι ενδεικτικά. Μόνο το 13,79% των κτιρίων ήταν ικανοποιητικά θερμομονωμένο.⁽⁴⁾



Σχήμα 8.2.1: Ύπαρξη θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία των κτιρίων.

Πηγή: Διεθνές Συνέδριο: "Υφιστάμενα κτίρια: εξοικονόμηση ενέργειας και περιβάλλον" (12/3/1999 Θεσσαλονίκη, υπό την αιγίδα τμημάτων Μηχανολόγων Μηχανικών και Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.)

Η θερμική προστασία του κελύφους του κτιρίου, όμως, μπορεί να επιτευχθεί πολύ καλύτερα σήμερα, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η διερεύνηση και η επεξεργασία λύσεων στα προβλήματα της οικοδομικής και της δομικής φυσικής καθώς και η ύπαρξη των δομικών υλικών σύγχρονης τεχνολογίας παρέχουν στους μελετητές και κατασκευαστές σημαντικές δυνατότητες για την επίτευξη αυτού του στόχου. Το σημαντικό είναι ότι αυτές οι δυνατότητες παρέχονται και για τα υφιστάμενα κτίρια, τόσο στον τομέα θερμικής προστασία του κελύφους του κτιρίου, όσο και στον εκσυγχρονισμό και την αναβάθμιση των μηχανολογικών του εγκαταστάσεων.

Η σωστή θερμομόνωση ενός υφιστάμενου κτιρίου είναι τεχνικά σχεδόν στον ίδιο βαθμό εφικτή, όσο και σε ένα νεοαναγειρόμενο.

- Η αναδρομική θερμομόνωση του δώματος, που περιγράφεται στη συνέχεια, είναι εύκολα υλοποιήσιμη, δεν διαταράσσει τη λειτουργία του κτιρίου και είναι μία σχετικά οικονομική λύση. Καλό είναι να θυμάται κανείς ότι προϋπόθεση για την επιτυχία της κατασκευής αποτελεί η σωστή στεγάνωση, με την επιλογή υλικών υψηλών προδιαγραφών και την κατασκευή που διεξάγεται από κατάλληλα εκπαιδευόμενο προσωπικό.
- Η εξωτερική αναδρομική θερμομόνωση του φέροντος οργανισμού και των τοιχοποιιών πλήρωσης αποτελούν ουσιαστικό σημείο της θερμικής προστασίας του κελύφους του, καθώς αυτός αποτελεί τη σημαντικότερη θερμογέφυρα προς το περιβάλλον. Η επέμβαση αυτή είναι πιο περίπλοκη, κυρίως σε επίπεδο λήψης αποφάσεων από τους ιδιοκτήτες, ενώ απαιτεί και την αναθεώρηση του ισχύοντος Γ.Ο.Κ (Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός)- η οποία όμως αναμένεται στα πλαίσια του Κ.Ο.Χ.Ε.Ε. Το γεγονός ότι τεχνικά είναι εφικτή αποδεικνύεται εδώ και πολλά χρόνια στις βόρειες ευρωπαϊκές χώρες.
- Η αντικατάσταση των παλιών κουφωμάτων, με το μη μονωμένο πλαίσιο, την κακή στεγανότητα και τους μονούς υαλοπίνακες, αποτελεί μια άμεσα υλοποιήσιμη παρέμβαση, με σημαντική συμβολή στην ουσιαστική αναβάθμιση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου, της θερμικής άνεσης, στην αποφυγή της συμπύκνωσης υδρατμών, αλλά και στην ηχομόνωση του χώρου.

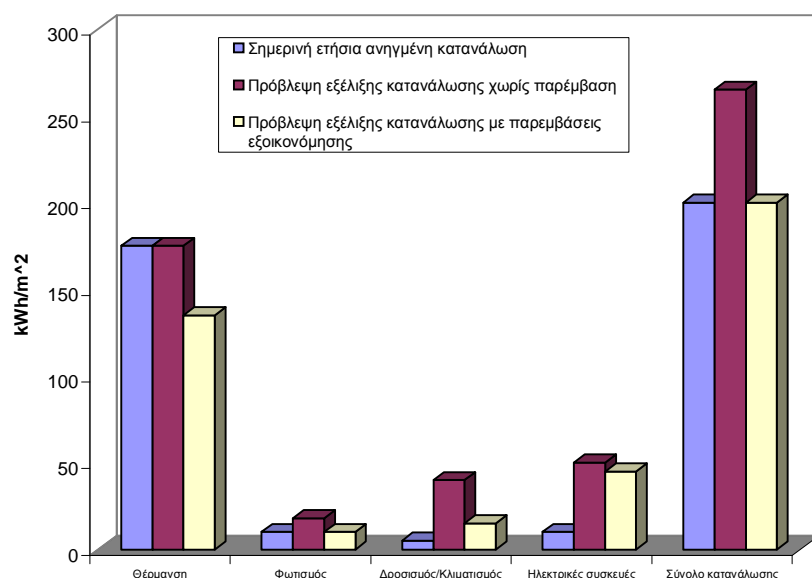
Οι ιδιαιτερότητες και οι δυσκολίες στην εφαρμογή κάποιων λύσεων στα υφιστάμενα κτίρια, σε σχέση με την ευκολία μίας νέας κατασκευής, δεν είναι ανυπερέβλητες, ούτε μπορούν να αποτελούν δικαιολογία για την μη αναβάθμιση των παλιών κτιρίων.

Οφείλει κανείς μάλιστα να υπογραμμίσει ότι η καλή θερμική προστασία του κτιρίου διασφαλίζει, εκτός από τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, και καλές συνθήκες θερμικής άνεσης, που με τη σειρά τους οδηγούν σε χαμηλότερη απαίτηση για θέρμανση και επομένως ακόμη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.

8.3 Η αναγκαιότητα αξιοποίησης των δυνατοτήτων που προσφέρονται για τη βελτίωση των υφισταμένων κτιρίων.

Αν θελήσει κανείς να εξάγει κάποιο συμπέρασμα από τα στοιχεία που παρατέθηκαν στις παραγράφους που προηγήθηκαν, τότε αυτό δεν μπορεί παρά να είναι ότι η κατανάλωση ενέργειας στα υφιστάμενα, μη θερμομονωμένα κτίρια είναι υπερβολική και σίγουρα όχι ικανοποιητική σε σχέση με το επίπεδο θερμικής άνεσης που μας παρέχουν. Ωστόσο, ελλοχεύει ένας ακόμη σημαντικότερος κίνδυνος: η σημαντική αύξηση της κατανάλωσης στην προσεχή δεκαετία, καθώς η εγκατάσταση κλιματιστικών μονάδων αυξάνει συνεχώς, όπως ακόμη και η εγκατάσταση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών.⁽³⁾

Στην περίπτωση που δεν ληφθούν έγκαιρα, τα απαιτούμενα μέτρα ορθολογικοποίησης της χρήσης ενέργειας στον οικιακό τομέα τουλάχιστον, η αύξηση της κατανάλωσης θα είναι σημαντική, όπως φαίνεται και στο σχήμα (8.3.1).



Σχήμα 8.3.1: Σημερινή κατανάλωση ενέργειας και προοπτικές εξέλιξής της.

Πηγή: Στοιχεία από Διεθνές Συνέδριο: "Υφιστάμενα κτίρια: εξοικονόμηση ενέργειας και περιβάλλον" (12/3/1999 Θεσσαλονίκη, υπό την αιγίδα τμημάτων Μηχανολόγων Μηχανικών και Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.)

Προκύπτει, επομένως, επιτακτική η ανάγκη να παρέμβει κανείς σήμερα, μειώνοντας την κατανάλωση στους τομείς όπου είναι δυνατό, όπως: α) στη θέρμανση με τη βελτίωση της θερμικής προστασίας του κελύφους των κτιρίων και την αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης με την εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων και β) στην αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, της ηλιοπροστασίας και του φυσικού και νυχτερινού δροσισμού αφού όπως φαίνεται και από τους παρακάτω πίνακες, η συμβολή τους είναι σημαντική στην εξοικονόμηση ενέργειας. ⁽⁴⁾

Πίνακες 8.3.2 και 8.3.3: Ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας με την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων, για διάφορους τύπους κτιρίων.

Στοιχεία από μελέτη Μ. Σανταμούρη καθ. Παν/μίου Αθηνών.

Τύπος Κτιρίου	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση νυχτερινού αερισμού (%)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με νυχτερινό αερισμό και ανεμιστήρες οροφής (%)

Γραφεία	80	94
Εμπορικά	45	95
Σχολεία	50	95
Νοσοκομεία	68	80
Ξενοδοχεία	56	72

Τύπος Κτιρίου	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση επιπλέον μόνωσης (%)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με διπλά παράθυρα (%)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση της αύξησης της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης κατά 10%
Γραφεία	17	5	9
Εμπορικά	38	4	17
Σχολεία	44	6	6
Νοσοκομεία	37	7	15
Ξενοδοχεία	48	6	13

Όλα αυτά βεβαίως, πρέπει να γίνουν χωρίς να υποβαθμίσει κανείς τις συνθήκες διαβίωσης και εργασίας, αντίθετα μάλιστα επιδιώκοντας την αναβάθμισή τους. Έτσι θα καταστεί δυνατόν να αντισταθμιστεί η επερχόμενη αύξηση της κατανάλωσης εξαιτίας της αύξησης των κλιματιζόμενων χώρων και της αύξησης του αριθμού και της ισχύος των ηλεκτρικών συσκευών.

Στόχος μίας φιλόδοξης, αλλά ταυτόχρονα ρεαλιστικής πολιτικής, οφείλει να είναι η διατήρηση του ίδιου επιπέδου συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, της τάξεως των 175 kWh/m², με παράλληλη αναβάθμιση της ποιότητας τόσο του εσωτερικού αέρα, όσο και των κτιρίων. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να γίνουν μελετημένες παρεμβάσεις, με πρώτο στόχο τη μείωση της κατανάλωσης, κυρίως για θέρμανση, κατά 40 έως 70 kWh/m².

Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια

9.1 Εφαρμογή θερμομονωτικών υλικών.

Το γεγονός ότι μόλις από το 1978 και μετά άρχισαν να θερμομονώνονται τα κτίρια στη χώρα μας, σημαίνει πως η συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων του δομημένου περιβάλλοντος, είναι κτίρια εντελώς αμόνωτα.

Με βάση την προοπτική χρησιμοποίησης νέων τεχνολογιών και νέων υλικών στις κτιριακές κατασκευές για την προστασία του περιβάλλοντος, θα πρέπει να προταθούν λύσεις οι οποίες θα βοηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Οι λύσεις αυτές θα πρέπει να εφαρμοστούν τόσο σε νέα υπό ανέγερση κτίρια όσο και σε υφιστάμενα.

Εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να γίνει με τη χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων και γενικότερα ήπιων μορφών ενέργειας, με χρήση βελτιωμένου μηχανολογικού εξοπλισμού, με καλύτερης ποιότητας κουφώματα, με καλύτερη θερμομόνωση και προπαντός με σωστό συνδυασμό όλων των παραπάνω.

Θερμικές απώλειες από το κέλυφος.

Όλα τα μη θερμομονωμένα στοιχεία των κτιρίων, ακόμα και στην περίπτωση των κτιρίων με μόνωση στους τοίχους και στην οροφή (δηλαδή αμόνωτα υποστυλώματα, δοκάρια, προεξοχές) συντελούν στις αυξημένες απώλειες κατά τη διάρκεια του χειμώνα και σε αυξημένα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και εντείνουν το αίσθημα της θερμικής δυσφορίας.

Η θερμομόνωση λοιπόν των υφισταμένων κτιρίων αφορά εφαρμογές με προσθήκες στο κέλυφος τους κατάλληλων υλικών. Οι τρόποι επέμβασης ποικίλουν ανάλογα με το είδος και τη χρήση του κτιρίου, τον τρόπο κατασκευής, το σχήμα του κ.α.

Ας δούμε όμως τις εμπεβάσεις αναλυτικότερα με βάση το σημείο του κελύφους στο οποίο σκοπεύουμε να επεμβούμε.

9.2 Δώματα.

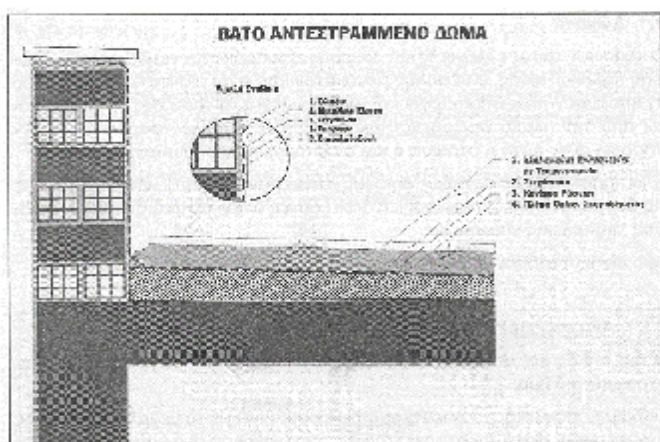
Ο κλασικός τύπος ελληνικής κατασκευής είτε πρόκειται για δώμα πολυώροφης πολυκατοικίας, είτε απλής μονοκατοικίας, είναι μία στρώση μωσαϊκού (η οποία συνήθως δημιουργεί και τις κλίσεις για τα νερά της βροχής) επάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Πολλές φορές όμως δεν υπάρχει ούτε αυτή η στρώση ή και αν υπάρχει δεν δημιουργεί κλίσεις.

Ένα πρόβλημα που συνήθως δημιουργείται όταν πρόκειται να προσθέσουμε τις θερμομονωτικές στρώσεις είναι ότι αυτές αναγκαστικά αυξάνουν το ύψος της τελικής επιφάνειας.

Δύο είναι οι τρόποι με τους οποίους κυρίως επεμβαίνουμε στα δώματα:

1) Αντεστραμμένο δώμα.

Ο πιο απλός και ενδεδειγμένος τρόπος μόνωσης δώματος είναι το αντεστραμμένο δώμα.



Σχήμα 9.2.1.: Θερμομόνωση με τη μέθοδο του αντεστραμμένου δώματος.

Σε δώμα όπου υπάρχουν κλίσεις (όπως συμβαίνει με το μεγαλύτερο μέρος των κτιρίων), αρκεί η κατασκευή μιας στεγανωτικής στρώσης απ' ευθείας επάνω από τις κλίσεις, σε αντίθεση με άλλες εφαρμογές οι οποίες απαιτούν πολλαπλές στρώσεις στεγάνωσης. Ακολουθεί η τοποθέτηση των θερμομονωτικών πλακών, η στρώση προστασίας από ένα γεωφύρασμα και τελική επικάλυψη με πλάκες πεζοδρομίου ή κροκάλες. Στις συνηθισμένες οικοδομές επειδή το δώμα θέλουμε να είναι επισκέψιμο, χρησιμοποιούμε πλάκες πεζοδρομίου. Σε περίπτωση στην οποία δεν υπάρχουν επαρκείς κλίσεις προστίθεται μια στρώση ελαφροσκυροδέματος.

Όπως μπορεί εύκολα να παρατηρήσει κανείς η λύση του αντεστραμμένου δώματος είναι ιδιαίτερα απλή και εύκολα κατασκευάσιμη. Απαιτεί τον ελάχιστο αριθμό στρώσεων και φυσικά είναι η χαμηλότερη σε ύψος τελικής επιφάνειας.

Η τοποθέτηση της θερμομόνωσης επάνω από τη στεγάνωση εκτεθειμένη στα νερά της βροχής επιβάλλει το θερμομονωτικό υλικό να είναι αδιάβροχο. Αυτό είναι δεσμευτικό σ' αυτήν τη λύση γιατί προδιαγράφει ουσιαστικά την εξηλασμένη πολυστερίνη ή το αφρώδες γυαλί.

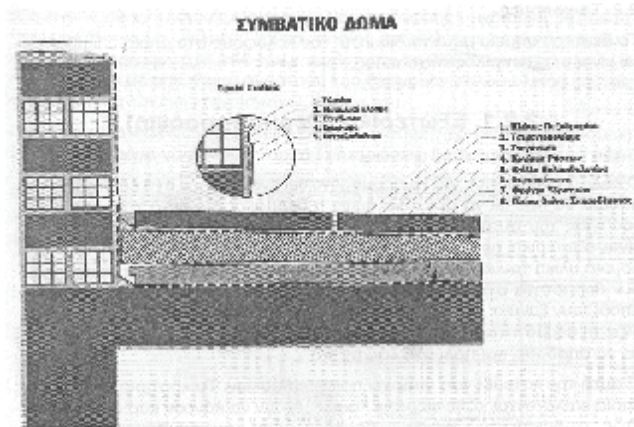
Αξίζει να αναφερθεί ότι κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά προϊόντα εξηλασμένης πολυστερίνης με έτοιμη τσιμεντοκονία στη μια τους επιφάνεια για απλοποίηση της κατασκευής και ελαχιστοποίηση των στρώσεων και φυσικά των εργατικών.

2) Συμβατικό Δώμα.

Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες μας ενδιαφέρει είτε αισθητικά η εμφάνιση της τελικής επιφάνειας, είτε η δυνατότητα η όλη κατασκευή της θερμομόνωσης να φέρει μεγάλα φορτία. Σ' αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζεται η λύση του Συμβατικού Δώματος.

Η λύση αυτή διαφέρει από την προηγούμενη στον αριθμό των στρώσεων αλλά κυρίως στην τοποθέτηση της στεγάνωσης. Απαιτεί κατασκευή φράγματος υδρατμών προκειμένου να συγκρατήσει τους υδρατμούς από το εσωτερικό των κτιρίων κάτω από τη θερμή πλευρά του θερμομονωτικού υλικού, ούτως ώστε να μην υγροποιηθούν περνώντας στην κρύα. Η θερμομόνωση τοποθετείται επάνω από το φράγμα υδρατμών. Ακολουθεί η στρώση κλίσεων, η στεγάνωση για τα νερά της βροχής και η τελική επίστρωση.

Αυτή η λύση δεν έχει γενικά περιορισμούς ως προς τη χρήση συγκεκριμένων θερμομονωτικών υλικών, μια και το υλικό αυτό θα βρίσκεται προστατευμένο μεταξύ δύο στεγανωτικών στρώσεων. Αφήνει όμως απροστάτευτη την τελική στεγάνωση στις περιβαλλοντικές αλλαγές και κυρίως στις θερμοκρασιακές μεταβολές, οι οποίες υποβάλουν τα στεγανωτικά υλικά σε μεγάλες συστολές- διαστολές, καταστρεπτικές πολλές φορές για τη σωστή λειτουργία της στεγάνωσης.⁽³⁾



Σχήμα 9.2.2.: Θερμομόνωση με τη μέθοδο του συμβατικού δώματος

9.3 Τοιχοποιίες.

Το δεύτερο σημείο μετά τα δώματα, του κελύφους στο οποίο επεμβαίνουμε είναι οι τοιχοποιίες, εξωτερικές και εσωτερικές.

Εξωτερικά (Θερμοπρόσοψη).

Ο καλύτερος τρόπος για να θερμομονωθεί ένας χώρος στο εσωτερικό του οποίου θα πρέπει να αργεί να πέσει η θερμοκρασία μετά την παύση λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης (όπως κατοικίες, νοσοκομεία κ.α.) είναι εξωτερικά από το υπάρχον δομικό στοιχείο. Αυτό επειδή τα βαριά δομικά υλικά του κελύφους έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα, αποθηκεύουν θερμότητα στη μάζα τους και όταν κρυώσει το περιβάλλον τους την αποδίδουν ξανά σ' αυτό. Όταν η θερμομόνωση βρίσκεται εξωτερικά, εμποδίζει τη θερμότητα να φύγει προς το εξωτερικό του κτιρίου και την αναγκάζει να αποδοθεί και πάλι στο εσωτερικό.

Σ' αυτή την κατεύθυνση υπάρχει ποικιλία λύσεων. Τα κριτήρια με βάση τα οποία επιλέγονται κάθε φορά οι λύσεις, έχουν να κάνουν κυρίως με το κόστος, τη δυνατότητα κατασκευής ικριωμάτων και προσθήκης όγκου στο κτίριο, χωρίς αυτή να αντίκειται στους οικοδομικούς κανονισμούς (π.χ.

οικοδομική γραμμή κλπ) και τέλος η αισθητική ποιότητα των όψεων του κτιρίου.

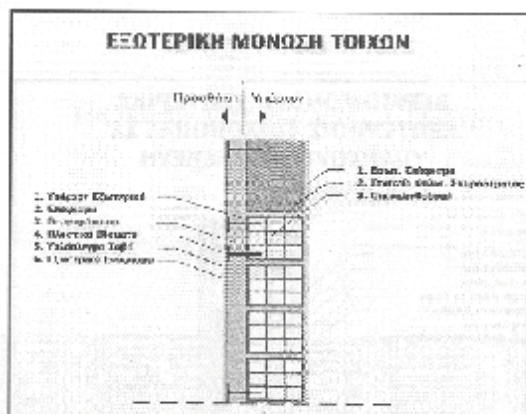
Δύο είναι κυρίως οι λογικές εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας. Η πρώτη είναι με κατασκευή σκελετού επί του οποίου στερεώνεται η τελική επικάλυψη και ανάμεσα στα στοιχεία του τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό. Η δεύτερη που είναι και η πιο διαδεδομένη τα τελευταία χρόνια ιδίως στην Ευρώπη, είναι με απευθείας ανάρτηση του θερμομονωτικού υλικού επί του τοίχου και κατασκευή επιχρίσματος επάνω του.

Για τις εφαρμογές αυτών των λύσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλων των ειδών τα θερμομονωτικά υλικά όπως εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, ινώδη (υαλοβάμβακας, ορυκτοβάμβακας) κ.α.

Όσον αφορά τα επιχρίσματα υπάρχει η τάση διάφορες εταιρείες να προσφέρουν ολόκληρο το σύστημα θερμοπρόσοψης, δηλαδή θερμομονωτικό υλικό, κόλλα, βύσματα, υαλόπλεγμα και έτοιμο ενσακκισμένο κονίαμα για επίχρισμα.

Η άλλη λύση για την περίπτωση επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια, όπου ενδεχόμενα μπορεί να κριθεί ασύμφορη η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης, είναι τοποθέτηση μιας στρώσης θερμοσοβά που θα συμβάλει σε κάποιο βαθμό στον περιορισμό των θερμικών απωλειών.

Η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως σε ποσοστό 42% (6.9 kWh/m^2) για την Α κλιματική ζώνη, 24% (12.3 kWh/m^2) για τη ζώνη Β και 17% (23.1 kWh/m^2) για τη ζώνη Γ. (Στοιχεία από τον τομέα Παθητικών Ηλιακών και Υβριδικών Συστημάτων του Κ.Α.Π.Ε.)



Σχήμα 9.3.1.: Εξωτερική μόνωση τοίχων.

Εσωτερική θερμομόνωση.

Όπου δεν είναι δυνατόν να γίνει η θερμομόνωση εξωτερικά αναγκαστικά πρέπει να βρεθεί λύση εσωτερικά. Ο πιο απλός, εύκολος και γι' αυτό διαδεδομένος τρόπος είναι με χρήση έτοιμων πάνελ, τα οποία αποτελούνται από μια θερμομονωτική πλάκα, με κολλημένη στη μία της πλευρά γυψοσανίδα. Τα πάνελ αυτά προσφέρουν όλα τα πλεονεκτήματα γης γυψοσανίδας (άριστη τελική επιφάνεια, ευκολία στην τοποθέτηση κλπ), σε συνδυασμό με τη θερμομόνωση. Αυτά τα πάνελ τα κολλάμε απευθείας στον τοίχο με μια ισχυρή κόλλα με βάση το γύψο, προβλέποντας απλώς τις θέσεις πριζών και διακοπών. Πρόκειται για μια λύση απλή και εύκολη που μπορεί να εφαρμοστεί σχεδόν παντού.

Η θερμομόνωση της εσωτερικής τοιχοποιίας συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως σε ποσοστό 57% (9.2 kWh/m^2) για την Α κλιματική ζώνη 38% (19 kWh/m^2) για την ζώνη Β και 27% ($35,6 \text{ kWh/m}^2$) για την ζώνη Γ. (Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).

Η λύση της ενδιάμεσης θερμομόνωσης ανάμεσα σε δύο σειρές τούβλων, η οποία και συνήθως εφαρμόζεται, είναι επίσης καλή, αλλά πρέπει να δίνεται προσοχή στις θερμογέφυρες που προκύπτουν από τα δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα.



Σχήμα 9.3.2.: Εσωτερική μόνωση τοίχων.

Απόδοση: Η εσωτερική μόνωση δίνει μεγαλύτερα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά μπορεί να συντελέσει στη συμπύκνωση υδρατμών στο εσωτερικό μέρος των τοίχων. Εξάλλου η εξωτερική μόνωση αποτελεί πληρέστερη λύση διότι προστατεύεται το εξωτερικό περίβλημα από τις καιρικές μεταβολές, αλλά και διότι εξασφαλίζει μικρότερη διακύμανση εσωτερικών θερμοκρασιών και μεγαλύτερη θερμική άνεση τη θερμή περίοδο.

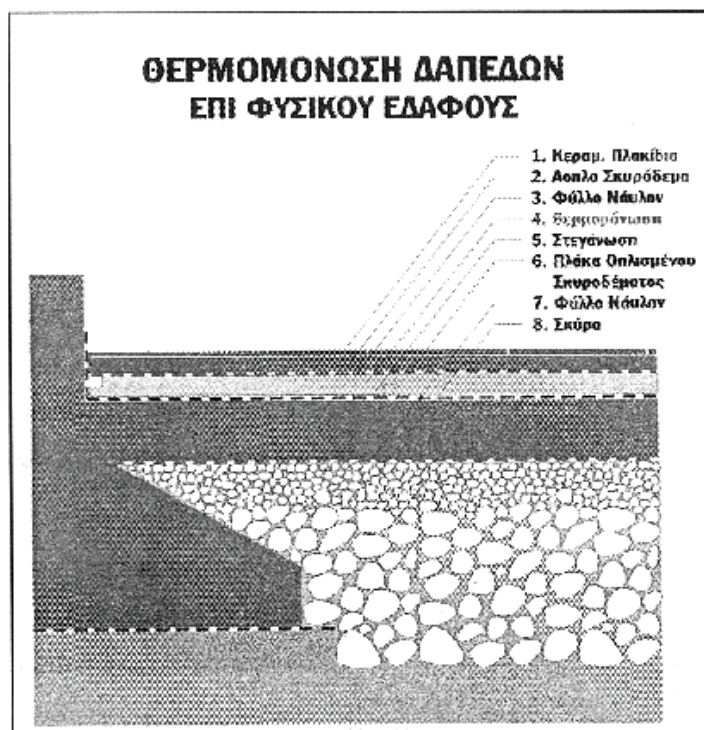
Από καθαρά ενεργειακή άποψη και λόγω των μεγάλων απωλειών από αερισμό αλλά και λόγω της σχετικά μικρής επιφάνειας της οροφής η απόδοση της μόνωσης οροφής είναι μικρή. Από θερμική όμως άποψη, η μόνωση της οροφής εντείνει το αίσθημα της θερμικής άνεσης στα διαμερίσματα του τελευταίου ορόφου, τόσο κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όπου και δεν προβλέπεται μηχανικό σύστημα δροσισμού/ κλιματισμού.

9.4 Υπόγεια.

Στα υπόγεια όταν αυτά είναι κατοικήσιμα, μπορούμε να θερμομονώσουμε είτε τα δάπεδά τους είτε τους εξωτερικούς τοίχους τους.

Δάπεδα

Στα δάπεδα των υπογείων τοποθετούμε τις θερμομονωτικές πλάκες επάνω στο υπάρχον δάπεδο, στρώνουμε ένα φύλλο πολυαιθυλενίου από επάνω και κατόπιν κατασκευάζουμε μια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους πέντε περίπου εκατοστών ελαφρά οπλισμένη. Ακολουθεί η τελική επίστρωση με κεραμικά πλακίδια ή ό,τι άλλο απαιτείται σύμφωνα με τη χρήση του χώρου. Απαιτήση της εφαρμογής είναι το θερμομονωτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί, να αντέχει στα φορτία τα οποία πρόκειται να φέρει.



Σχήμα 9.4.1.: Θερμομόνωση δαπέδων υπογείων.

Η πρόοδος της τεχνολογίας μας παρέχει μια σειρά προηγμένων υλικών με άριστη θερμομονωτική συμπεριφορά.

Όπως όμως αναφέρθηκε και νωρίτερα, πολλές φορές τα θερμομονωτικά υλικά πρέπει να πληρούν και πολλές άλλες προδιαγραφές. Οι προδιαγραφές αυτές ουσιαστικά υποδεικνύουν συγκεκριμένα υλικά ανάλογα με τις ιδιότητες που αυτά εμφανίζουν. Έτσι καλείται ο μηχανικός να επιλέξει ανάμεσα από μια πλειάδα υλικών, τα οποία εκτός από θερμομονωτικά θα πρέπει να είναι αδιάβροχα, να αντέχουν σε μεγάλα φορτία, να είναι παράλληλα ηχομονωτικά και γενικά να παρουσιάζουν οποιαδήποτε άλλη ιδιότητα απαιτεί το εκάστοτε έργο.

Σημαντικό είναι όμως να υπάρχει η δυνατότητα πιστοποίησης των ιδιοτήτων των υλικών. Σ' αυτή την κατεύθυνση έχουν γίνει μεγάλες πρόοδοι με τη δημιουργία οργανισμών πιστοποίησης. Ένα πιστοποιητικό το οποίο όλο και περισσότερες Ελληνικές Εταιρείες αποκτούν είναι το ISO 9000. Η πιστοποίηση των Ελληνικών Εταιρειών παραγωγής θερμομονωτικών υλικών είναι ένα μεγάλο βήμα για την αναβάθμιση της ποιότητας των κατασκευών στον τόπο μας, αλλά και στη διεκδίκηση με αξιώσεις ενός μεγάλου μέρους της διεθνούς αγοράς.

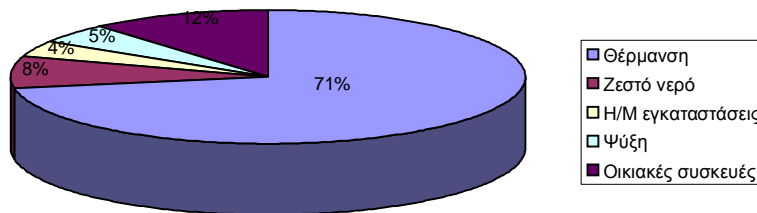
Σήμερα υπάρχουν ήδη εταιρείες παραγωγής θερμομονωτικών υλικών οι οποίες εξάγουν μεγάλο μέρος της παραγωγής τους και οι οποίες είναι γρήγορα αναπτυσσόμενες.

Συμβολή των εξωτερικών κουφωμάτων στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην ποιότητα ζωής σε υφιστάμενα κτίρια

10.1 Ο ρόλος των εξωτερικών κουφωμάτων.

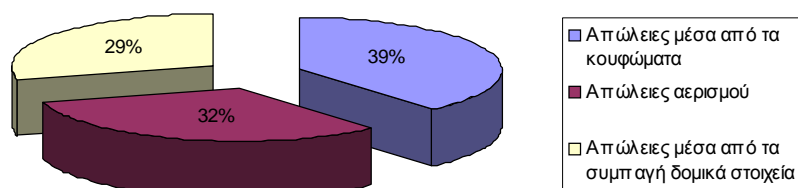
Στον τομέα των κτιρίων συνήθως δίνεται βαρύτητα στο ύψος της αρχικής δαπάνης κατά την κατασκευή του κτιρίου, παραβλέποντας τις λειτουργικές δαπάνες, που θα βαρύνουν τους χρήστες στο χρόνο της ζωής τους. Επιπλέον οι έμμεσες πλην όμως πολύ σημαντικές συνέπειες, όπως το κόστος υποβάθμισης της ποιότητας ζωής, το κόστος με το οποίο μακροπρόθεσμα βαρύνεται το περιβάλλον ή η εθνική οικονομία δεν λαμβάνονταν υπόψη.

Μόνο ο τομέας των κτιρίων καταναλώνει 30%της ενέργειας και συμβάλει κατά 40% στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Από την ενέργεια, που καταναλώνει ο οικιακός τομέας, ποσοστό 60% έως 90% χρησιμοποιείται για θέρμανση, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 10.1.1: Επιμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας σε μη θερμομονωμένα κτίρια μικτής χρήσης. Πηγή: Στοιχεία από Διεθνές Συνέδριο: "Υφιστάμενα κτίρια: εξοικονόμηση ενέργειας και περιβάλλον" (12/3/1999 Θεσσαλονίκη, υπό την αιγίδα τμημάτων Μηχανολόγων Μηχανικών και Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.)

Πολλές όμως φορές, προσπαθούμε άδικα να θερμάνουμε ένα απροστάτευτο κτίριο. Έχει αποδειχθεί ότι τα ασθενέστερα σημεία του κελύφους ως προς τις θερμικές απώλειες είναι οι πόρτες και τα παράθυρα. Οι απώλειες θερμότητας από τα κουφώματα μπορούν να φθάσουν και σε ποσοστό άνω του 50% των συνολικών απωλειών θερμότητας του κτιρίου, ανάλογα και με την καταλληλότητα των κουφωμάτων, την επιφάνεια που αυτά καταλαμβάνουν και τη μόνωση των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου.



Σχήμα 10.1.2: Απώλειες θερμότητας (%) σε υφιστάμενα κτίρια τα οποία είναι μερικώς ή και καθόλου θερμομονωμένα.

Πηγή: Στοιχεία από Διεθνές Συνέδριο: "Υφιστάμενα κτίρια: εξοικονόμηση ενέργειας και περιβάλλον" (12/3/1999 Θεσσαλονίκη, υπό την αιγίδα τμημάτων Μηχανολόγων Μηχανικών και Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.)

Επιπλέον η συμβολή των κουφωμάτων στην αύξηση του επιπέδου της ποιότητας ζωής αποτελεί πλέον απαίτηση. Ο πελάτης απαιτεί τα προϊόντα να δημιουργούν και να εξασφαλίζουν συνθήκες για σωματική και ψυχική υγεία, θερμική άνεση και ευεξία χωρίς την κατασπατάληση πόρων. Γίνεται αμέσως αντιληπτός ο νευραλγικός ρόλος των κουφωμάτων του κτιρίου, όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, την προστασία του περιβάλλοντος και τελικά την ποιότητα ζωής.

Τα κουφώματα λοιπόν, θα πρέπει να τηρούν ορισμένες προδιαγραφές, προκειμένου να μπορούν να αντεπεξέλθουν στις σύγχρονες απαιτήσεις.

Το κούφωμα πρέπει να μειώνει τη μετάδοση θορύβων από τον περιβάλλοντα χώρο στο εσωτερικό του κτιρίου και να μην επιτρέπει την ανεπιθύμητη διείσδυση αέρα και νερού. Η αεροστεγανότητα και η

υδατοστεγανότητα είναι δύο πολύ σημαντικές ιδιότητες, που σε μεγάλο βαθμό καθορίζουν τη στάθμη ποιότητας των κουφωμάτων.

Παράλληλα, το κούφωμα πρέπει να μειώνει τις απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου στον περιβάλλοντα χώρο, άρα ο συνδυασμός πλαισίου και υαλοπίνακα οφείλει να παρουσιάζει το μικρότερο δυνατό συντελεστή θερμοπερατότητας.

Επίσης το κούφωμα πρέπει να επιτρέπει τον αερισμό του χώρου και την πρόσβαση σε εξωτερικούς χώρους όπως οι βεράντες, επομένως πρέπει να μπορεί να ανοιγοκλείνει ή να ανακλίνει χιλιάδες φορές στη διάρκεια της ζωής του χωρίς ο μηχανισμός του να αστοχεί ή το πλαίσιο του να παραμορφώνεται.

Επεμβάσεις λοιπόν εξοικονόμησης ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων και την επίτευξη βέλτιστων συνθηκών θερμικής άνεσης στα υφιστάμενα κτίρια, οφείλουμε να κάνουμε και στα κουφώματα.

Η μείωση των απωλειών από χαραμάδες είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος μείωσης του θερμικού φορτίου. Η επέμβαση αυτή είναι αποτελεσματική για όλες τις κλιματικές ζώνες της χώρας. Αυτό σημαίνει ότι η αεροστεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων ή η αντικατάσταση με αεροστεγανά κουφώματα και πλαίσια είναι τεχνικές πρώτης προτεραιότητας. Η μείωση των απωλειών μπορεί να μειώσει το φορτίο θέρμανσης κατά ποσά που φτάνουν 6,4 kWh/m² (68%) στη ζώνη Α, 11 kWh/m² (28%) στη ζώνη Β και 19,7 kWh/m² (29%) στη ζώνη Γ. (Στοιχεία από Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Κ.Α.Π.Ε.). Το σφράγισμα αρμών συντελεί σημαντικά και στη μείωση του εξωτερικού θορύβου (ακουστική άνεση).

10.2 Σφράγισμα αρμών

Η κακή συναρμογή των κινητών τμημάτων μεταξύ τους και του πλαισίου με την τοιχοποιία είναι σημαντικότερος παράγοντας στις αυξημένες απώλειες. Η μείωση των θερμικών ανταλλαγών από τις χαραμάδες λόγω της κακής συναρμογής μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση ελαστικών παρεμβυσμάτων στα σημεία συναρμογής των κινητών τμημάτων και ελαστομερών υλικών σφραγίσματος και αρμοκαλύπτρων στα σταθερά τμήματα (πλαίσια, τζάμια). Τα υλικά αυτά πρέπει να αντέχουν στην ηλιακή ακτινοβολία και στις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.^{(2),(3)}

10.3 Αντικατάσταση κουφωμάτων

Συνιστώνται ανοιγόμενα κουφώματα, διότι είναι πιο αεροστεγανά από τα συρόμενα. Τα ανοιγόμενα περί οριζόντιο άξονα είναι καλύτερα για τον αερισμό το καλοκαίρι. Τα πλαίσια μπορεί να είναι πλαστικά ή μεταλλικά με εσωτερική θερμομόνωση και αρμό για την αποφυγή θερμογέφυρας.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη συναρμογή πλαισίου και τοιχοποιίας. Μπορεί να παράγουμε το προϊόν άψογα, να είναι άψογα σχεδιασμένο, να έχουμε χρησιμοποιήσει υαλοπίνακες με τη μέγιστη ικανότητα ηχομείωσης, όμως όλα θα αποδειχθούν άχρηστα για την τελική ικανότητα ηχομόνωσης και θερμομόνωσης του προϊόντος, αν π.χ. δεν ρυθμιστούν σωστά τα κινητά μέρη του προϊόντος με αποτέλεσμα να περνάει ο αέρας από τη συνεργασία των κινητών με τα σταθερά μέρη.

Μόνο η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς μπορεί να περιορίσει τις θερμικές απώλειες ενός κτιρίου σε σημαντικό ποσοστό, που σε ορισμένες περιπτώσεις (ανάλογα με τον προσανατολισμό, το ποσοστό επιφάνειας των κουφωμάτων, τη μόνωση των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου, κλπ) μπορεί να φθάσει μέχρι και 50% του συνόλου. Σίγουρα τα οφέλη γίνονται πολύ μεγαλύτερα αντικαθιστώντας τα παλιά κουφώματα με καινούρια ποιοτικά.

Προστίθενται ο περιορισμός των απωλειών θερμότητας (που οφείλονται στον ακούσιο αερισμό) λόγω βελτίωσης της αεροστεγανότητας, η βελτίωση της θερμομονωτικής ικανότητας με τη δυνατότητα χρησιμοποίησης καλύτερης διατομής ή μονωμένου πλαισίου με πολυαμίδιο ή άλλο υλικό, η πληρότητα της εργασίας, η βελτίωση της ηχομόνωσης, η πολύ σημαντική βελτίωση της ικανότητας υδατοστεγάνωσης, η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, η καλύτερη εμφάνιση, η βελτιωμένη λειτουργικότητα και πολλά άλλα.

Η εφαρμογή της αντίληψης για ολική ποιότητα στον κλάδο των κουφωμάτων οδηγεί σε υψηλότερο κόστος αγοράς. Στην πραγματικότητα όμως πρόκειται για επένδυση, η οποία μεσοπρόθεσμα θα ανταποδώσει στο χρήστη τα ανάλογα οφέλη. Το αυξημένο αρχικό κόστος αντισταθμίζεται από το μικρότερο λειτουργικό κόστος, εξαιτίας της μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και των μικρότερων δαπανών συντήρησης, από βελτιωμένη ποιότητα ζωής και από μικρότερο κόστος απόρριψης στο τέλος της ζωής του προϊόντος, τουλάχιστον σε χώρες όπου αυτό χρεώνεται στον πελάτη.

Παθητικά ηλιακά συστήματα για εξοικονόμηση ενέργειας και επίτευξη συνθηκών άνεσης σε υφιστάμενα κτίρια (περίοδος θέρμανσης)

11.1 Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων.

Πρώτη φροντίδα για να οικονομήσει κανείς ενέργεια και ακόμη για να χρησιμοποιήσει στο σπίτι του ηλιακά συστήματα θέρμανσης, είναι να εφαρμόσει την αρχή της «διατήρησης της θερμότητας» με τη μόνωση του σπιτιού, τα διπλά παράθυρα και τη στεγανοποίηση των κουφωμάτων, ώστε το σπίτι να γίνει αποδοτικό από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας.

Οι μεγαλύτερες δυσκολίες που παρουσιάζονται στα ήδη υφιστάμενα κτίρια για την εφαρμογή ηλιακών συστημάτων θέρμανσης είναι ο προσανατολισμός τους και τα εμπόδια από άλλα κτίρια και δέντρα. Εάν ωστόσο δεν υπάρχουν τα παραπάνω φυσικά εμπόδια, τότε προσφέρονται πολλές δυνατότητες για οικονομική εφαρμογή ηλιακών συστημάτων που μπορούν να συμβάλλουν κατά 10% έως 50% στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα υφιστάμενα κτίρια εκτός από την κάθε είδους θερμομόνωση και τα κουφώματα, μπορούν να γίνουν και με την εφαρμογή των παθητικών ηλιακών συστημάτων.

Σε αντίθεση με τα **Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα (Ε.Η.Σ.)** τα οποία χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή το δροσισμό των κτιρίων αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης (όπως για παράδειγμα οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κ.ά.), τα **Παθητικά ηλιακά συστήματα (Π.Η.Σ.)** θέρμανσης ή δροσισμού είναι οι τεχνικές και κατασκευές που εμπεριέχονται στο σχεδιασμό του κτιρίου και προσαρμόζονται κατάλληλα στο κελυφός του.



Σχήμα 11.1: Στην κατηγορία των Ενεργητικών Ηλιακών Συστημάτων ανήκουν και τα Φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ενέργειας. Χρησιμεύουν στην απευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Τα Π.Η.Σ. διευκολύνουν στην καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση κτιρίων, καθώς και στην αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τη φυσική τους ψύξη.



Σχήμα 11.2: Παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης. Κατασκευή που έχει προσαρμοστεί κατάλληλα στο κέλυφος του κτιρίου.

Οι βασικές κατηγορίες των Π.Η.Σ. είναι:

- α) τα άμεσου ηλιακού κέρδους, όπως τα νότια ανοίγματα,
- β) τα έμμεσου ηλιακού κέρδους όπως ο ηλιακός χώρος - θερμοκήπιο, το ηλιακό αίθριο, ο ηλιακός τοίχος, το θερμοσιφωνικό πάνελ,

γ) τα συστήματα δροσισμού όπως τα σκίαστρα, η ηλιακή καμινάδα, η υδάτινη οροφή και συστήματα αερισμού. ^{(8),(9)}

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα λοιπόν που χρησιμοποιούνται για την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και την επίτευξη συνθηκών άνεσης, και βρίσκουν εφαρμογή εκτός από τα νεοαναγειρόμενα και σε υφιστάμενα κτίρια, είναι τα εξής:

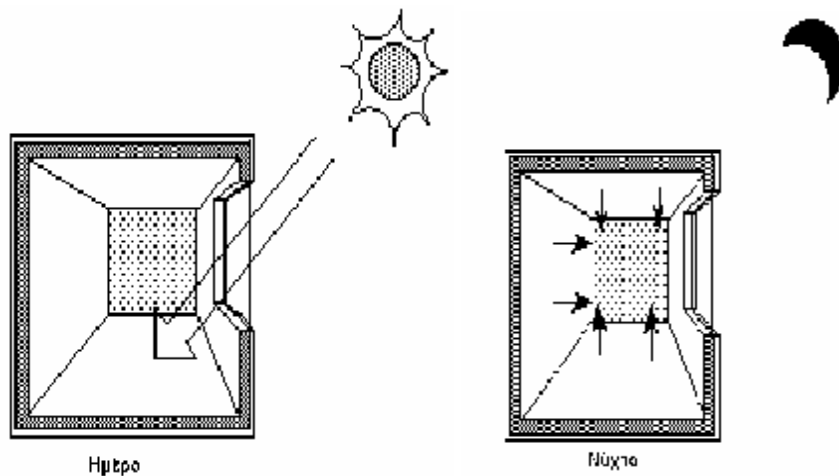
- α) Τα ηλιακά παράθυρα
- α) Τα ηλιακά θερμοκήπια
- α) Το θερμοσιφωνικό πέτασμα
- α) Το «ηλιακό κέλυφος»
- α) Ο συλλέκτης παραθύρου.

11.2 Τα ηλιακά παράθυρα

Είναι το απλούστερο σύστημα θέρμανσης ενός χώρου με φυσικό τρόπο ανάλογα με το είδος και το πάχος των τζαμιών.

Επιτρέπει τη θέρμανση ενός χώρου μέσω της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, πράγμα που σημαίνει ουσιαστικά μεγάλα ανοίγματα στο νότιο μέρος του κτιρίου με τη μορφή π.χ. παραθύρων, συρόμενων ή ανοιγόμενων θυρών ή ακόμα και φεγγιτών που σε συνδυασμό με τη χρήση κατάλληλων δομικών υλικών και φυσικά και κατάλληλης θερμομόνωσης στο εσωτερικό του χώρου, να μπορούν να αποθηκεύσουν τη θερμότητα στη διάρκεια της ημέρας και να την αποδώσουν στη συνέχεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Η λειτουργία αυτών των ανοιγμάτων πρέπει να έχει κατάλληλα μελετηθεί, ώστε να μη σκιάζονται καθόλου το χειμώνα και να μπορούν (με διάφορους τρόπους) να σκιαστούν το καλοκαίρι, οπότε και επιζητούμε τη μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό μιας κατασκευής.⁽¹⁾



Σχήματα 11.2.1 και 11.2.2: Νυχτερινή και ημερήσια λειτουργία των ηλιακών παραθύρων.

11.3 Τα θερμοκήπια.

Το γυαλί έχει την ιδιότητα να είναι διαπερατό από τις προσπίπτουσες ακτίνες του ορατού φάσματος και τις υπέρυθρες ακτίνες μικρού μήκους κύματος. Αντίθετα δεν είναι διαπερατό από τις υπέρυθρες μεγάλου μήκους κύματος, που προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία.

Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην γυάλινη επιφάνεια ενός θερμοκηπίου στο μεγαλύτερο ποσοστό της τη διαπερνά. Το γυαλί απορροφά ένα μέρος της ακτινοβολίας, την οποία στη συνέχεια διοχετεύει προς το εσωτερικό και προς το εξωτερικό μέρος του θερμοκηπίου, ενώ αντανακλά ένα άλλο μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας προς τα έξω. Η ενέργεια που διαπερνά το γυάλινο κέλυφος του θερμοκηπίου τελικά προσπίπτει σε κάποια αδιαπέραστα από το φως σώματα, όπως είναι οι τοίχοι και το δάπεδο, που απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της, με αποτέλεσμα να ανεβαίνει η θερμοκρασία τους.

Η θερμότητα αυτή διανέμεται δι' αγωγής μέσα στο ίδιο το σώμα, δια μεταφοράς και δι' επανεκπομπής ακτινοβολίας προς τις επιφάνειες με χαμηλότερη θερμοκρασία, όπως οι τοίχοι και τα παράθυρα που δε φωτίζονται άμεσα από τον ήλιο.

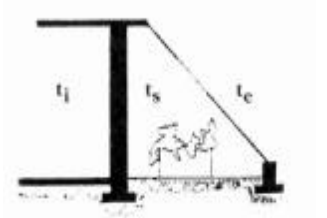
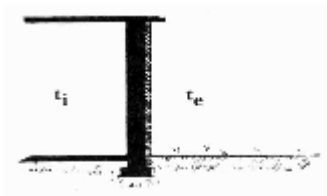
Καθώς όμως το γυαλί δεν είναι διαπερατό από τις ακτινοβολίες μεγάλου μήκους κύματος, όπως αυτές που εκπέμπουν με τη σειρά τους τα

υλικά και τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα στο θερμοκήπιο, οι θερμικές αυτές ακτινοβολίες ανακλώνται και μένουν εγκλωβισμένες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Οι απώλειες δι' αγωγής από τις γυάλινες επιφάνειες απ' όπου εισέρχεται ο ήλιος είναι μηδαμινές, αφού το ίδιο το γυαλί έχει ήδη υψηλή θερμοκρασία.

Με βάση λοιπόν τις παρακάτω γνώσεις και αρχές, μπορούμε να οδηγηθούμε στη λύση της ενσωμάτωσης, με διάφορους τρόπους, σε μια αρχιτεκτονική κάτοψη ενός θερμοκηπίου, που να αποδίδει σε ένα σπίτι την αναγκαία ποσότητα θερμότητας.

Οι διάφορες περιπτώσεις εφαρμογής ενός θερμοκηπίου σε υφιστάμενα κτίρια, είναι οι εξής:



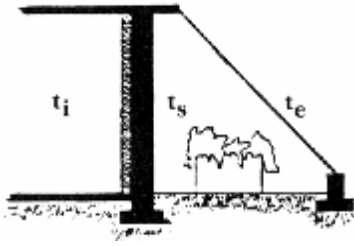
Σχήματα 11.3.1 και 11.3.2:
Περιπτώσεις εφαρμογής
θερμοκηπίου σε υφιστάμενα
κτίρια.

1). Στην πρώτη περίπτωση (σχήμα 11.3.1) έχουμε ένα νότιο τοίχο που έχει μονωθεί στην εξωτερική του παρειά και όπου η ηλιακή ενέργεια που συγκεντρώνεται είναι απειροελάχιστη, γιατί το μονωτικό υλικό θερμαίνεται μόνο στην επιφάνειά του, ενώ η θερμότητα ακτινοβολείται στον εξωτερικό χώρο.

2). Στη δεύτερη περίπτωση (σχήμα 11.3.2) ο νότιος τοίχος και το έδαφος του θερμοκηπίου απορροφούν την ηλιακή ενέργεια κι' έτσι η τζαμαρία σταματά ένα τμήμα της ακτινοβολούμενης ενέργειας. Η εσωτερική θερμοκρασία t_s του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική

θερμοκρασία t_e κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της νύχτας ο τοίχος αποδίδει ένα τμήμα της θερμότητας που έχει συλλέξει, και ο συντελεστής ανταλλαγής θερμότητας του τοίχου (συντελεστής θερμοπερατότητας K , ο οποίος ορίζεται στο παράρτημα) είναι γύρω στα $2.4 \text{ W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$.

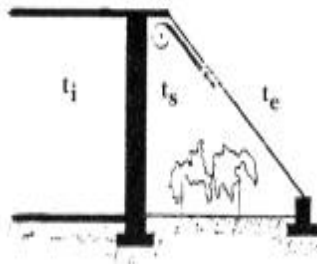


Σχήματα 11.3.3 και 11.3.4

3). Στην τρίτη περίπτωση (σχήμα 11.3.3) ο τοίχος είναι μονωμένος εσωτερικά, οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας γίνεται $K=0,6 \text{ W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$.

κουρτίνα) κατά τη διάρκεια της μειωθούν οι απώλειές της και ο θερμοπερατότητας γίνεται $K=2 \text{ W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$.

4). Τέλος, στην τέταρτη περίπτωση (σχήμα 11.3.4) η



τζαμαρία του θερμοκηπίου μονώνεται (π.χ. με μια νύχτας, για να συντελεστής

Ειδικότερα για τα σχολικά συγκροτήματα, το θερμοκήπιο που προθερμαίνει τον εισερχόμενο αέρα, βρίσκει ευρεία εφαρμογή, αφού αποτελεί την ιδανική λύση για μετατροπή ανοικτού διαδρόμου σε κλειστό, σε υφιστάμενα σχολεία που οι αίθουσες βλέπουν περίπου στο νότο. Εξασφαλίζει φρέσκο προθερμασμένο αέρα και μείωση των θερμικών απωλειών, χωρίς να περιορίζει ιδιαίτερα τον φωτισμό των αιθουσών.

Το θερμοκήπιο που κατασκευάζεται με το κλείσιμο των ανοικτών διαδρομών σε υπάρχοντα κτίρια, συνιστάται να αποτελείται από ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο που τοποθετείται σε απόσταση 40 εκ. περίπου από την άκρη του εξώστη – διαδρόμου. Το ύψος του μπορεί να αρχίζει από το έδαφος, φτάνοντας μέχρι το ανώτερο σημείο του κτιρίου, μπορεί όμως το θερμοκήπιο να δημιουργηθεί και τμηματικά στους ορόφους.

Στην ανατολική και δυτική πλευρά καλό είναι να υπάρχουν ανοιγόμενα τμήματα. Το θερμοκήπιο αποτελείται από μεταλλικό σκελετό με κατακόρυφους ορθοστάτες και οριζόντιες μεταλλικές δοκούς. Στα κενά του σκελετού τοποθετούνται κουφώματα αλουμινίου με σταθερά και ανοιγόμενα τμήματα.

Στο κάτω και πάνω μέρος δημιουργούνται φεγγίτες που ανοίγουν. Για την καλύτερη ροή του αέρα η πάνω σειρά των φεγγιτών μπορεί να έχει κλίση περίπου 60- 70° . Η δημιουργία δύο σειρών φεγγιτών είναι απολύτως απαραίτητη για το θερινό εξαερισμό του θερμοκηπίου. Στο κάτω μέρος του θερμοκηπίου μπορεί να τοποθετηθούν ανεμιστήρες, οι οποίοι να εισάγουν τον απαιτούμενο φρέσκο αέρα.

Στον ενδιάμεσο τοίχο μεταξύ αιθουσών και θερμοκηπίου ανοίγονται, αν δεν υπάρχουν φεγγίτες πάνω από τα πρέκια των θυρών και θυρίδες με περσίδες στο κάτω μέρος του τοίχου ή της πόρτας για τη διευκόλυνση της ροής του αέρα. Αθόρυβοι ανεμιστήρες στους πάνω φεγγίτες ή στο πάνω μέρος του τοίχου ελέγχουν τη ροή αέρα προς την αίθουσα.

Χειμερινή λειτουργία: Κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν ο ήλιος προσπίπτει στη γυάλινη επιφάνεια, θερμαίνει τον αέρα του θερμοκηπίου, ο οποίος κινείται προς τα επάνω και εισέρχεται μέσω των φεγγιτών στην αίθουσα. Ταυτόχρονα ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο περνάει από την κάτω θυρίδα. Μέρος της θερμότητας αποθηκεύεται στο δάπεδο του θερμοκηπίου και στο διαχωριστικό τοίχο και αποδίδεται με χρονική υστέρηση. Ο φρέσκος αέρας απ' έξω εισέρχεται στο θερμοκήπιο μέσω ανοιγόμενων τμημάτων ή θυρίδων στο κάτω μέρος του θερμοκηπίου και μπορεί να υποβοηθείται από ανεμιστήρα. Τη νύχτα κλείνουν οι θυρίδες και οι φεγγίτες και η θέρμανση του χώρου συνεχίζεται με την ακτινοβολούμενη από τους τοίχους θερμότητα.

Θερινή λειτουργία: Ο δροσισμός του θερμοκηπίου είναι απαραίτητος σε όλες τις ζώνες το Σεπτέμβριο, Μάιο, και Ιούνιο και για μεγαλύτερα διαστήματα για την Α και Β ζώνη. Ο αερισμός του θερμοκηπίου, ο οποίος γίνεται με άνοιγμα τμημάτων στο επάνω και στο κάτω μέρος του υαλοστασίου επαρκεί για τη δημιουργία καλών συνθηκών κατά το καλοκαίρι, αρκεί να εφαρμόζονται ταυτόχρονα οι απαιτούμενες τεχνικές φυσικού δροσισμού στις αίθουσες (σκίαση και αερισμός) .

Το θερμοκήπιο μπορεί να σκιαστεί με τέντα, ιδιαίτερα όταν συνορεύει με αίθουσα που δεν φωτίζεται μέσω αυτού. Συνήθως όμως, ο καλός εξαερισμός του επαρκεί στο να μην υπάρχει υπερθέρμανση λόγω του θερμοκηπίου. Παράλληλα, το κόστος της εγκατάστασης τέντας είναι αρκετά υψηλό και η συνεισφορά της σκίασης του θερμοκηπίου στη δημιουργία συνθηκών άνεσης είναι μικρή σε σχέση με το κόστος.

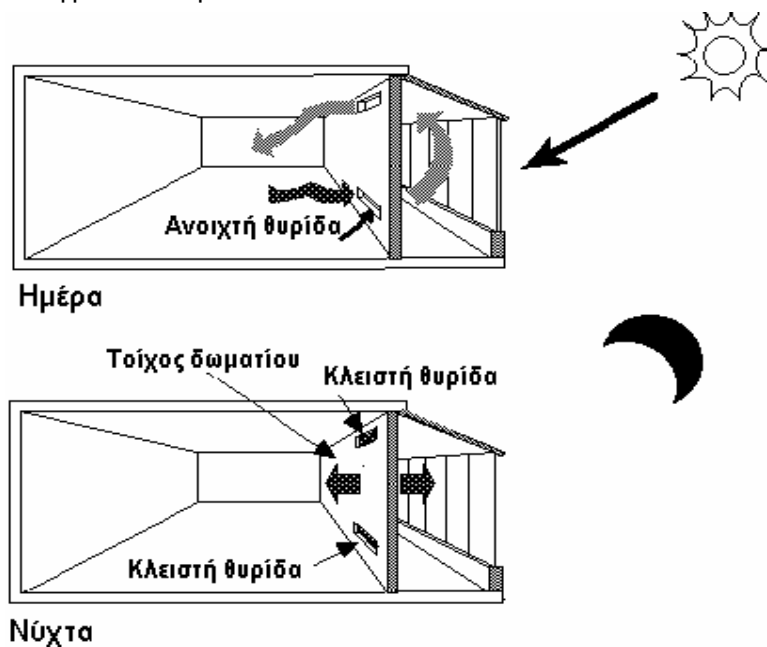
Απόδοση: Το θερμοκήπιο που προσαρτάται σε κτίριο με ανοικτό διάδρομο, μετατρέποντας τον σε κλειστό, αποδίδει μείωση του θερμικού φορτίου του κτιρίου της τάξεως του 85% (12,8 kWh/m²) στη ζώνη Α, 55%

(25,6 kWh/m²) στη ζώνη Β και 47% (57,8 kWh/m²) στη ζώνη Γ. (Στοιχεία από Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Κ.Α.Π.Ε.).⁽⁴⁾

11.4 Το Θερμοσιφωνικό Πέτασμα.

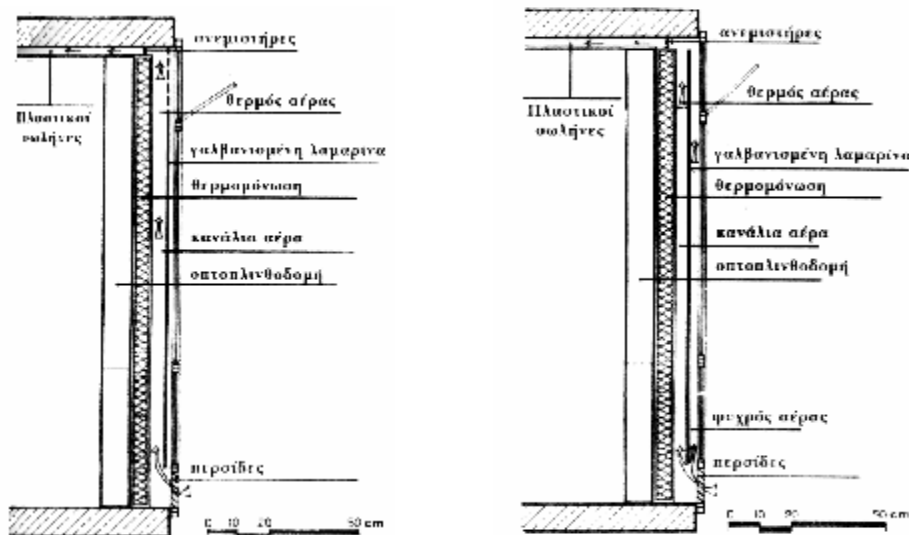
Ευρεία εφαρμογή ειδικότερα στα σχολικά συγκροτήματα, βρίσκει και άλλο ένα παθητικό ηλιακό σύστημα, το θερμοσιφωνικό πέτασμα που προθερμαίνει τον εισερχόμενο αέρα Προσαρτάται σε τμήματα νότιων διαδρομών (με απόκλιση μέχρι 30° ανατολικά ή δυτικά από το Νότο). Επίσης μπορεί να προσαρτηθεί σε κλιμακοστάσια ή τυφλούς νότιους τοίχους αιθουσών. Δεν συνίσταται να τοποθετείται απευθείας στις κύριες όψεις των αιθουσών, διότι τότε περιορίζεται η επιφάνεια των ανοιγμάτων.

Το πέτασμα κατασκευάζεται σε επιλεγμένα τμήματα νότιων τοίχων (συνήθως διαδρόμων) καθ' όλο το ύψος του ορόφου, από θερμομονωτική στρώση σε επαφή με τον τοίχο, απορροφητική επιφάνεια σε επαφή ή σε απόσταση από τη μόνωση (ώστε να δημιουργείται κενό για την προς τα πάνω κίνηση του θερμού αέρα) και εξωτερικά τοποθετείται υαλοστάσιο, του οποίου το κάτω μέρος φέρει περσίδες ή φεγγίτη ανοιγόμενο, που επιτρέπει την είσοδο του φρέσκου αέρα.



Σχήμα 11.4.1: Προσάρτηση θερμοσιφωνικού πετάσματος σε Νότιο τοίχο. Νυχτερινή και ημερήσια λειτουργία.

Το υλικό απορρόφησης είναι από μέταλλο με πτυχώσεις (αυλακοειδής λαμαρίνα), διάτρητη λαμαρίνα ή μεταλλικές περσίδες και πρέπει να είναι κατά προτίμηση βαμμένο μαύρο ή σκούρο, για καλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η βαφή της μεταλλικής επιφάνειας πρέπει να είναι ανθεκτική και σε θερμοκρασίες γύρω στους 100° C. Η πιο αποδοτική μορφή θερμοσιφωνικού πετάσματος είναι εκείνη με τη διπλή δίοδο, όπου το ρεύμα του αέρα διέρχεται και από τις δύο πλευρές της απορροφητικής επιφάνειας, όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα 11.4.2 και 11.4.3.



Σχήματα 11.4.2 και 11.4.3: Θερμοσιφωνικά πετάσματα μονής και διπλής δίοδου.

Χειμερινή λειτουργία: Ο ψυχρός αέρας εισέρχεται από ανοιγόμενο τμήμα ή θυρίδες στο κάτω μέρος του υαλοστασίου, θερμαίνεται και κυκλοφορεί μέσω αγωγών στο επάνω τμήμα του διαχωριστικού τοίχου του προς τις αίθουσες υποβοηθούμενος από μικρό ανεμιστήρα. Ο αέρας της αίθουσας εξέρχεται μέσω ανεμιστήρα απαγωγής προς το περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια της νύχτας οι θυρίδες του πετάσματος παραμένουν κλειστές και η λειτουργία του διακόπτεται.

Θερινή λειτουργία: Το καλοκαίρι η θερμοσιφωνική λειτουργία του πετάσματος διακόπτεται με κλείσιμο των θυρίδων. Αν υπάρχει άνοιγμα και στο πάνω τμήμα του υαλοστασίου του πετάσματος, μπορεί με ταυτόχρονο άνοιγμα των πάνω και κάτω ανοιγμάτων το πάνελ να αερίζεται. Επί πλέον, η

σκίαση του πετάσματος με τέντα ή άλλο σκίαστρο, μειώνει τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς την επιβάρυνση του εξωτερικού τοίχου.

Απόδοση: Το πέτασμα εξοικονομεί ενέργεια της τάξεως του 45% (5.6 kWh/m²) στη ζώνη Α, 31% (12,8 kWh/m²) στη ζώνη Β και 36% (41,5 kWh/m²) στη ζώνη Γ. (Στοιχεία από Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Κ.Α.Π.Ε.).⁽²⁾

11.5 Το «ηλιακό κέλυφος».

Με το ηλιακό κέλυφος, μπορούμε όχι μόνο να μειώσουμε τις θερμικές απώλειες ενός λεπτού και αμόνωτου μεσημβρινού τοίχου, αλλά και να αυξήσουμε το ηλιακό κέρδος μέσα από τον τοίχο.

Το ηλιακό κέλυφος συνίσταται στην τοποθέτηση μιας ημιδιαφανούς μονώσεως μπροστά στον τοίχο. Το ηλιακό κέρδος, μέσα από τον τοίχο, αυξάνεται εξ' αιτίας της παγιδεύσεως της ηλιακής ακτινοβολίας από την ημιδιαφανή μόνωση. Με αυτόν τον τρόπο μεταβάλλεται ο τοίχος που χάνει θερμότητα σε διάταξη με ικανότητα συλλογής ωφέλιμης ηλιακής ενέργειας. Όσο μικρότερη είναι η θερμική αντίσταση του τοίχου, τόσο ευνοϊκότερα είναι τα αποτελέσματα.

Το πλεονέκτημα της παραπάνω λύσης έναντι μιας συμβατικής μονώσεως του μεσημβρινού τοίχου, εσωτερικά ή εξωτερικά, είναι ότι η συμβατική μόνωση δεν ελαττώνει απλώς τις απώλειες αλλά επιπλέον μειώνει το κέρδος από την ηλιακή ακτινοβολία.⁽¹⁾

11.6 Ο συλλέκτης παραθύρου.

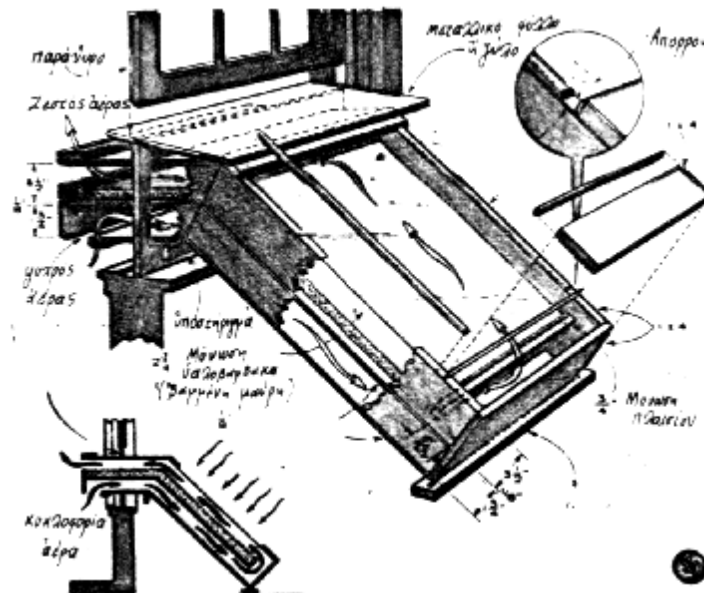
Η κατασκευή του συλλέκτη είναι εύκολη και μπορεί κανείς να τον κατασκευάσει και να τον εγκαταστήσει μόνος του. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι λεπτομέρειες της κατασκευής.

Οι πραγματικές διαστάσεις του συλλέκτη εξαρτώνται από το πλάτος του εκάστοτε παραθύρου και μπορεί να κατασκευαστεί με διάφορους τρόπους. Η επιφάνεια που απορροφά την θερμότητα είναι από σκληρή μονωτική πλάκα υαλοβάμβακα, πάχους περίπου 70 mm, βαμμένη μαύρη και

στερεωμένη πάνω σε χαρτόνι πάχους 3-4 mm. Η απορροφητική επιφάνεια τοποθετείται σε απόσταση 450 mm από τον πάτο του συλλέκτη για να σχηματίσει το κάτω κανάλι του ψυχρού αέρα.

Εάν η επιφάνεια της μόνωσης δεν είναι πολύ καλή, μπορεί να τοποθετηθεί πάνω σ' αυτή μεταλλικό λεπτό φύλλο αλουμινίου και να βαφεί μαύρο. Πριν να συναρμολογηθεί ο συλλέκτης πρέπει να βαφεί η ξυλοκατασκευή (καλής ποιότητας κόντρα πλακέ) με δύο στρώσεις χρώματος για εξωτερική βαφή.

Κατά τη συναρμολόγηση πρέπει, ο συλλέκτης να στεγανοποιηθεί, γιατί η υγρασία μέσα από τον συλλέκτη μπορεί να μεταφερθεί στο σπίτι. Η αντίστροφη κυκλοφορία, τη νύχτα ή τις ημέρες με συννεφιά, εμποδίζεται με το στεγανό κλείσιμο των δύο στομιών με ξύλο.



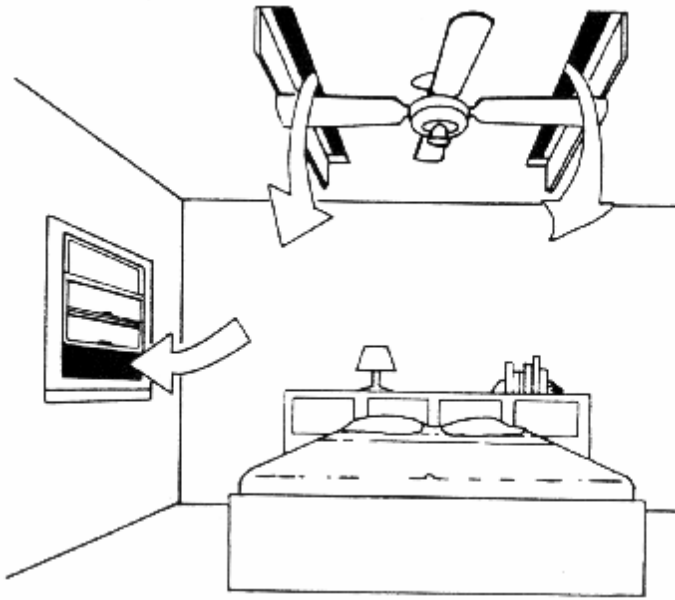
Σχήμα 11.6.1: Αρχή λειτουργίας του συλλέκτη παραθύρου.

Επεμβάσεις για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στις περιόδους δροσισμού.

12.1 Αερισμός.

Η ανανέωση του αέρα (αερισμός) των εσωτερικών χώρων εξασφαλίζει όρους υγιεινής διαβίωσης στους ενοίκους, γιατί παρέχει φρέσκο αέρα, πλούσιο σε οξυγόνο, απομακρύνει τις δυσοσμίες και την περίσσεια θερμότητα. Με άλλα λόγια συμβάλλει στη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης.

Μπορεί να επιτευχθεί με φυσικό ή μηχανικό τρόπο, χρησιμοποιώντας τεχνικές και συστήματα παθητικά ή υβριδικά, είτε μέσω του σχεδιασμού των κτιρίων και της κατάλληλης τοποθέτησης των ανοιγμάτων είτε με τη χρήση ανεμιστήρων, κυρίως οροφής.⁽⁹⁾



Σχήμα 12.1.1: Αερισμός εσωτερικού χώρου με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής.

12.2 Ηλιοπροστασία και σκίαση ανοιγμάτων.

Η μείωση των θερμικών κερδών μέσω της σκίαση των ανοιγμάτων, είναι ουσιαστικότερη για την αποκατάσταση της θερμικής άνεσης όλες τις θερμές περιόδους. Η σκίαση μπορεί να επιτευχθεί με σταθερά εξωτερικά σκίαστρα (τα οποία μπορεί να είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, όπως πρόβολοι), με κινητά εξωτερικά σκίαστρα, εσωτερικά κινητά σκίαστρα και με συνδυασμό εξωτερικών / εσωτερικών σκιάστρων.

Η σκίαση είναι πιο αποτελεσματική όταν γίνεται πριν εισέλθει η ηλιακή ακτινοβολία και εγκλωβισθεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους, άρα τα εξωτερικά σκίαστρα προτιμώνται των εσωτερικών. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκιάστρων δίνει τη δυνατότητα σκίασης των ανοιγμάτων όταν κρίνεται απαραίτητη, όταν δηλαδή οι εσωτερικές θερμοκρασίες υπερβαίνουν τα όρια άνεσης, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους και τη θέση του ήλιου. Συνεπώς, ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος σκίασμού των ανοιγμάτων είναι η χρήση εξωτερικών κινητών σκιάστρων.

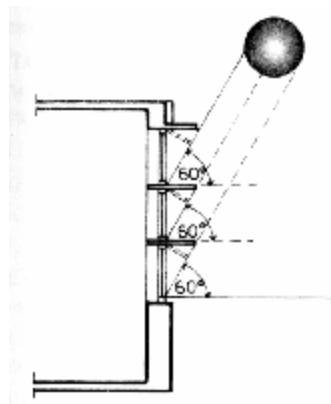
Επειδή όμως τα εξωτερικά σκίαστρα με κινητές περσίδες είναι εν γένει ιδιαίτερα ακριβά, εναλλακτικά προτείνεται σταθερή εξωτερική σκίαση σε

συνδυασμό με εσωτερικά στόρια. Η εξωτερική σταθερή σκίαση (οριζόντια για νότια ανοίγματα και κατακόρυφη για ανατολικά / δυτικά) με τις κατάλληλες αναλογίες εξασφαλίζει τη στοιχειώδη ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων τη θερινή περίοδο και τον ηλιασμό κατά το χειμώνα, ενώ τα εσωτερικά στόρια συμπληρώνουν τη λειτουργία της όταν αυτή δεν επαρκεί, και παράλληλα συντελούν στην αποφυγή της θαμβώσεως.

Στον ανατολικό προσανατολισμό, οι πρωινές θερμοκρασίες δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές και μπορεί να επαρκούν απλώς οι οριζόντιες εσωτερικές περσίδες, χωρίς επιπρόσθετη εξωτερική σκίαση, ιδιαίτερα στην κλιματική ζώνη Γ, που έχει τις μικρότερες ανάγκες σε δροσισμό. Το ίδιο εν γένει ισχύει και για το νότιο προσανατολισμό. Ο βόρειος προσανατολισμός δεν έχει ιδιαίτερη ανάγκη σκίασης. Ειδικότερα οι συνιστώμενες τεχνικές συνοψίζονται παρακάτω:

α) Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκιάστρα:

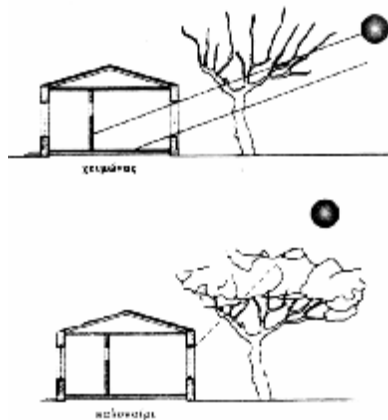
Συνιστώνται για Νότιο προσανατολισμό. Τα σκιάστρα μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου ή ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων με αναλογίες τέτοιες ώστε να σχηματίζεται μεταξύ του εξωτερικού σκιάστρου και του κατωφλίου του ανοίγματος γωνία ύψους 55° για γεωγραφικό πλάτος 40° , και 60° για γεωγραφικό πλάτος 36° , όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 12.2.1.



Σχήμα 12.2.1: Γεωμετρία οριζόντιων σκιάστρων για νότιο προσανατολισμό σε γεωγραφικό πλάτος $38-36^\circ$ (τομή).

α) Κατακόρυφα εξωτερικά σταθερά σκιάστρα: Συνιστώνται για Ανατολικό και Δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι κάθετα ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος. Το μήκος της προεξοχής καθορίζεται από τη γωνία των 55° , για όλα τα γεωγραφικά πλάτη της χώρας.

- α Εξωτερικά κινητά σκίαστρα: Πρόκειται εν γένει για μεταλλικές περσίδες, οριζόντιες για νότιο προσανατολισμό ή κατακόρυφες για ανατολικό / δυτικό, κινούμενες σε οδηγούς, με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό ρύθμισης.
- α Εσωτερικά κινητά σκίαστρα: Συνιστώνται για νότιους, ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς. Η προτεινόμενη λύση είναι βενετικά στόρια, κατά προτίμηση κινούμενα σε οδηγούς, για λόγους καλής λειτουργίας και μεγαλύτερου χρόνου ζωής.
- α Ειδικά διάτρητα ρολά: Μια τεχνική, η οποία είναι κατάλληλη για όλους τους προσανατολισμούς, είναι ειδικά διάτρητα ηλιοπροστατευτικά ρολά, τα οποία τοποθετούνται εξωτερικά ή και εσωτερικά και συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της θάμβωσης ενώ επιτρέπουν μερική θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον.
- α Σκίαση από δέντρα: Στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό πολύ αποτελεσματική είναι η σκίαση, η οποία επιτυγχάνεται με φυλλοβόλα δέντρα. Πρέπει όμως να σημειωθεί και η σημασία της βλάστησης για τη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος γύρω από τα κτίρια, σημαντικό τόσο για την επίτευξη της θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους, όσο και για την εξασφάλιση καλών και ευχάριστων συνθηκών.⁽²⁾



Σχήμα 12.2.2: Χρήση φυλλοβόλων δέντρων για σκίαση το καλοκαίρι.

12.3 Θερμική μάζα του κελύφους.

Τα υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα καθιστούν το κτιριακό κέλυφος ικανό να παραλαμβάνει τις έντονες αυξομειώσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η θερμική αδράνεια των κτιρίων οφείλεται στα βαριά υλικά της

κατασκευής, πρακτική που βρίσκει πλήρη αντιστοιχία στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική των Κυκλάδων.

12.4 Χρώματα εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών

Χρώμα εξωτερικών επιφανειών.

Τα ανοιχτά χρώματα και μάλιστα οι χρωματισμοί με ασβέστη ανακλούν μεγάλη ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Το χαρακτηριστικό χρώμα των κυκλαδίτικων κτισμάτων και γενικότερα των νησιών που το φαινόμενο της ηλιοφάνειας είναι έντονο, αφού είναι συνεχώς εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία, είναι το άσπρο.

Ο συνδυασμός λευκού χρώματος και μεγάλου πάχους τοιχοποιίας προστατεύει τους εσωτερικούς χώρους από υπερθέρμανση

Χρώματα εσωτερικών επιφανειών.

Τα χρώματα των εσωτερικών επιφανειών, συμβάλλουν περισσότερο στην επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης, παρά της θερμικής. Πρέπει ωστόσο να είναι ανοιχτόχρωμα, προς το λευκό, ώστε να μη δημιουργούνται σκιές στο χώρο και να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή ανάκλαση του φωτός. Οι επιφάνειες πρέπει να έχουν αδρή υφή με βαφή ματ (όχι στιλπνή) για να αποφεύγεται η έντονη ανάκλαση και η συνεπαγόμενη θάμβωση. Συνεπώς οι καταλληλότερες βαφές είναι τα υδροχρώματα και το πλαστικό, ανοιχτού χρώματος για τους τοίχους και λευκό για την οροφή.

Κατευθυντήριες οδηγίες για τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων

13.1 Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική.

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελεί τον ρυθμιστικό παράγοντα για τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό τους, πράγμα που μπορεί να επιτευχθεί με την αξιοποίηση των θετικών επιδράσεων του κλίματος και την αποφυγή των επιζήμιων. Η αξιολόγηση του τοπικού κλίματος καθορίζει τις στρατηγικές σχεδιασμού των κτιρίων και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κελύφους, ώστε να καταναλίσκεται η μικρότερη δυνατή ποσότητα ενέργειας με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης.

Προκειμένου να μελετηθεί οποιοδήποτε κτίριο ως προς τις θερμικές συνθήκες που θα αντιμετωπίσει το χειμώνα ή το καλοκαίρι, είναι απαραίτητο να είναι γνωστό το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται ή θα βρεθεί. Τα στοιχεία αυτά είναι μακροκλιματικά, δηλαδή αναφέρονται στο κλίμα μιας ευρύτερης περιοχής, ή μικροκλιματικά, δηλαδή αφορούν το κλίμα μιας συγκεκριμένης τοπογραφικά θέσης.

Ο καλός σχεδιασμός βασίζεται στην κατανόηση των κλιματικών συνθηκών της θέσης που θα καταλαμβάνει το κτίριο και στην επίδρασή τους στο εσωτερικό του, με άλλα λόγια θα πρέπει να στηρίζεται στις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Ως Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ορίζεται ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων αντίστοιχα, που επιδιώκει την προσαρμογή του κτιρίου και του οικιστικού συνόλου στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον και στοχεύει στην αξιοποίηση θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων ώστε να ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές ανάγκες του όλο το χρόνο και να επιτυγχάνει περιορισμό στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επανατοποθετεί στη σωστή τους βάση τις παραμέτρους που επιδρούν στο κτίριο και τις επιδράσεις του κτιρίου στο περιβάλλον με γνώμονα την αρμονική συνύπαρξη κτιστού περιβάλλοντος με τα στοιχεία της φύσης και τον τοπικό φυσικό χώρο.

Η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας, η βέλτιστη χάραξη με στόχο την αξιοποίηση των ευνοϊκών προσανατολισμών, ο προσανατολισμός των οδών κατά τον άξονα ανατολή-δύση αποτελούν αναγκαία στοιχεία για την εξασφάλιση ποιότητας και υγείας του οικισμού, της δυνατότητας κατάλληλης τοποθέτησης (βέλτιστου προσανατολισμού) των κτιρίων, τη διαμόρφωση κατάλληλου μικροκλίματος κ.τ.λ.

Η επιλογή του τρόπου χάραξης των οδών (προσανατολισμός) ακολουθεί, οπωσδήποτε όλους τους περιορισμούς αλλά και τις δυνατότητες που προσφέρει η τοποθεσία και παράλληλα καθορίζεται και ο τρόπος διάταξης των κτιρίων. Κάθε φορά προσπαθούμε να διατηρήσουμε τη βέλτιστη ηλιακή πρόσβαση και εφόσον αυτό δεν είναι δυνατό, τότε μόνο επιχειρούμε την εφαρμογή συμβατικών τεχνικών ανάπτυξης.

Το πλάτος των δρόμων εξυπηρετεί τον διαχωρισμό των κτιρίων μεταξύ τους, γι'αυτό είναι χρήσιμο να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Παράλληλα ο συνδυασμός των οικοπέδων είναι ιδιαίτερα χρήσιμος καθώς και η ογκομετρική μελέτη των κτιρίων που μπορεί να βοηθήσει στην εξεύρεση των βέλτιστων επιλογών για την τοποθέτηση των κτισμάτων.

Ο βιοκλιματικός – ενεργειακός σχεδιασμός σε επίπεδο πόλης συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των αναγκών θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού και φωτισμού στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος που βελτιώνει τις κλιματικές συνθήκες στις πόλεις και μειώνει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Πρέπει όμως παράλληλα να συνδυαστεί με μια συνεκτική στροφή της ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και με συνεκτική πολιτική εξοικονόμησης ενέργειας σε όλους τους τομείς.⁽⁵⁾

Χαρακτηριστικά είναι τα στοιχεία που προέκυψαν από μετρήσεις του Παν/μίου Αθηνών σε διαφορετικά σημεία της πρωτεύουσας και σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Ανάμεσα στις διάφορες περιοχές του λεκανοπεδίου Αττικής υπάρχουν μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας που μπορούν να διαφέρουν ως και 30% μεταξύ τους. Με αυτά τα δεδομένα ένα τυπικό κτίριο στο κέντρο της πρωτεύουσας απαιτεί σχεδόν διπλάσια κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό σε σχέση με τις βορειοανατολικές ή τις νότιες συνοικίες της Αθήνας, ενώ στις δυτικές η αύξηση είναι της τάξης του 50%. Η ρεβάνς όμως έρχεται το χειμώνα, αλλά δεν ακολουθεί τις ίδιες αποκλίσεις. Η θέρμανση ενός κτιρίου στο κέντρο της πόλης απαιτεί μόνο 40

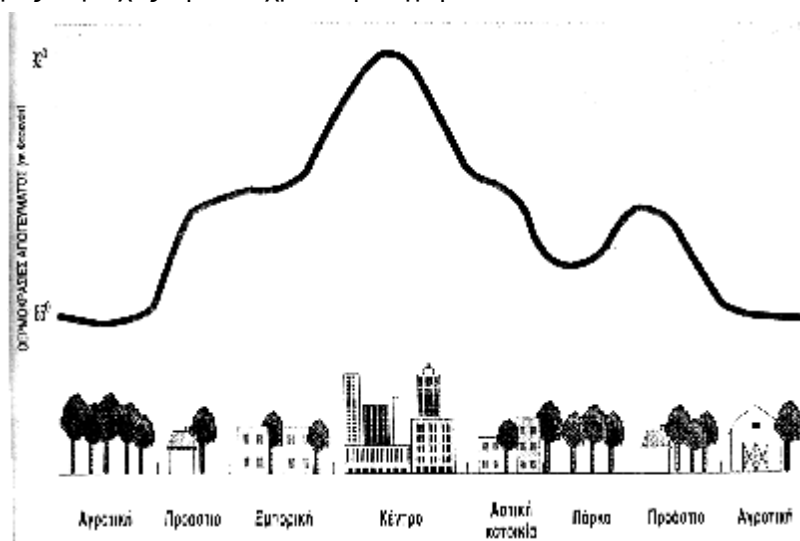
έως 60% λιγότερη ενέργεια και στα δυτικά προάστια 30% σε σχέση πάντα με τις πιο προνομιούχες οικιστικές ζώνες της Αθήνας.

Οι επιστήμονες, αποδίδουν το γεγονός στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας που είναι ιδιαίτερα έντονο στην ελληνική πρωτεύουσα. Η αύξηση της θερμοκρασίας αρχίζει να παρατηρείται γύρω στις 10 το πρωί και αποκτά τη μέγιστη τιμή της από τις 2 έως τις 3 μ.μ. Το φαινόμενο παύει να παρατηρείται γύρω στις 7 το απόγευμα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η θερμική νησίδα εμφανίζεται αρχικά στο κέντρο της πόλης και στη συνέχεια αρχίζει να μετακομίζει προς το δυτικό τμήμα, όχι τυχαία βέβαια, αφού η δόμηση είναι πυκνότερη και η έλλειψη πρασίνου εντονότερη

Εκτός από τις οικονομικές επιπτώσεις, η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση λόγω του φαινομένου της θερμικής νησίδας έχει σοβαρότατο αντίκτυπο και στη διανομή του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου αιχμής.

Δεν είναι αμελητέες λοιπόν οι επιπτώσεις από το φαινόμενο της αστικής χαράδρας. Στο παρακάτω σχήμα εικονίζονται οι θερμοκρασίες σε διάφορες περιοχές την ίδια χρονική στιγμή.⁽⁷⁾



Σχήμα 13.1: Η θερμοκρασιακή και χωρική κατανομή μιας αστικής νησίδας θερμότητας. Στοιχεία από σχετική μελέτη του Παν/μίου Αθηνών, με επικεφαλή τον καθηγητή Μ. Σανταμούρη.

Η γνώση των βασικών κλιματικών στοιχείων μιας περιοχής, προκύπτει από συστηματικές μετρήσεις που εξασφαλίζονται από τη Μετεωρολογική Υπηρεσία, από Πανεπιστήμια, Τεχνολογικά Εκπαιδευτικά Ιδρύματα ή από άλλα ερευνητικά κέντρα. Τα κυριότερα από τα χρήσιμα για τη μελέτη των κτιρίων κλιματικά στοιχεία, είναι τα εξής:

- α Η ηλιακή ακτινοβολία σε kWh/ημέρα.
- α Η ηλιοφάνεια σε ώρες.
- α Η μέση μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία και ημερήσια θερμοκρασία σε °C.
- α Η μηνιαία βροχόπτωση σε χιλιοστά.
- α Η μέση ημερήσια και μηνιαία σχετική υγρασία.
- α Οι επικρατούντες άνεμοι ανά μήνα και έτος.
- α Οι βαθμομέρες της περιοχής. ⁽⁶⁾

Κλίμα και άνεση (Βιοκλιματικοί χάρτες).

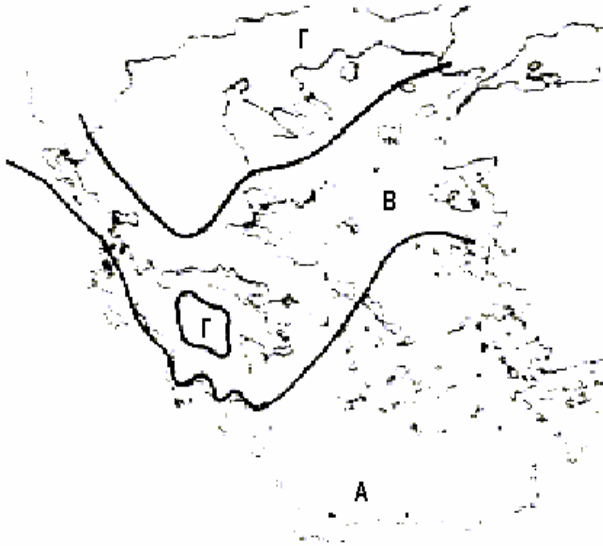
14.1 Χωρισμός της Ελλάδας σε ζώνες, σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης

Η Ελλάδα παρουσιάζει ποικιλία κλίματος, και κλιματολογικά διαιρείται σε πέντε κλιματικές περιοχές. Στον ισχύοντα όμως Κανονισμό Θερμομόνωσης χωρίζεται σε τρεις κλιματιστικές ζώνες. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έχουν επιλεγεί το κλίμα των Χανίων ως αντιπροσωπευτικό για την Α ζώνη που περιλαμβάνει όλη τη Νότια Ελλάδα, της Αθήνας για τη Β ζώνη που περιλαμβάνει και όλη την Κεντρική Ελλάδα και της Θεσσαλονίκης για τη Γ ζώνη, που περιλαμβάνει τη Βόρεια Ελλάδα και την ορεινή Κεντρική Πελοπόννησο.

Κτίρια που βρίσκονται στη ζώνη Α, η οποία χαρακτηρίζεται από ήπιο κλίμα, έχουν αυξημένες ανάγκες σε ψύξη και λιγότερες σε θέρμανση. Τα κτίρια της Β ζώνης έχουν ισομοιρασμένες ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη. Τέλος, τα κτίρια στη Γ ζώνη έχουν πολύ μικρές ανάγκες σε ψύξη και πολύ μεγάλες ανάγκες σε θέρμανση.

Κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όχι μόνο η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει, αλλά και το τοπικό κλίμα το οποίο διαφοροποιείται ανάλογα με την τοποθεσία.

Ωστόσο παρά την άμεση και σημαντική επίδραση των κλιματικών συνθηκών στη θερμική λειτουργία του κτιρίου, δεν υπάρχει σαφής διαφοροποίηση στο σχεδιασμό των παλαιών κτιρίων ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις κλιματικές ιδιαιτερότητες.⁽¹⁰⁾



Σχήμα 14.1.1: Χωρισμός της Ελλάδας σε ζώνες σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης

Α κλιματική ζώνη	Β κλιματική ζώνη	Γ κλιματική ζώνη
Ηράκλειο	Αργοστόλι	Θεσσαλονίκη
Ιεράπετρα	Κόρινθος	Καβάλα
Ρόδος	Μυτιλήνη	Κατερίνη
Σητεία	Πάτρα	Λάρισα
Χανιά	Χίος	Ιωάννινα
Αθήνα	Λαμία	Κομοτηνή
Καλαμάτα	Άρτα	Κόνιτσα
Νάξος	Κέρκυρα	Σέρρες

Πίνακας 14.1.2: Κατάταξη των κυριότερων πόλεων σε ζώνες, σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό θερμομόνωσης.

14.2 Χωροθέτηση – Προσανατολισμός του κτιρίου

Ο τυχαίος προσανατολισμός των κτιρίων, όπως προκύπτει από τα διαθέσιμα οικόπεδα, δεν εξασφαλίζει τον απαραίτητο ηλιασμό τους, ούτε την αποφυγή των υπερθερμάνσεων το καλοκαίρι (σε συνδυασμό με την ανεπαρκή σκίαση).

Η χωροθέτηση λοιπόν των κτιρίων και ο προσανατολισμός τους, πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

- Να εξασφαλίζεται καλός φωτισμός κατά τη διάρκεια του έτους
- Να υπάρχουν ηλιακά κέρδη από πρόσπτωση των ηλιακών ακτινών μέσα στους χώρους κατά τη διάρκεια του χειμώνα
- Να εξασφαλίζεται η σκίαση κατά τους θερμούς μήνες.

Ο νότιος προσανατολισμός είναι ο πιο κατάλληλος, ώστε να υπάρχει αρκετή ωφέλιμη εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και επαρκής φυσικός φωτισμός όλο το χρόνο. Απαιτούνται όμως συστήματα εκτροπής του φυσικού φωτός προς την οροφή, ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση καθώς και σκίαση το καλοκαίρι, για πλήρη εκτροπή της ηλιακής ακτινοβολίας από την όψη του κτιρίου.

Ο βόρειος προσανατολισμός δεν παρουσιάζει τα προβλήματα θάμβωσης και δεν απαιτεί σκίαση το καλοκαίρι, έχει όμως μειωμένα θερμικά κέρδη και αυξημένες θερμικές απώλειες το χειμώνα. Γι' αυτό και μεγάλα βόρεια ανοίγματα ενδείκνυται κυρίως για τις πιο θερμές περιοχές, όπως στην κλιματική ζώνη Α που έχει λίγες απαιτήσεις σε θέρμανση, αρκεί να υπάρχει κατάλληλη θερμική προστασία των υαλοπινάκων (διπλά τζάμια).

Όταν οι συνθήκες του οικοπέδου επιβάλλουν βόρειο προσανατολισμό, συνιστάται η προσάρτηση παθητικών ηλιακών συστημάτων. Ο ανατολικός και δυτικός προσανατολισμός θα πρέπει να αποφεύγονται.⁽²⁾

14.3 Προσδιορισμός της περιοχής ή ζώνης άνεσης.

Στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας όλα τα άτομα δεν αισθάνονται το ίδιο άνετα, π.χ. ηλικιωμένες γυναίκες αισθάνονται ψυχρά στις συνθήκες όπου υγιείς νέοι άντρες αισθάνονται άνετα. Επίσης ενώ οι πελάτες ενός καταστήματος την ώρα που εισέρχονται στο κατάστημα από τον καύσωνα του δρόμου αισθάνονται δροσερά, οι υπάλληλοι που εργάζονται και κινούνται συνέχεια μέσα στο κατάστημα αισθάνονται αρκετά ζεστά.

Γενικά το αίσθημα της άνεσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η υγεία, η ηλικία, η ενεργητικότητα, η ενδυμασία, το φαγητό, το φύλο, ο εγκλιματισμός σε ένα χώρο κ.λ.π.

Γενικοί κανόνες που να καλύπτουν τις ανάγκες όλων των ατόμων δεν μπορούν να δοθούν. Ωστόσο, εκείνο που μπορεί να γίνει είναι, να δοθούν οι συνθήκες κάτω από τις οποίες η πλειονότητα από τα άτομα που διαμένουν σε ένα χώρο αισθάνεται άνετα.

Οι δείκτες ή κλίμακες θερμικής άνεσης αξιολογούν και προσδιορίζουν τις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό περιβάλλον, με βάση τις μετρήσεις

θερμοκρασιών ξηρού και υγρού θερμομέτρου και την ταχύτητα κίνησης του αέρα.

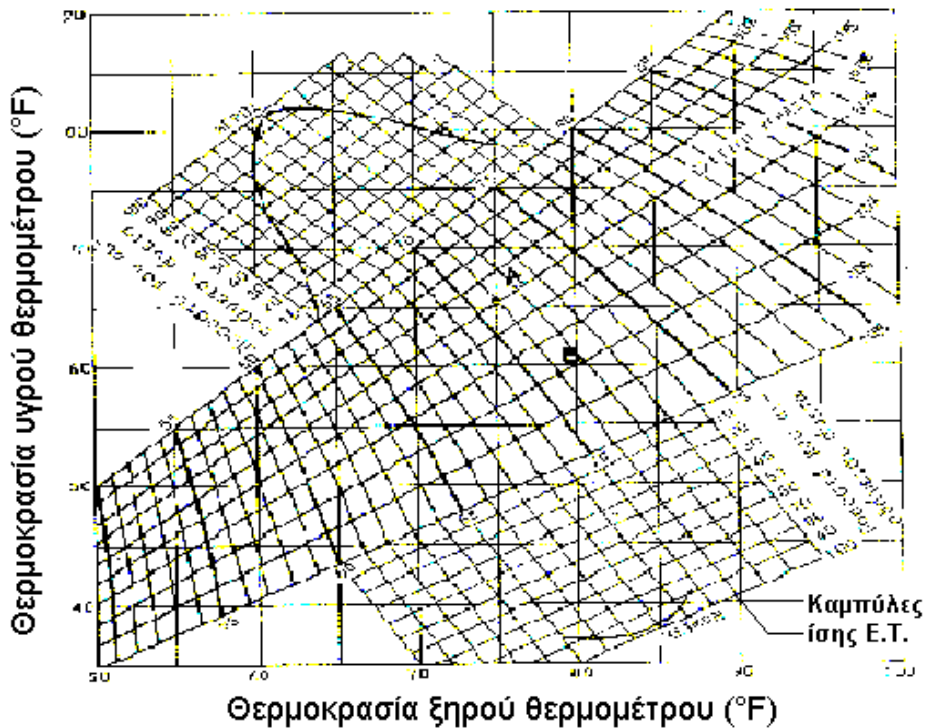
Για τον καθορισμό των μέγιστων και ελάχιστων ορίων της θερμικής άνεσης, μια και θεσμοθετημένοι κανονισμοί δεν υπάρχουν, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σχετικές υποδείξεις ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τη δραστηριότητα των ενοίκων.

Το διάγραμμα άνεσης της ASHRAE, (**American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, 1989) που εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (14.3.1), έχει βασιστεί σε παρατηρήσεις που έγιναν σε μεγάλο αριθμό ατόμων, που παρέμειναν σε διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

Στην κατακόρυφη κλίμακα του διαγράμματος, αναφέρονται οι θερμοκρασίες υγρού βολβού του αέρα, ενώ στην οριζόντια οι θερμοκρασίες ξηρού βολβού. Οι πλάγιες ευθείες από αριστερά προς τα δεξιά δείχνουν τη σχετική υγρασία του αέρα, που αντιστοιχεί σε κάθε ζευγάρι θερμοκρασιών (DB και WB).

Οι καμπύλες του σχήματος ονομάζονται καμπύλες ίσης Θερμοκρασίας Επίδρασης ή Αποτελεσματικής Θερμοκρασίας (E.T. Effective Temperature). Η Θερμοκρασία Επίδρασης όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, δεν είναι φυσικό μέγεθος κι έτσι δεν μπορεί να μετρηθεί, απλώς είναι ένας δείκτης που δείχνει ότι κατά μήκος της καμπύλης ίσης Θερμοκρασίας Επίδρασης (E.T.), τα άτομα παρά τη μεταβολή των συνθηκών του αέρα, σε θερμοκρασία και υγρασία, αισθάνονται την ίδια άνεση.

Έτσι για παράδειγμα τα άτομα του παρακάτω σχήματος 14.3.1 αισθάνονται το ίδιο άνετα σε χώρους που επικρατούν οι συνθήκες του σημείου A (θερμοκρασία ξηρού βολβού DB=75 °F και σχετική υγρασία φ=60%) και του σημείου B (θερμοκρασία ξηρού βολβού DB=79 °F και σχετική υγρασία φ=30%) γιατί και τα δύο σημεία βρίσκονται επάνω στην ίδια καμπύλη Θερμοκρασίας Επίδρασης (E.T)

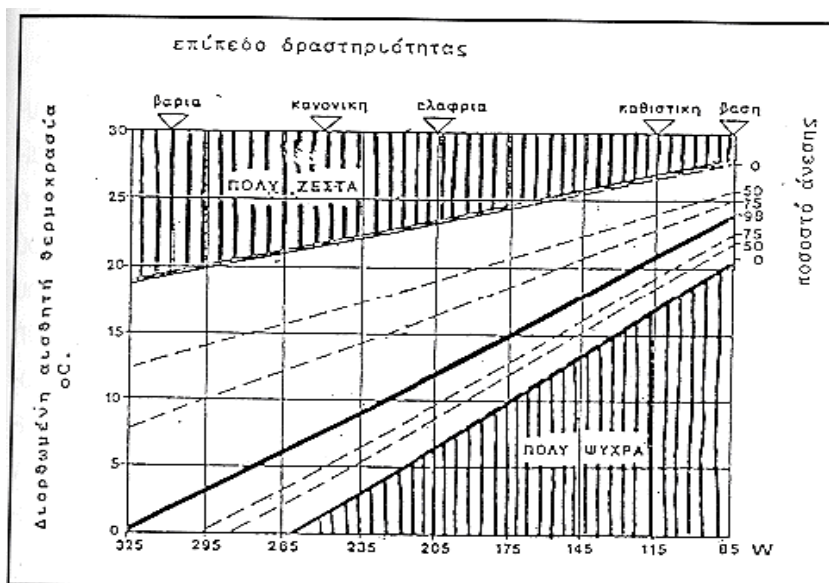


Σχήμα 14.3.1: Το διάγραμμα άνεσης της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1989)

Οι καμπύλες στο πάνω και κάτω μέρος του διαγράμματος δείχνουν το ποσοστό των ατόμων που κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα αισθάνονται άνετα για διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι το καλοκαίρι όλα σχεδόν τα άτομα (ποσοστό 98%) αισθάνονται άνετα σε Θερμοκρασίας Επίδρασης (E.T) 71°F, ενώ το χειμώνα σε Θερμοκρασίας Επίδρασης 68°F.

Το διάγραμμα έγινε για βόρειο γεωγραφικό πλάτος 40°, ενώ για μείωση του γεωγραφικού πλάτους κατά 5° πρέπει να αυξηθεί και η Θερμοκρασίας Επίδρασης κατά 1°F. (Πηγή: ASHRAE, **American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, 1989)

Η αλληλεξάρτηση ανάμεσα στη θερμοκρασία του χώρου και στην παραγωγική δραστηριότητα του ανθρώπου εκφρασμένη με όρους της ποσότητας μεταβολισμού απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα 14.3.2.



Σχήμα 14.3.2: Όρια θερμικής άνεσης για διαφορετική δραστηριότητα.

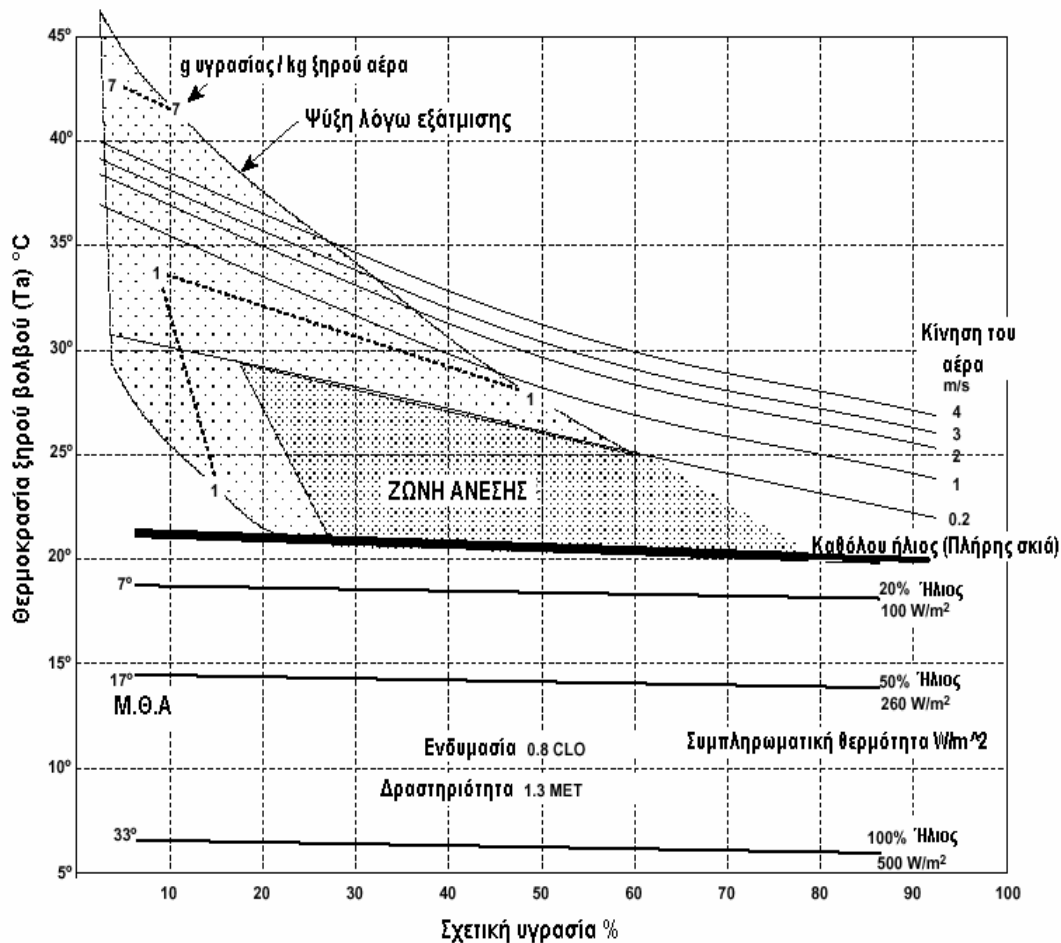
Έτσι καθορίζονται και τα όρια της θερμικής άνεσης για κάθε παραγωγική δραστηριότητα. Τα διαγράμματα αυτά άνεσης, έχουν βασιστεί σε παρατηρήσεις που έγιναν σε μεγάλο αριθμό ατόμων, που παρέμειναν σε διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.^{(17),(20),(25)}

14.4 Μέθοδος Olgay - Βιοκλιματικός χάρτης.

Πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να προσδιορίσουν τη συνδυασμένη επίδραση των κλιματικών παραμέτρων και να καθορίσουν την περιοχή άνεσης, ώστε να καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση του κλίματος και να προσδιορίζονται οι κατευθυντήριες οδηγίες για το σχεδιασμό του κελύφους των κτιρίων.

Οι V. και A. Olgay ήταν οι πρώτοι που πρότειναν μια συστηματική διαδικασία προσαρμογής του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού στις θερμικές ανάγκες του ανθρώπου και στις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Ανέλυσαν διεξοδικά την επίδραση της κάθε παραμέτρου στις συνθήκες θερμικής άνεσης.

Τα τελικά συμπεράσματά τους διατύπωσαν στο βιοκλιματικό χάρτη, όπου καθορίζεται η ζώνη άνεσης σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία, τη μέση ακτινοβολούμενη θερμότητα, την ταχύτητα του αέρα, την ηλιακή ακτινοβολία και την ψύξη από εξάτμιση, όπως φαίνεται και από το σχήμα 15.1.1 που ακολουθεί.



Σχήμα 14.4.1: Βιοκλιματικός χάρτης κατά Olgay.

Ο βιοκλιματικός χάρτης μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές της εύκρατης ζώνης, κυρίως σε γεωγραφικά πλάτη γύρω στις 40°, δραστηριότητα καθιστική και ντύσιμο συνηθισμένο.

Η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου σημειώνεται στον άξονα των τεταγμένων και η σχετική υγρασία στον άξονα των τετμημένων. Η ζώνη άνεσης ορίζεται ανάμεσα στους 21-28°C, μετακινούμενη ελαφρά προς τα πάνω για το καλοκαίρι, και προς τα κάτω για το χειμώνα, ενώ η σχετική υγρασία ορίζεται ανάμεσα στο 30-65%, με ανεκτά όρια από 20-78%.

Το κάτω όριο της ζώνης άνεσης ορίζει την θερμοκρασία των 21°C, πάνω από την οποία απαιτείται ηλιοπροστασία του κτιρίου και των ανοιγμάτων.

Η ζώνη άνεσης διαχωρίζει το χάρτη σε δυο περιοχές. Η περιοχή πάνω από την οριακή γραμμή σκιασμού είναι γνωστή ως υπερθερμαινόμενη περίοδος – καλοκαίρι και συνεπώς η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων είναι απαραίτητη, ενώ η κάτω περιοχή είναι γνωστή ως υποθερμαινόμενη περίοδος – χειμώνας και συνεπώς η συμπληρωματική θερμότητα, ηλιακή ή άλλη είναι αναγκαία.

Οποιαδήποτε κλιματικά δεδομένα, που καθορίζονται από τη θερμοκρασία του αέρα και τη σχετική υγρασία μπορούν να ενταχθούν στο βιοκλιματικό χάρτη. Εφόσον τα δεδομένα εμπίπτουν στη περιοχή άνεσης, οι συνθήκες είναι θερμικά ευχάριστες, εάν βρίσκονται εκτός ζώνης τότε χρειάζονται ρυθμίσεις, ώστε να προσεγγίζεται η περιοχή άνεσης.

Πιο αναλυτικά:

1. Εάν το σημείο τομής της θερμοκρασίας και της αντίστοιχης σχετικής υγρασίας βρίσκεται πάνω από τη ζώνη άνεσης, προς τη δεξιά πλευρά, τότε χρειάζεται κάποια κίνηση του αέρα, που η ταχύτητά του καθορίζεται από τις παράλληλες γραμμές προς το επάνω όριο της ζώνης. Αυτή η κίνηση αέρα ή ρεύμα οδηγεί στην απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας, με αποτέλεσμα τη μείωση της υψηλής θερμοκρασίας και την προσέγγιση του επάνω ορίου της περιοχής άνεσης.

Η συνθήκη αυτή εμφανίζεται το καλοκαίρι συνήθως, όπου παρατηρούνται μεγάλες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

2. Εάν η θερμοκρασία είναι υψηλή και η σχετική υγρασία παρουσιάζει χαμηλή τιμή δημιουργείται το αίσθημα του ζεστού και υγρού περιβάλλοντος. Η ρύθμιση που απαιτείται είναι η αύξηση του ποσοστού της υγρασίας, δηλαδή η αύξηση των υδρατμών που περιέχονται στον αέρα. Αυτό συνεπάγεται εξάτμιση και συνεπώς πτώση της θερμοκρασίας ώστε να προσεγγίζεται το όριο της θερμικής άνεσης.

Οι διακεκομμένες καμπύλες, επάνω αριστερά στο χάρτη, ορίζουν την ποσότητα της απαιτούμενης υγρασίας σε συνάρτηση πάντα με την τιμή της θερμοκρασίας.

Η συνθήκη αυτή εμφανίζεται το καλοκαίρι, σε κλίματα ζεστά και ξηρά.

3. Εάν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, κάτω από την οριακή γραμμή σκιασμού (21°C) τότε απαιτείται πρόσθετη θερμότητα από ηλιακή ακτινοβολία ή άλλη θερμαντική πηγή, ώστε να προσεγγίζεται το κάτω όριο της ζώνης άνεσης και να αποκαθίσταται η θερμική ισοροπία.

Οι τιμές της απαιτούμενης συμπληρωματικής θερμότητας, καθορίζονται από τις κάτω καμπύλες, εκφρασμένες σε μονάδες W/m^2 . Η συνθήκη αυτή εμφανίζεται το χειμώνα.

Η διαδικασία για τη διάγνωση των συνθηκών άνεσης σε σχέση με τα τοπικά κλιματικά δεδομένα, περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- A) Συγκέντρωση των τοπικών κλιματικών δεδομένων και κυρίως της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας.
- B) Ταξινόμηση αυτών των δεδομένων κατά μήνα σε ετήσια βάση.
- Γ) Τοποθέτηση των επεξεργασμένων κλιματικών στοιχείων, θερμοκρασίας του αέρα και της αντίστοιχης σχετικής υγρασίας στο βιοκλιματικό χάρτη.
- Δ) Αξιολόγηση των κλιματικών δεδομένων και αποσαφήνιση των ρυθμίσεων ή κατευθύνσεων που απαιτούνται, ώστε να προσεγγίζεται η περιοχή άνεσης.

Με τη μέθοδο του βιοκλιματικού χάρτη προσδιορίζεται το κλίμα της κάθε περιοχής και καθορίζονται οι κατευθύνσεις ή στρατηγικές για το σχεδιασμό του κελύφους των κτιρίων, όπως η διασφάλιση αερισμού, ο σκιασμός των ανοιγμάτων, η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε να εξασφαλίζονται συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων.

Στο βιοκλιματικό χάρτη εντάσσονται τα κλιματικά δεδομένα, δηλαδή οι τιμές των θερμοκρασιών, μέσης μέγιστης και μέσης ελάχιστης κατά μήνα, καθώς και οι αντίστοιχες τιμές της σχετικής υγρασίας. Οι τιμές αυτές προέκυψαν από επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- A) Για τους χειμωνιάτικους μήνες, Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο, η προσθήκη θερμότητας είναι απαραίτητη, ένα σημαντικό ποσοστό μπορεί να καλυφθεί από την ηλιακή ακτινοβολία με κατάλληλο προσανατολισμό και σχεδιασμό του κελύφους ενώ η υπόλοιπη ποσότητα θερμότητας θα εξασφαλιστεί από συμπληρωματική θερμαντική πηγή, εγκατεστημένη στο κτίριο.
- B) Για τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο και Απρίλιο, οι συνθήκες άνεσης βρίσκονται εκτός ζώνης, αλλά μπορούν να προσεγγιστούν αξιοποιώντας τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία.
- Γ) Για τους καλοκαιρινούς μήνες, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, τα κλιματικά δεδομένα εμπίπτουν κατά μεγάλο μέρος στη ζώνη άνεσης, με την προϋπόθεση ότι θα εξασφαλιστεί ηλιοπροστασία του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα κρίνεται αναγκαίος ο φυσικός αερισμός, όταν οι συνθήκες

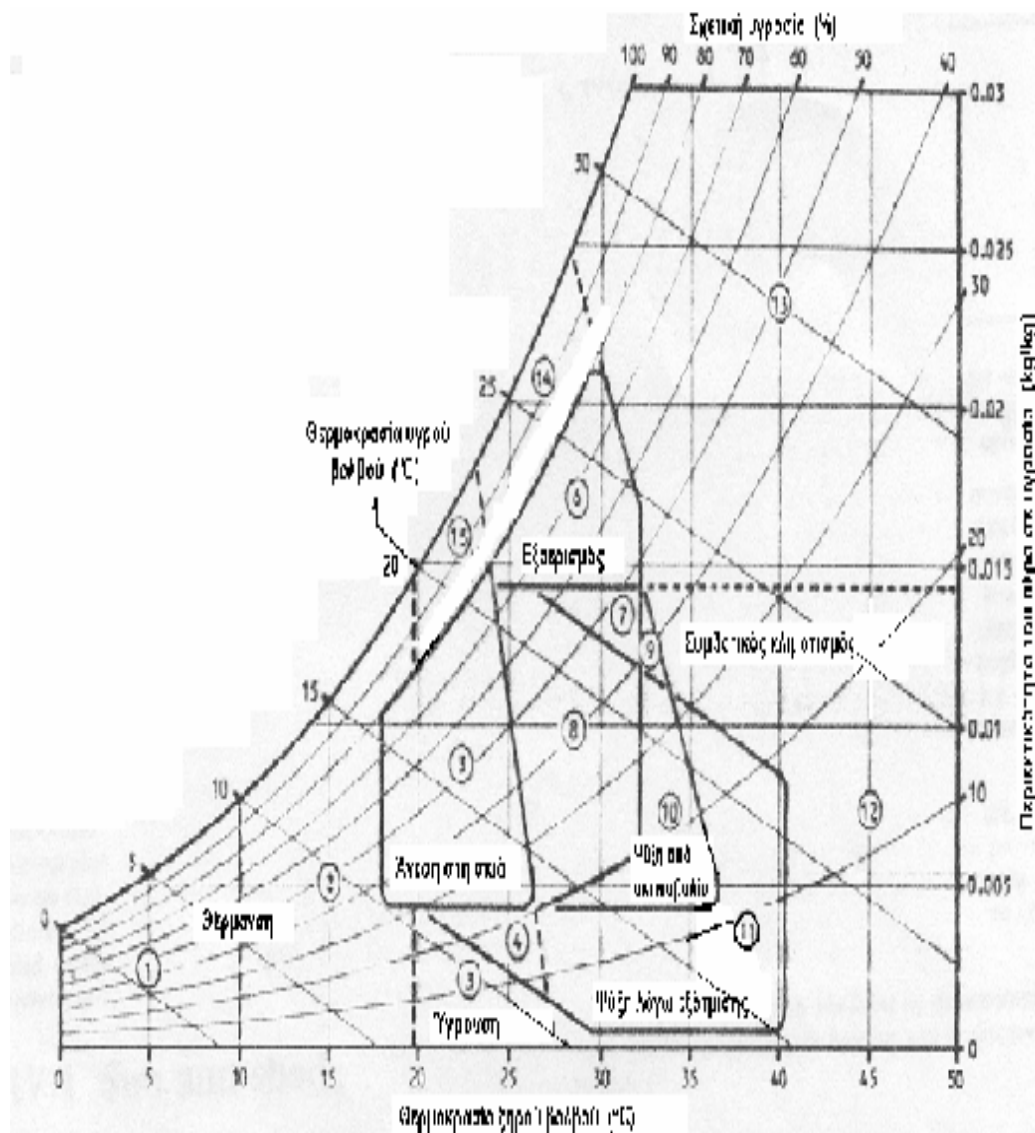
υπερβαίνουν τα όρια της ζώνης άνεσης, προς την επάνω πλευρά. Η μέγιστη ταχύτητα του αέρα ορίζεται σε 1,5 m/s.

14.5 Μέθοδος Givoni – Βιοκλιματικός χάρτης κτιρίου.

Η μέθοδος των Olgay αμβισβητήθηκε από τον B.Givoni κυρίως ως προς την απαίτηση της ηλιοπροστασίας διότι «ο καθορισμός των ορίων για προστασία από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως η θερμική αδράνεια του κτιρίου, το εύρος και η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας, συνεπώς δε μπορεί να χαράσσεται μια γραμμή σε μία μόνο θερμοκρασία».

Η μέθοδος του Givoni χρησιμοποιεί τον «δείκτη θερμικής δυσφορίας» προκειμένου να εκτιμήσει τις απαιτήσεις και να προσδιορίσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κελύφους του κτιρίου, ώστε να διασφαλίζονται συνθήκες θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο.

Ο βιοκλιματικός χάρτης του κτιρίου, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, δημιουργήθηκε από τον B.Givoni, που χρησιμοποίησε ως βάση τον ψυχομετρικό χάρτη και προσδιόρισε τη ζώνη άνεσης. Σήμερα, με κάποιες μικρές τροποποιήσεις που έγιναν από τους Watson και Labs, χρησιμοποιείται διεθνώς για τη διάγνωση του αναμενόμενου εσωκλίματος, βάση των τοπικών κλιματικών δεδομένων.



Σχήμα 14.5.1: Βιοκλιματικός χάρτης κτιρίου (κατά Givoni, Watson και Labs). Απεικονίζονται τα κλιματικά δεδομένα της Ρώμης. Πηγή: Commission of the European Communities, Directorate-General XII for Science, Research and Development, "European Passive Solar Handbook", Brussels 1986.

Βασική αρχή του βιοκλιματικού χάρτη είναι ο καθορισμός των στρατηγικών κατευθύνσεων για το σχεδιασμό του κελύφους του κτιρίου, ώστε η κατασκευή να ανταποκρίνεται θετικά στις προκύπτουσες θερμικές ανάγκες και να διασφαλίζεται εσωκλίμα ενταγμένο στην περιοχή της θερμικής άνεσης.

Η χρήση του βιοκλιματικού χάρτη έχει ως εξής:

A) Τοποθετούνται στον χάρτη οι τιμές της θερμοκρασίας κατά μήνα, ωριαίες ή μέσες και οι αντίστοιχες τιμές της σχετικής υγρασίας. Τα σημεία τομής τους ορίζουν και το περίγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας και υγρασίας για κάθε μήνα.

B) Η αξιολόγηση των κλιματικών δεδομένων καθορίζει τις στρατηγικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και την ένταση παθητικών ή και ενεργητικών συστημάτων.

Οι τιμές των θερμοϋγρομετρικών δεδομένων που εμπίπτουν στην περιοχή (5) ορίζουν συνθήκες πλήρους άνεσης. Τα όρια αυτής της ζώνης (5) οριοθετούνται από θερμοκρασίες που διακυμαίνονται από 18-27°C και αντίστοιχες τιμές σχετικής υγρασίας από 20-80%

Πιο αναλυτικά:

B1) Για το χειμώνα, οι τιμές των θερμοϋγρομετρικών δεδομένων που εμπίπτουν στις ζώνες (1) και (2) καθορίζουν τις ακόλουθες απαιτήσεις προκειμένου να προσεγγίζεται η ζώνη άνεσης:

- Περιορισμό των θερμικών απωλειών.
- Περιορισμό στη διείσδυση του αέρα, μέσω των αρμών των κουφωμάτων.
- Προστασία από τους ψυχρούς ανέμους.
- Αύξηση των ηλιακών απολαβών σε συνάρτηση με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία.
- Συμπληρωματική θέρμανση, εφόσον δεν επαρκεί η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία.

B2) Για το καλοκαίρι προκειμένου να εξασφαλίζεται φυσικός δροσισμός του κτιρίου καθορίζονται οι εξής απαιτήσεις: φυσικός αερισμός, θερμική αδράνεια της κατασκευής, ηλιοπροστασία, αφύγρανση, εξάτμιση ή συνδυασμός όλων.

Πιο συγκεκριμένα:

- Για τη ζώνη (6) και (8) απαιτείται φυσικός αερισμός.
- Για τη ζώνη (4) και (15) απαιτείται ηλιοπροστασία.
- Για τη ζώνη (8), (10) και (11) απαιτείται ψύξη μέσω εξάτμισης συνδυασμένη με θερμική μάζα.
- Για τη ζώνη (7) και (10) απαιτείται ψύξη μέσω ακτινοβολίας και θερμική μάζα.
- Για τη ζώνη (12) και (13) απαιτείται θερμική προστασία συνδυασμένη με τεχνητό κλιματισμό.

Κάποιες ανακρίβειες μπορούν να προκύψουν τόσο από την απόκλιση των τοπικών κλιματικών δεδομένων σε σχέση με εκείνες που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του διαγράμματος, όσο και από τη διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου.

Το μεγάλο πλεονέκτημα που παρουσιάζει ο βιοκλιματικός χάρτης του κτιρίου είναι ότι αντιμετωπίζει ταυτόχρονα τις θερμικές ανάγκες του ανθρώπου για άνεση, το τοπικό κλίμα και την ανταπόκριση του κτιριακού κελύφους καθορίζοντας τις κατευθύνσεις του σχεδιασμού.

Αποτελεί, στην ουσία, ένα πρακτικό εργαλείο διάγνωσης των απαιτήσεων για τη βιοκλιματική προσέγγιση της αρχιτεκτονικής από το αρχικό στάδιο της σύλληψης και του σχεδιασμού των κτιρίων.

Πίνακας I: Ρυθμός μεταβολισμού για διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. (Σε W/m^2 και Met)

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ	ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ
	(W/m^2)	(Met)
Ανάπαυση		
Άτομο που κοιμάται	40	0.7
Άτομο καθιστό, ήρεμο	60	1.0
Άτομο σε θέση άνετη	70	1.2
Περπάτημα σε επίπεδο με ταχύτητα:		
0,89 m/s	115	2.0
1.34 m/s	150	2.6
1.79 m/s	220	3.8
Δραστηριότητες γραφείου		
Άτομο που διαβάζει καθιστό	55	1.0
Άτομο που γράφει	60	1.0
Άτομο που δακτυλογραφεί	65	1.1
Άτομο καθιστό που φακελώνει	70	1.2
Άτομο όρθιο που φακελώνει	80	1.4

Περίπατος	100	1.7
Ανύψωση / Πακετάρισμα	120	2.1
Οδήγηση		
Αυτοκίνητο	60-115	1.0-2.0
Αεροσκάφος –πέταγμα ρουτίνας	70	1.2
Αεροσκάφος –όργανο προσγείωσης	105	1.8
Αεροσκάφος –πολεμικό	140	2.4
Βαρύ όχημα	185	3.2
Διάφορες επαγγελματικές δραστηριότητες		
Μαγείρεμα	95-115	1.6-2.0
Καθάρισμα του σπιτιού	115-200	2.0-3.4
Καθιστικές, βαριές δραστηριότητες	130	2.2
Χειρισμός μηχανημάτων		
Πριόνισμα (επιτραπέζιο πριόνι)	105	1.8
Φωτισμός (ηλεκτρική επιμέλεια)	115-140	2.0-2.4
Βαριά δουλειά	235	4.0
Χειρισμός 50 kg σάκων	235	4.0
Συλλογή και φτυάρισμα	235-280	4.0-4.8
Διάφορες δραστηριότητες ελεύθερου χρόνου		
Χορός	140-225	2.4-4.4
Καλλιτεχνικές ασκήσεις	175-235	3.0-4.0
Τένις	210-270	3.6-4.0
Μπάσκετ	290-440	5.0-7.6
Αγώνισμα πάλης	410-505	7.0-8.7

1 met=58.15 W/m² επιφάνειας σώματος .⁽¹¹⁾

Πίνακας (II): Τιμές θερμικής αντίστασης και αγωγιμότητας για διάφορα είδη ντυσίματος.

Σχόλιο:

Περιγραφή ενδύματος	I_{cl}		I_t^c (Clo)	f_{cl}	i_{cl}	i_m^c
	(Clo)	$\frac{m^2 \times ^\circ C}{W}$				
Σορτς περιπάτου, κοντομάνικο πουκάμισο	0.36	0.0558	1.02	1.10	0.34	0.42
Παντελόνι, κοντομάνικο πουκάμισο	0,57	0.0883	1.20	1.15	0.36	0.43
Παντελόνι, μακρυμάνικο πουκάμισο	0.61	0.0945	1.21	1.20	0.41	0.45
Παντελόνι, μακρυμάνικο πουκάμισο, με μπουφάν	0.96	0.1488	1.54	1.23		
Παντελόνι, μακρυμάνικο πουκάμισο, με μπουφάν και γιλέκο	1.14	0.1767	1.69	1.32	0.32	0.37
Παντελόνι, μακρυμάνικο πουκάμισο, μακρυμάνικη ζακέτα και γιλέκο	1.01	0.1565	1.56	1.28		
Τα ίδια με Παραπάνω και ακόμα μπουφάν και μακριά εσώρουχα	1.30	0.201	1.83	1.33		
Μακρύ εσώρουχο και φανέλα	0.74	0.1147	1.35	1.19	0.41	0.45
Πιτζάμα με μακριά μανίκια και παντελόνι, κοντομάνικη (3/4) ρόμπα, παντόφλες χωρίς κάλτσες .	0.96	0.1488	1.50	1.32	0.37	0.41
Φόρεμα ως το γόνατο, κοντομάνικο πουκάμισο, καλσόν, πέδιλα.	0.54	0.0837	1.10	1.26		
Φόρεμα ως το γόνατο, μακρυμάνικο πουκάμισο, ολόσωμο μεσοφόρι, καλσόν	0.67	0.1038	1.22	1.29		
Φόρεμα ως το γόνατο, μακρυμάνικο πουκάμισο, κοντό μεσοφόρι, καλσόν, μακρυμάνικη ζακέτα	1.10	0.1705	1.59	1.46		
Φόρεμα ως το γόνατο, μακρυμάνικο πουκάμισο, κοντό μεσοφόρι, καλσόν, μπουφάν.	1.04	0.1612	1.60	1.30	0.35	0.40

Φόρεμα ως τον αστράγαλο, μακρυμάνικο πουκάμισο, καλσόν, μπουφάν	1.10	0.1705	1.59	1.46		
Μακρυμάνικη κάλυψη, εσωτερικό κοντομάνικο μπλουζάκι	0.72	0.1116	1.30	1.23		
Φόρμα, μακρυμάνικη μπλούζα, εσωτερικό κοντομάνικο μπλουζάκι	0.89	0.138	1.46	1.27	0.35	0.40
Μονωμένη κάλυψη, μακρυμάνικα θερμικά εσώρουχα	1.37	0.2123	1.94	1.26	0.35	0.39

Από McCullough και Jones (1984) και McCullough (1989).

Σε όλα τα παραδείγματα περιλαμβάνονται παπούτσια και εσώρουχα.

Επίσης σε όλα τα παραδείγματα, οι άνθρωποι εκτός από εκείνους που έχουν καλσόν, φορούν κάλτσες, εκτός αν αναφέρεται κάτι άλλο.

Στα παραπάνω παραδείγματα ισχύει ότι $\bar{t}_r = t_a$ και η ταχύτητα του αέρα είναι μικρότερη από 0,2 m/s. (Για έναν γυμνό άνθρωπο, $I_a=0,72$ Clo και $i_m=0,48$

1 Clo=0.155 m²×°C/W.

Ωστόσο, ακόμα και τα καθίσματα μειώνουν τις απώλειες θερμότητας του σώματος, κι έτσι πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν στο συνολικό υπολογισμό.⁽¹¹⁾

Πίνακας III: Θερμική αντίσταση των διαφόρων τύπων καθισμάτων.

Καρέκλα-κάθισμα	I_{cl}	
	(Clo)	$\frac{m^2 \times ^\circ C}{W}$
Ξύλινη ή μεταλλική	0.00	0.000
Πάνινη, με προσκέφαλο	0.10	0.016
Πολυθρόνα	0.20	0.032

ΠΙΝΑΚΑΣ (ΙV) ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΣ										
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΤΕΧΝΙΚΕΣ	ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Α			ΚΑΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Β			Προ		
		Προτείνεται	Εξοικονόμηση Ενέργειας		Προτείνεται	Εξοικονόμηση Ενέργειας				
			KWh/m ²	%		KWh/m ²	%			
Ελεγχόμενος Εξαερισμός	Ανεμιστήρες Οροφής	Σε όλες τις περιπτώσεις	Δεν μπορεί να αποτιμηθεί		Σε όλες τις περιπτώσεις	Δεν μπορεί να αποτιμηθεί		Σει		
Αεροστεγάνωση Κελύφους	Σφράγισμα αρμών	Σε παλιά κουφώματα καλής κατάστασης	3.1-6.4	33-68	Σε παλιά κουφώματα καλής κατάστασης	5-11	18-28	Σκο		
	Αεροστεγανά κουφώματα	Σε νέα κτίρια και σε κουφώματα υπό αντικατάσταση	3.1-6.4	33-68	Σε νέα κτίρια και σε κουφώματα υπό αντικατάσταση	5-11	18-28	Σε		
Υαλοπίνακες	Διπλοί	Δεν απαιτούνται	0.8-1.7	7-20	Ναι	2.2-3.3	5-11			

Μονώσεις τοίχων	Εξωτερική	Ναι για λόγους προστασίας του κελύφους και για καλύτερη θερμική άνεση	6.9	42	Ναι για λόγους προστασίας του κελύφους και για καλύτερη θερμική άνεση	12.3	24	1		
	Εσωτερική	Εν γένει όχι, προτιμάται η εξωτερική	9.2	57	Εν γένει όχι, προτιμάται η εξωτερική	19	38	Εν		
Μόνωση οροφής	Εξωτερική	Προτείνεται για λόγους θερμικής άνεσης	0.2-1.4	2-8	Προτείνεται για λόγους θερμικής άνεσης	0.4-3.1	2-7	Πρ		
Παθητικά συστήματα προθέρμανσης αέρα	Θερμοσιφονικό Πανέλο	Για διαδρόμους περίπου νότιου προσανατολισμού	5.6	45	Για διαδρόμους περίπου νότιου προσανατολισμού	12.8	31	δι		
	Θερμοκήπιο	Κυρίως για μετατροπή ανοιχτών διαδρόμων σε κλειστούς	12.8	85	Κυρίως για μετατροπή ανοιχτών διαδρόμων σε κλειστούς	25.6	55	Κι		με
Όλες οι τεχνικές ταυτοχρόνως	Σφράγ.αρμών& δ.τζάμα&Παθητικό σύστ.		11.1-15	92-100		31.1-38.1	58-75			

ΠΙΝΑΚΑΣ (V) ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΟΛΟ ΤΟ Ψ				
	ΝΟΤΟΣ	ΒΟΡΡΑΣ	ΑΝΑΤΟΛΗ	
Αμφίπλευρα ανοίγματα (παράθυρα & φεγγίτες)	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Να αποφεύγονται	
Οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα (πρόβολοι, ανακλαστικά ράφια, οριζόντιες Περσίδες)	ΝΑΙ	Δεν απαιτούνται	Δεν αποδίδουν	
Κατακόρυφες εξωτερικές Περσίδες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	
Εσωτερικά οριζόντια κινητά στόρια (βενετικές Περσίδες)	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	

ΠΙΝΑΚΑΣ (VI)		ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΤΟ Κ		
Επεμβάσεις	Τεχνικές	Κλιματική ζώνη Α	Κλιματική ζώνη Β	
		Προτείνεται	Προτείνεται	
Σκίαση	Οριζόντια σταθερά πετάσματα ή περσίδες	Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς	
	Οριζόντιες εξωτερικές κινητές περσίδες	Για νότιους προσανατολισμούς	Για νότιους προσανατολισμούς	
	Κατακόρυφες σταθερές ή κινητές περσίδες	Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς	Για ανατολικούς/δυτικούς προσανατολισμούς	
	Οριζόντια βενετικά στόρια	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς	
	Ηλιοαπορροφητικά ρολά	Για όλους τους προσανατολισμούς	Για όλους τους προσανατολισμούς	
	Αυξημένος αερισμός	Επιβάλλεται	Επιβάλλεται	

Φυσικός ή υποβοηθούμενος εξαερισμός	Αυξημένος αερισμός	Συνιστάται	Δεν συνιστάται	
	Ανεμιστήρες	Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο	Δεν απαιτείται η λειτουργία τους, συνιστώνται σε περιοχές με θόρυβο	
Υβριδικός εξαερισμός	Ανεμιστήρες Οροφής	Απαιτούνται	Απαιτούνται	

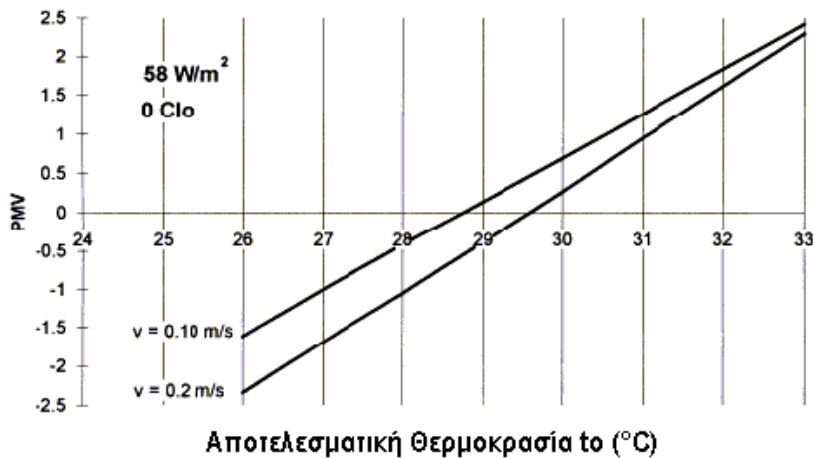
Πίνακας VII: Το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας για τη δεκαετία από 1988-1998.

(Στατιστικοί δείκτες). Πηγή: Eurostat, 2000_Εκπομπές CO₂: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

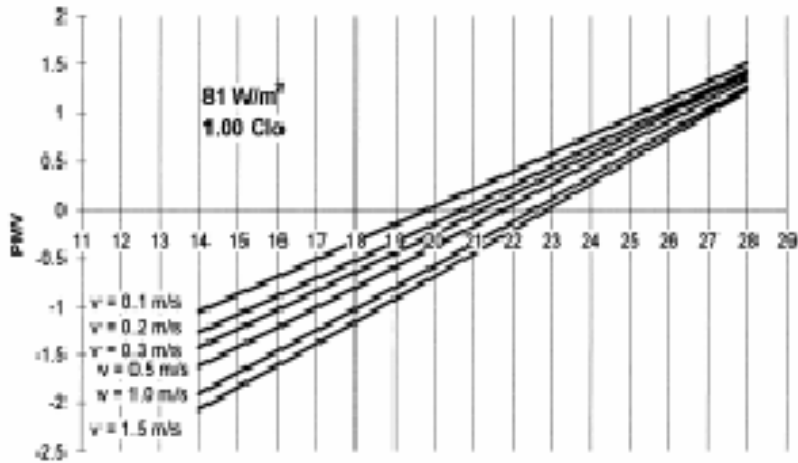
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Πληθυσμός (Εκατομμύρια)	10,04	10,09	10,16	10,25	10,32	10,38	10,43	10,45	10,48	10,49	10,51
Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (δισ. ECU 1990)	62,8	65,2	65,3	67,3	67,7	66,6	67,8	69,0	70,8	73,1	75,8
Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας /ΑΕΠ (ΤΙΠ/1990 MECU)	321,0	339,3	340,9	333,2	340,1	339,2	348,2	349,6	358,8	350,1	354,8
Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας ανά Κάτοικο (Κιλά Ισοδύναμου Πετρελαίου /Κάτοικο)	2009	2194	2189	2187	2232	2178	2264	2309	2426	2442	2559
Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Κάτοικο (kWh/κάτοικο)	3328	3414	3444	3494	3624	3699	3896	3974	4062	4133	4399
Εκπομπές CO ₂ /ΑΕΠ (τόννοι CO ₂ /δισ. ECU 1990)			1,305	1,263	1,282	1,310	1,306	1,305	1,291	1,315	1,325
Εξάρτηση από εισαγωγές (%)	61,3	58,6	62,1	63,1	69,0	67,0	58,	65,8	66,0	66,8	69,5

Διαγράμματα P.M.V. συναρτήσει της Αποτελεσματικής Θερμοκρασίας t_o

Η τιμή του δείκτη Θερμικής Άνεσης P.M.V., εκτός από υπολογιστικά, μπορεί να βρεθεί και από τα κατάλληλα διαγράμματα, ανάλογα με το είδος της δραστηριότητας, την ενδυμασία του ατόμου, την ταχύτητα του αέρα και την Αποτελεσματική Θερμοκρασία t_o .⁽¹⁵⁾

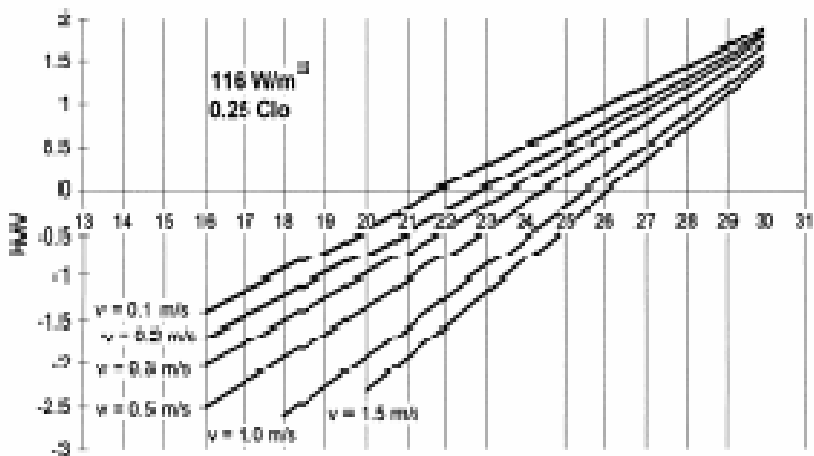


Διάγραμμα P.M.V. συναρτήσει της Αποτελεσματικής Θερμοκρασίας t_o (Operative temperature) για επίπεδο ρουχισμού 0 Clo και δραστηριότητα $58W/m^2$ για δύο διαφορετικές τιμές στην ταχύτητα του αέρα: 0.10m/s και 0.20m/s.



Αποτελεσματική Θερμοκρασία t_o (°C)

Διάγραμμα P.M.V. συναρτήσει της Αποτελεσματικής Θερμοκρασίας t_o (Operative temperature) για επίπεδο ρουχισμού 1 Clo και δραστηριότητα 81W/m^2 για διαφορετικές τιμές στην ταχύτητα του αέρα: 0.1m/s, 0.2m/s, 0.3m/s, 0.5m/s, 1m/s και 1.5m/s.



Αποτελεσματική Θερμοκρασία t_o (°C)

Διάγραμμα P.M.V. συναρτήσει της Αποτελεσματικής Θερμοκρασίας t_o (Operative temperature) για επίπεδο ρουχισμού 0.25 Clo και δραστηριότητα 116W/m^2 για διαφορετικές τιμές στην ταχύτητα του αέρα: 0.1m/s, 0.2m/s, 0.3m/s, 0.5m/s, 1m/s και 1.5m/s.

ΟΡΓΑΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ- Τύπος 1221



Ο υπολογισμός των δεικτών θερμικής άνεσης, τόσο του PMV όσο και του PPD εκτός από υπολογιστικά, μπορεί να πραγματοποιηθεί και απ' ευθείας με τη χρήση του παραπάνω οργάνου.

Παράλληλα, το συγκεκριμένο όργανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- τη μέτρηση όλων των φυσικών παραμέτρων που χρειάζονται για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου και της θερμικής άνεσης,
- την αξιολόγηση της απόδοσης συστημάτων θέρμανσης και εξαερισμού
- τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου
- τον υπολογισμό του δείκτη ET * και τέλος για
- την παρουσίαση των στοιχείων μέτρησης ως γραφικές παραστάσεις

Ο τύπος 1221 καθιστά δυνατή τη μέτρηση όλων των φυσικών παραμέτρων που είναι απαραίτητες για να αξιολογήσουν τη θερμική άνεση σύμφωνα με τον ISO 7730 και τον ISO 7726, καθώς επίσης και να αξιολογήσουν την θερμικό φορτίο σύμφωνα με τον ISO 7243 και το ISO 7933.

Ο τύπος 1221 μπορεί να λειτουργήσει ως αυτόνομο όργανο στοιχείων ή σε απευθείας σύνδεση μαζί με ένα PC.

Χαρακτηρίζεται από τα πιστοποιητικά γνησιότητας ISO 7730/CEN 27730, ISO 7726, ISO 7243, ISO 7933, ASHRAE 55, SAE J2234

Το συγκεκριμένο όργανο μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε τη

θερμική άνεση και το θερμικό φορτίο τόσο σε εσωτερικές όσο και σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Αποτελείται από ένα μαύρο κουτί που περιέχει μία θερμική πλατφόρμα η οποία φέρει πάνω από τέσσερις υπομονάδες που έχουν τρεις υποδοχές η καθεμιά. Ο τύπος 1221 έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και σε εξωτερικούς χώρους για τη συλλογή δεδομένων χωρίς τη χρησιμοποίηση κάποιου λογισμικού προγράμματος, ή ακόμα μπορεί να συνδεθεί με έναν Η/Υ και λογισμικό τύπου 7301 ώστε να απεικονίζει κατευθείαν τα δεδομένα σε γραφικές παραστάσεις.

Προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιείται και σε εξωτερικούς χώρους, είναι εφοδιασμένο με μια μπαταρία. Επίσης απαραίτητος για τη χρήση του είναι και ένας μετατροπέας.⁽³²⁾

Πέντε τύποι δεδομένων μπορούν να υπολογιστούν:

- α Στιγμιαίες τιμές (i).
- α Μέσες τιμές (m).
- α Μέγιστες τιμές (h).
- α Ελάχιστες τιμές (l), και
- α Η απόκλιση (s).

Ισχύουσα κοινοτική νομοθεσία

Έγγραφο 393L0076

Σχετικά κεφάλαια του Ευρετηρίου:

[15.10.20.30 - Έλεγχος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης]

[12.10.20 - Ορθολογική χρησιμοποίηση και εξοικονόμηση ενέργειας]

393L0076

Οδηγία 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 13ης Σεπτεμβρίου 1993 για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE).

ΕΠΙΣΗΜΗ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΑΡΙΘ. L 237 της 22/09/1993 σ. 0028 - 0030

ΕΙΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ ΕΕ ΣΤΑ ΦΙΝΛΑΝΔΙΚΑ: JEVAKAIIO 12 TOMOS : 2 σ. 168

ΕΙΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ ΕΕ ΣΤΑ ΣΟΥΗΔΙΚΑ: JEVAKAIIO 12 TOMOS : 2 σ. 168

Κείμενο:

ΟΔΗΓΙΑ 93/76/ΕΟΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 13ης Σεπτεμβρίου 1993 για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE)

ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ,

Έχοντας υπόψη:

τη συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας, και ιδίως τα άρθρα 130 Ρ και 235, την πρόταση της Επιτροπής (1), τη γνώμη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (2), τη γνώμη της Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής (3) , Εκτιμώντας: ότι το Συμβούλιο, στις 16 Σεπτεμβρίου 1986, καθόρισε με ψήφισμά του νέους στόχους ενεργειακής κοινοτικής πολιτικής για το 1985 και σύγκλιση της πολιτικής των κρατών μελών (4)-ότι το Συμβούλιο των υπουργών περιβάλλοντος και ενέργειας συμφώνησε στη σύνοδό του της 29ης Οκτωβρίου 1990, ότι η Κοινότητα και τα κράτη μέλη προτίθενται, αν και άλλες βασικές χώρες αναλάβουν παρόμοιες υποχρεώσεις και αναγνωριζόμενων των στόχων που έχουν θέσει μερικά κράτη μέλη ως προς τη σταθεροποίηση και

μείωση των εκπομπών σε διάφορες ημερομηνίες, να λάβουν μέτρα σταθεροποίησης των συνολικών εκπομπών διοξειδίου μέχρι το 2000 στα επίπεδα του 1990 σε ολόκληρη την Κοινότητα- ότι συμφωνήθηκε επίσης ότι τα κράτη μέλη εκείνα που εκκινούν από σχετικά χαμηλά επίπεδα ενεργειακής κατανάλωσης και συνεπώς έχουν μικρές εκπομπές μετρούμενες κατά κεφαλήν ή με άλλη κατάλληλη μονάδα μέτρησης θα πρέπει να έχουν στόχους διοξειδίου ή/και στρατηγικές ανάλογες με την οικονομικοκοινωνική τους ανάπτυξη, βελτιώνοντας παράλληλα και την ενεργειακή αποτελεσματικότητα των οικονομιών τους-ότι το Συμβούλιο, με την απόφαση 91/565/ΕΟΚ, θέσπισε το πρόγραμμα SAVE για την προώθηση της αποτελεσματικής χρήσης της ενέργειας στην Κοινότητα (5)- ότι στο άρθρο 130 Π της συνθήκης προβλέπεται ότι η δράση της Κοινότητας σε θέματα περιβάλλοντος πρέπει να έχει ως στόχο, κυρίως, τη συνετή και ορθολογική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων- ότι, μεταξύ των φυσικών αυτών πόρων, τα πετρελαιοειδή, το φυσικό αέριο και τα στερεά καύσιμα αποτελούν τις βασικές πηγές ενέργειας αλλά και τις κύριες πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος-ότι, εφόσον η συνθήκη δεν προβλέπει αλλού αξουσίες για την έκδοση νομικών πράξεων όσον αφορά ενεργειακές πτυχές των προγραμμάτων της οδηγίας αυτής, θα πρέπει επίσης να γίνει προσφυγή στο άρθρο 235-ότι ο τομέας της κατοικίας και ο τριτογενής τομέας απορροφούν περίπου το 40 % της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης της Κοινότητας και συνεχώς διευρύνονται, πράγμα που θα διογκώσει την κατανάλωσή τους σε ενέργεια και κατά συνέπεια τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακος- ότι η παρούσα οδηγία στοχεύει να διατηρήσει την ποιότητα του περιβάλλοντος και να εξασφαλίσει συνετή και ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων, ζητήματα που δεν είναι αποκλειστικώς κοινοτικής αρμοδιότητας-ότι είναι αναγκαία μια συλλογική προσπάθεια όλων των κρατών μελών με λήψη μέτρων σε κοινοτικό επίπεδο, προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακος και να προωθηθεί η ορθολογική χρήση της ενέργειας- ότι, σύμφωνα με την αρχή της επικουρικότητας, τα μέτρα πρέπει να προσδιορίζονται εκ μέρους των κρατών μελών, με βάση τις δυναμικές βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης, της σχέσης κόστους/αποτελεσματικότητας, της τεχνικής σκοπιμότητας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων-ότι, με την αντικειμενική πληροφόρηση σε ό,τι αφορά τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των κτιρίων, η ενεργειακή πιστοποίηση θα συμβάλλει στη μεγαλύτερη διαφάνεια της αγοράς ακινήτων και στην ενθάρρυνση των επενδύσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας-ότι ο καταλογισμός, στους ενοίκους των κτιρίων, των δαπανών θέρμανσης-κλιματισμού και θερμού ύδατος,

εφόσον γίνεται κατά τον προσήκοντα τρόπο με βάση την πραγματική κατανάλωση, θα συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα της κατοικίας- ότι ευκαταίεο είναι οι ένοικοι να μπορούν να ρυθμίζουν οι ίδιοι την δική τους κατανάλωση θερμότητας, ψυχρού και θερμού ύδατος- ότι οι συστάσεις και τα ψηφίσματα που εξέδωσε το Συμβούλιο στους τομείς της τιμολόγησης των δαπανών θέρμανσης και θερμού ύδατος (6), έχουν τεθεί σε εφαρμογή μόνο σε δύο κράτη μέλη, και ότι σήμερα σημαντικό μέρος των δαπανών θέρμανσης, κλιματισμού και θερμού ύδατος τιμολογείται ακόμα με βάση άλλους παράγοντες και όχι την κατανάλωση ενέργειας-ότι επιβάλλεται να προωθηθεί, στο δημόσιο τομέα, η πραγματοποίηση επενδύσεων στην εξοικονόμηση ενέργειας με νέους τρόπους οικονομικής στήριξης, και ότι, με την προοπτική αυτή, είναι σκόπιμο τα κράτη μέλη να επιτρέπουν και να αξιοποιούν κατά τον καλύτερο τρόπο τις δυνατότητες που προσφέρει η τεχνική της χρηματοδότησης εκ μέρους τρίτων-ότι τα κτίρια θα επηρεάσουν την μακροπρόθεσμη ενεργειακή κατανάλωση και ότι, επομένως, επιβάλλεται στα νέα κτίρια να γίνεται ικανοποιητική θερμομόνωση, προσαρμοσμένη στις τοπικές κλιματικές συνθήκες- ότι αυτό ισχύει και για τα κτίρια του δημοσίου, που θα πρέπει να δίνει το παράδειγμα για την συνεκτίμηση περιβαλλοντικών και ενεργειακών παραγόντων- ότι η περιοδική συντήρηση των λεβήτων συμβάλλει στη διατήρηση της ορθής τους ρύθμισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προϊόντος και, κατά τον τρόπο αυτό, στη βελτιστοποίηση της απόδοσης από περιβαλλοντική και ενεργειακή άποψη-ότι ο βιομηχανικός τομέας είναι, εν γένει, πρόθυμος να κάνει αποτελεσματικότερη χρησιμοποίηση της ενέργειας προκειμένου να ανταποκριθεί στους οικονομικούς στόχους που επιδιώκει- ότι θα πρέπει να προωθηθούν οι ενεργειακές επιθεωρήσεις, ιδίως σε πολύ ενεργειοβόρες επιχειρήσεις προκειμένου να επιτευχθούν αξιόλογες βελτιώσεις ενεργειακής απόδοσης στον τομέα αυτό-ότι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλες τις περιοχές της Κοινότητας θα ενισχύσει την οικονομική και κοινωνική συνοχή στην Κοινότητα, όπως προβλέπει το άρθρο 130 Α της συνθήκης,

ΕΞΕΔΩΣΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΟΔΗΓΙΑ:

Άρθρο 1

Η παρούσα οδηγία αποσκοπεί στην επίτευξη, εκ μέρους των κρατών μελών, του

στόχου του περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος χάρη στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης με την εκπόνηση και την υλοποίηση προγραμμάτων στους ακόλουθους τομείς:

- ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων,
 - τιμολόγηση των δαπανών θέρμανσης, κλιματισμού και θερμού ύδατος με βάση την πραγματική κατανάλωση,
-
- χρηματοδότηση εκ μέρους τρίτων των επενδύσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στο δημόσιο τομέα,
 - θερμομόνωση των νέων κτιρίων,
 - περιοδική επιθεώρηση των λεβήτων,
 - ενεργειακές επιθεωρήσεις των πολύ ενεργειοβόρων επιχειρήσεων.

Τα προγράμματα μπορούν να περιλαμβάνουν νομοθετικές και κανονιστικές ρυθμίσεις, οικονομικά και διοικητικά μέσα, ενημερωτικές, εκπαιδευτικές και εκούσιες συμφωνίες με αντικειμενικώς εκτιμήσιμα αποτελέσματα.

Άρθρο 2

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν και εφαρμόζουν προγράμματα σχετικά με την ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων που συνίσταται στην περιγραφή των ενεργειακών χαρακτηριστικών και επιτρέπει να ενημερώνονται οι υποψήφιοι χρήστες ενός κτιρίου για την ενεργειακή του απόδοση. Η πιστοποίηση μπορεί να περιλαμβάνει επιλογές για τη βελτίωση των ενεργειακών χαρακτηριστικών.

Άρθρο 3

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν και εφαρμόζουν προγράμματα σχετικά με την τιμολόγηση των δαπανών θέρμανσης, κλιματισμού και θερμού ύδατος κατά τον προσήκοντα τρόπο, με βάση την πραγματική κατανάλωση. Τα προγράμματα αυτά επιτρέπουν να κατανέμονται άμεσα στους χρήστες ενός κτιρίου ή ενός μέρους κτιρίου οι δαπάνες για τις υπηρεσίες αυτές με βάση την κατανάλωση θερμότητας, ψυχρού και θερμού ύδατος η οποία αντιστοιχεί σε κάθε ένοικο. Αυτό ισχύει για κτίρια ή μέρη κτιρίων με κοινόχρηστες εγκαταστάσεις θέρμανσης, κλιματισμού ή παροχής θερμού ύδατος. Οι ένοικοι αυτού του είδους κτιρίων θα πρέπει να μπορούν να ρυθμίζουν οι ίδιοι τη δική τους κατανάλωση θερμότητας, ψυχρού και θερμού ύδατος.

Άρθρο 4

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν και θέτουν σε εφαρμογή προγράμματα που θα επιτρέψουν την εκ μέρους τρίτων χρηματοδότηση επενδύσεων στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης στο δημόσιο τομέα.

Για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας, νοείται ως "εκ μέρους τρίτων χρηματοδότηση" η συνολική παροχή υπηρεσιών επιθεώρησης, εγκατάστασης, λειτουργίας, συντήρησης και χρηματοδότησης μιας επένδυσης ενεργειακής απόδοσης, σύμφωνα με τις διαδικασίες που εξαρτούν την, εν όλω ή εν μέρει, ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών αυτών μέσω της επιτυγχανόμενης εξοικονόμησης ενέργειας.

Άρθρο 5

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν και εφαρμόζουν προγράμματα για την αποτελεσματική θερμομόνωση των νέων κτιρίων, με μακροπρόθεσμες προοπτικές, σύμφωνα με πρότυπα που καθορίζουν λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματικές συνθήκες ή περιοχές καθώς και τη χρήση για την οποία προορίζεται το συγκεκριμένο κτίριο.

Άρθρο 6

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν και εφαρμόζουν προγράμματα σχετικά με την περιοδική επιθεώρηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης των 15 kW με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών λειτουργίας από άποψη κατανάλωσης ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος.

Άρθρο 7

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν και εφαρμόζουν προγράμματα σχετικά με την περιοδική διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων πολύ ενεργειακόρων βιομηχανικών επιχειρήσεων, ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή τους απόδοση και να περιοριστούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακος. Ανάλογα μέτρα μπορούν να ληφθούν και για άλλες ενεργειακόρες επιχειρήσεις.

Άρθρο 8

Τα κράτη μέλη καθορίζουν την εμβέλεια των προγραμμάτων που αναφέρονται στα άρθρα 1 έως 7 με βάση τις δυναμικές βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης, της σχέσης κόστους/αποτελεσματικότητας, της τεχνικής σκοπιμότητας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Άρθρο 9

Τα κράτη μέλη υποβάλλουν ανά διετία στην Επιτροπή έκθεση σχετικά με τα αποτελέσματα των μέτρων που έχουν λάβει για την εφαρμογή των προγραμμάτων της παρούσας οδηγίας, και ενημερώνουν την Επιτροπή για την επιλεχθείσα δέσμη μέτρων. Επιπλέον, ύστερα από σχετική αίτηση, τα κράτη μέλη αιτιολογούν στην Επιτροπή το περιεχόμενο των προγραμμάτων, λαμβάνοντας υπόψη το άρθρο 8.

Η Επιτροπή επικουρείται στην εξέταση των εκθέσεων των κρατών μελών από τη συμβουλευτική επιτροπή που αναφέρεται στην απόφαση 91/565/ΕΟΚ με τη διαδικασία του άρθρου 6 της προαναφερόμενης απόφασης.

Άρθρο 10

1. Τα κράτη μέλη θέτουν σε ισχύ τις νομοθετικές και κανονιστικές διατάξεις ή/και άλλα μέτρα που αναφέρονται στο άρθρο 1 τα οποία είναι αναγκαία προκειμένου να συμμορφωθούν προς την παρούσα οδηγία το συντομότερο, και το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 1994. Τα κράτη μέλη απαιτείται να θεσπίσουν όλες τις διατάξεις που είναι αναγκαίες για να εκπληρώσουν τους στόχους της οδηγίας αυτής.

Οι νομοθετικές ή κανονιστικές αυτές διατάξεις, όταν θεσπίζονται από τα κράτη μέλη, αναφέρονται στην παρούσα οδηγία ή συνοδεύονται από παρόμοια αναφορά κατά την επίσημη δημοσίευσή τους. Οι λεπτομερείς διατάξεις για την αναφορά αυτή καθορίζονται από τα κράτη μέλη. Αυτό ισχύει κατ' αναλογίαν και όταν τα προγράμματα υλοποιούνται με άλλο τρόπο.

2. Τα κράτη μέλη ανακοινώνουν στην Επιτροπή τις διατάξεις εθνικού δικαίου ή/και άλλα μέτρα, όπως αναφέρεται στο άρθρο 1, που θεσπίζουν στον τομέα ο οποίος διέπεται από την παρούσα οδηγία.

Άρθρο 11

Η παρούσα οδηγία απευθύνεται στα κράτη μέλη.

Βρυξέλλες, 13 Σεπτεμβρίου 1993.

Για το Συμβούλιο

Ο Πρόεδρος

Rh. MAYSTADT

(1) ΕΕ αριθ. C 179 της 16. 7. 1992, σ. 8.

(2) ΕΕ αριθ. C 176 της 28. 6. 1993.

(3) ΕΕ αριθ. C 19 της 25. 1. 1993, σ. 134.

(4) ΕΕ αριθ. C 241 της 25. 9. 1986, σ. 1.

(5) ΕΕ αριθ. L 307 της 8. 11. 1991, σ. 34.

(6) Σύσταση 76/493/ΕΟΚ (ΕΕ αριθ. L 140 της 28. 5. 1976, σ. 12). Σύσταση 77/712/ΕΟΚ (ΕΕ αριθ. L 295 της 18. 11. 1977 σ. 1). Ψήφισμα της 9. 6. 1980 (ΕΕ αριθ. C 149 της 18. 6. 1980, σ. 3). Ψήφισμα της 15. 1. 1985 (ΕΕ αριθ. C 20 της 22. 1. 1985, σ. 1).

ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ:

A_{cl} : Περιοχή επιφάνειας του ντυμένου σώματος . (m^2)

A_{Du} : Η επιφάνεια Du Bois. (m^2)

C : Απώλειες θερμότητας από μεταγωγή. (W/m^2)

$C+R$: Συνολική αίσθηση απώλειας θερμότητας από το σώμα. (W/m^2)

C_{res} : Ρυθμός απωλειών θερμότητας από μεταγωγή λόγω της αναπνοής.
(W/m^2)

E_{res} : Ρυθμός απωλειών θερμότητας εξαέρωσης λόγω αναπνοής. (W/m^2)

E_{rsw} : Απώλειες θερμότητας εξαιτίας του ρυθμιστικού ιδρώματος. (W/m^2)

E_{sk} : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας λόγω εξαέρωσης από το δέρμα.
(W/m^2).

f_{cl} : Συντελεστής επιφάνειας ρουχισμού.

H : Σχετική υγρασία του αέρα. (%)

h_c : Συντελεστής διάδοσης της θερμότητας. ($W/m^2/^\circ C$)

I_{cl} , R_{cl} : Θερμομόνωση της ενδυμασίας. (Clo) ή ($m^2 \times ^\circ C/W$)

L : Το θερμικό φορτίο του σώματος, δηλαδή η διαφορά εσωτερικής παραγωγής θερμότητας και απωλειών προς το περιβάλλον. (W/m^2)

M : Ρυθμός μεταβολισμού (παραγωγής θερμότητας). (W/m^2) και (Met)

M : Η μάζα (kg)

P_a : Πίεση των υδρατμών. (mmHg)

P_s : Πίεση κεκορεσμένων υδρατμών. (Atm) ή (Pa)

Q_{cd} : Η διάδοση θερμότητας με μεταγωγή. (kcal/h)

Q_{cv} : η διάδοση θερμότητας με μεταφορά. (kcal/h)

Q_r : η διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία. (kcal/h)

Q_{res} : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας λόγω αναπνοής. (W/m^2)

Q_{sk} : Μέγιστος ρυθμός απωλειών θερμότητας από το δέρμα. (W/m^2)

R : Απώλειες θερμότητας από ακτινοβολία. (W/m^2)

S_{eff} : Η ενεργός επιφάνεια ακτινοβολίας του ντυμένου σώματος. (m^2)

t_a : Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. ($^\circ C$)

t_o : Η Αποτελεσματική Θερμοκρασία. ($^\circ C$)

t_{eq} : Η Ισοδύναμη Θερμοκρασία. ($^\circ C$)

t_{sk} : Η θερμοκρασία του δέρματος. ($^\circ C$)

t_q : Η θερμοκρασία του σφαιρικού θερμομέτρου. ($^{\circ}\text{C}$)

t_{cl} : Θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας ρουχισμού. ($^{\circ}\text{C}$)

t_{pr} : Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας επιπέδου. ($^{\circ}\text{C}$)

—

\bar{t}_r : Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας. ($^{\circ}\text{C}$)

W : Ωφέλιμη μηχανική ισχύς-εξωτερική εργασία. (W/m^2)

U_{ar} : Σχετική μέση ταχύτητα του αέρα. (m/sec)

e : Ο συντελεστής εκπομπής της εξωτερικής επιφάνειας του ντυμένου σώματος.

S : Η σταθερά του Stefan-Boltzmann. ($S = 4,96 \times 10^{-8} \text{ kcal}/\text{m}^2 \times \text{h} \times \text{K}^4$)

ΟΡΙΣΜΟΙ - ΛΕΞΙΚΟ ΟΡΩΝ

- **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:** Είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι - πηγές ενέργειας, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύνανται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις, η θαλάσσια κίνηση.

Το παγκόσμιο ενδιαφέρον προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης τους οφείλεται σε δύο λόγους: i) την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, αφού τα αποθέματα συμβατικών πηγών ενέργειας εξαντλούνται και ii) το ότι πρόκειται για φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις. Στόχος της Ευρωπαϊκής ένωσης είναι να αυξήσει την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από το 3,7% που ήταν το 1991 στο 7,8% επί του συνόλου της κατανάλωσης ενέργειας το 2005. Αυτό προϋποθέτει αύξηση της απόδοσης των συστημάτων κατανάλωσης ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα. Οι προβλέψεις για τη χρήση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο δείχνουν ότι έχουμε ενεργειακά αποθέματα 200 χρόνια για τον τωρινό λόγο αποθέματος/παραγωγής

- **Ηλιακή Ενέργεια:** Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται τόσο για την θέρμανση των κτιρίων με άμεσο ή έμμεσο τρόπο και με τη χρήση ενεργητικών ή και παθητικών συστημάτων, όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους: α) με τη χρησιμοποίηση Φωτοβολταϊκών συστημάτων τα οποία μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και β) τα ηλιακά θερμικά συστήματα που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να θερμάνουν ένα υγρό το οποίο παράγει ατμό ο οποίος τροφοδοτεί μία τουρμπίνα και μία γεννήτρια.

- **Αερισμός:** Αερισμός είναι η διαδικασία παροχής ή αφαίρεσης αέρα προς και από οποιοδήποτε χώρο. Ο επαρκής αερισμός είναι απαραίτητη προϋπόθεση για μια ικανοποιητική ποιότητα αέρα για την υγεία των χρηστών. Για κάθε είδος χώρου καθορίζεται μια συγκεκριμένη τιμή που προσδιορίζει τον απαιτούμενο αερισμό και μετράται σε ac/h (air changes/hour). Η μονάδα αυτή δείχνει πόσες φορές (ή σε τι ποσοστό του όγκου του χώρου) αλλάζει ο αέρας

που περιέχεται στο χώρο με νωπό αέρα. Ο αερισμός επιτυγχάνεται με φυσικά ή μηχανικά μέσα.

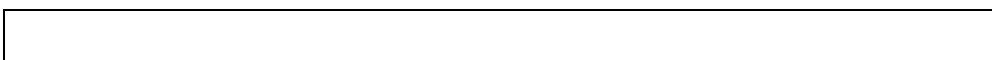
- **Βιοκλιματικός σχεδιασμός:** Είναι ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων αντίστοιχα, που επιδιώκει την προσαρμογή του κτιρίου και του οικιστικού συνόλου στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον και στοχεύει στην αξιοποίηση θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων ώστε να ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές ανάγκες του όλο το χρόνο και να επιτυγχάνει περιορισμό στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας.
- **Ενεργητικά ηλιακά συστήματα (Ε.Η.Σ.) θέρμανσης ή δροσισμού:** Είναι τα συστήματα εκείνα που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή το δροσισμό των κτιρίων αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης. Στην κατηγορία ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κ.ά.
- **Εξοικονόμηση ενέργειας:** Είναι η ενέργεια που καταναλώνουμε για να δημιουργηθούν μέσα σ' ένα περιβάλλον, όπως είναι τα σπίτια μας, τα γραφεία, τα σχολεία κ.τ.λ., οι συνθήκες που απαιτούνται για να αισθανόμαστε ευχάριστα. Δηλαδή τη δημιουργία εκείνων των συνθηκών που παρέχουν την αίσθηση μιας πλήρους φυσικής και διανοητικής ευχάριστης κατάστασης για τον άνθρωπο, μια κατάσταση πλήρους ευεξίας. Με άλλα λόγια επιζητούμε να μας δίνει το περιβάλλον το αίσθημα της «θερμικής άνεσης».
- **Ηλιακό κέρδος Θερμότητας:** Στην παθητική ηλιακή θέρμανση είναι ο όρος που αναφέρεται στο μέγεθος των θερμικών κερδών από τα παράθυρα καθ' όλη την περίοδο θέρμανσης (Solar Heat Gain). Για τον υπολογισμό του καθαρού ηλιακού κέρδους αφαιρούνται από το ηλιακό θερμικό κέρδος οι απώλειες θερμότητας από τα παράθυρα.
- **Θάμβωση (λάμψη):** Κατάσταση της όρασης κατά την οποία περιορίζεται η ικανότητα να φανούν λεπτομέρειες ή αντικείμενα. Η θάμβωση (glare) μπορεί να οφείλεται στο μέγεθος της λαμπρότητας ή και σε ακατάλληλη κατανομή της λαμπρότητας ή ακόμα και σε υπερβολική οπτική αντίθεση. Θάμβωση μπορεί επίσης να επέλθει και από ανακλάσεις, ιδιαίτερα όταν οι εικόνες που

ανακλώνται φαίνονται στην ίδια ή περίπου στην ίδια διεύθυνση με ένα αντικείμενο. Η θάμβωση προκαλεί δυσφορία, και έλλειψη οπτικής άνεσης.

- **Θερμική άνεση:** Ως θερμική άνεση ορίζονται εκείνες οι συνθήκες στις οποίες ευρισκόμενο ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία αλλαγή, ήτοι ούτε πιο κρύο ούτε πιο ζεστό περιβάλλον.
(ASHARE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1989).
- **Θερμικό φορτίο (L) του σώματος:** Η διαφορά ανάμεσα στην εσωτερική παραγωγή θερμότητας και τις απώλειες θερμότητας στο περιβάλλον.
- **Θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα:** είναι εκείνη η θερμοκρασία που μετράται με τα συνήθη θερμόμετρα. Κατά τη μέτρηση αυτή πρέπει ο "βολβός" του θερμομέτρου (δεξαμενή υδραργύρου στα υδραργυρικά θερμόμετρα ή γενικά το σημείο λήψης της θερμοκρασίας που έρχεται σε επαφή με τον αέρα σε άλλου είδους θερμόμετρα) να είναι ξηρός, δηλαδή απαλλαγμένος από την υγρασία, διαφορετικά η ένδειξη του θερμομέτρου θα είναι εσφαλμένη και οπωσδήποτε χαμηλότερη από την κανονική θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα.
Επίσης, πρέπει ο "βολβός" να μην είναι εκτεθειμένος σε ακτινοβολίες, γιατί θα προκύψει θερμοκρασία μεγαλύτερη της κανονικής.
- **Θερμοκρασία υγρού βολβού του αέρα:** μετράται πάλι με συνήθη θερμόμετρα, στα οποία όμως ο βολβός έχει περιβληθεί με γάζα εμποτισμένη σε καθαρό νερό ώστε να τον διατηρεί υγρό και είναι εντελώς εκτεθειμένο στον αέρα, και ανεξάρτητο από την υγρασία.
Κατά τη μέτρηση αυτή δημιουργούνται συνθήκες ταχείας εξάτμισης του νερού, είτε εμψύωντας αέρα στη γάζα με ανεμιστήρα, είτε περιστρέφοντας το θερμόμετρο υγρού βολβού μέσα στον αέρα.
Λόγω της εξάτμισης του νερού, αρχίζει να κατεβαίνει η θερμοκρασία του θερμομέτρου και όταν φτάσει στην τελική ισορροπία σταθεροποιείται η ένδειξη, οπότε και λαμβάνεται σαν θερμοκρασία υγρού βολβού (αντιστοιχεί στη χαμηλότερη ένδειξη).

- **Θερμορυθμιστικό σύστημα:** Είναι ένας τρόπος άμυνας του ανθρωπίνου σώματος προκειμένου να καταφέρει να αποβάλλει το ποσό θερμότητας που πρέπει, ώστε η εσωτερική του θερμοκρασία να παραμείνει σταθερή, ακόμα και στην περίπτωση που οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν είναι καθόλου ευνοϊκές, όπως για παράδειγμα πολύ ζέστη ή κρύο, υψηλή υγρασία κ.τ.λ.
- **Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας:** Η ομοιόμορφη θερμοκρασία “μέλανος” περιβάλλοντος, το οποίο δίνει τις ίδιες απώλειες με ακτινοβολία από το σώμα μ’ αυτές που δίνει και ο πραγματικός χώρος. Είναι μια μέση θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο. Περιλαμβάνει το φαινόμενο της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται και έχει σημαντική επίπτωση στην ανθρώπινη άνεση ως θερμοκρασία του αέρα.
- **Παθητικά ηλιακά συστήματα (Π.Η.Σ.) θέρμανσης ή δροσισμού:** Είναι οι τεχνικές και κατασκευές που εμπεριέχονται στο σχεδιασμό του κτιρίου και προσαρμόζονται κατάλληλα στο κέλυφός του. Τα Π.Η.Σ. διευκολύνουν στην καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση κτιρίων, καθώς και στην αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τη φυσική τους ψύξη. Οι βασικές κατηγορίες των Π.Η.Σ. είναι: α) τα άμεσου ηλιακού κέρδους, όπως τα νότια ανοίγματα, β) τα έμμεσου ηλιακού κέρδους όπως ο ηλιακός χώρος - θερμοκήπιο, το ηλιακό αίθριο, ο ηλιακός τοίχος, το θερμοσιφωνικό πέτασμα, γ) τα συστήματα δροσισμού όπως τα σκίαστρα, η ηλιακή καμινάδα, η υδάτινη οροφή και συστήματα αερισμού.
- **Προσανατολισμός:** Προσανατολισμός μιας επιφάνειας είναι η απόκλιση (σε μοίρες) από τον ηλιακό νότο, προς την κατεύθυνση είτε της ανατολής είτε της δύσης. Ο νότιος προσανατολισμός ενός κτιρίου είναι μία από τις βασικότερες αρχές της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη ηλιακή πρόσβαση στο κτίριο.
- **Ρυθμός μεταβολισμού (M):** Είναι ο ρυθμός μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο με αερόβιες και αναερόβιες δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του σώματος. Το ποσό ενέργειας που απελευθερώνεται κατά το μεταβολισμό, εξαρτάται από το μέγεθος της μυϊκής δραστηριότητας.

- **Συντελεστής Θερμοπερατότητας K:** Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τη ροή θερμότητας εν μέσω ενός υλικού ή δομικού στοιχείου (τοίχου, παράθυρου κλπ). Για τα υλικά, ο συντελεστής Θερμοπερατότητας (που ονομάζεται αλλιώς και U-value) ορίζεται ως η ποσότητα θερμότητας που περνά κάθε ώρα μέσα από 1m^2 στοιχείου κατασκευής με πάχος d (m), όταν η διαφορά του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο επιφάνειες του στοιχείου διατηρείται σταθερή και ίση προς 1°C .
Ο συντελεστής Θερμοπερατότητας (Thermal Transmittance) μετράται σε $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του συντελεστή αυτού, τόσο πιο ισχυρά μονωτικό είναι ένα υλικό ή δομικό στοιχείο.



- **Σχετική υγρασία:** ορίζεται ως ο λόγος της μερικής πίεσης του υδρατμού που περιέχεται στον υγρό ατμοσφαιρικό αέρα, προς τη μερική πίεση του υδρατμού του ίδιου αέρα όταν είναι κορεσμένος, για τις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.
- **Υβριδικά συστήματα:** Είναι τα παθητικά συστήματα που κάνουν χρήση και μηχανικών μέσων των οποίων η λειτουργία απαιτεί συμβατική ενέργεια πολύ μικρότερη από αυτή που εξοικονομεί το ίδιο το υβριδικό σύστημα (πχ. ηλιακή καμινάδα με ανεμιστήρα κλπ.).

Βιβλιογραφία - Πηγές.

1. Φρ. Κωτσιανας “Ηλιακά σπίτια - Ηλιακή θέρμανση. Θερμική άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας.”
2. Οδηγίες για Θερμική - Οπτική άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας σε δημόσια σχολεία. Κ.Α.Π.Ε. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
3. Διεθνές συνέδριο: Υφιστάμενα κτίρια, εξοικονόμηση ενέργειας και περιβάλλον .12 Μαρτίου '99 Θεσσαλονίκη, υπό την αιγίδα των τμημάτων Μηχανολόγων μηχανικών και Πολιτικών μηχανικών του Α.Π.Θ.
4. Κώστας Στεφ. Τσίππρας. "Το οικολογικό σπίτι. Η φιλοσοφία, η μελέτη και η κατασκευή ενός οικολογικού σπιτιού”.
5. Ε. Ανδρεαδάκη - Χρονάκη “Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική”.
6. Οικολογική Δόμηση (Έκδοση ΔΙΠΕ).
7. Η "πράσινη" αρχιτεκτονική (Αφιέρωμα Ελευθεροτυπίας στα οικολογικά κτίρια).
8. Κ.Α. Μπαλαράς “Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων “.
9. Β. Η. Σελλούντος “Θέρμανση – Κλιματισμός” (1995, Εκδόσεις Φοίβος).
10. Ευθύμιος Η. Βαζαίος “Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας – Υπολογισμός και σχεδίαση συστημάτων”.
11. ASHRAE. 1992. “Thermal environmental conditions for human occupancy”. ANSI / ASHRAE Standard 55-1992.
12. ASHRAE handbook Fundamentals, American Society of Heating and Air Conditioning Engineers, Atlanta 1993.
13. ASHRAE Trans. 1989 , Vol. Part 2. Impact of air humidity on thermal comfort during step-changes. R.J. de Dear, H.K. and P.O. Fanger.
14. DuBois,D. And E.F. DuBois.1916. a Formula to estimate approximate surface area, if height and weight are known. Archives of Internal Medicine 17:863-71.
15. Fanger, P.O. 1967. Calculation of thermal comfort: Introduction of basic comfort equation. ASHRAE Transactions 73(2):III.4.1.
16. Fanger, P.O. 1970. Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering. McGraw-Hill, New York.
17. Fanger, P.O., L. Bahhidi , B.W. Olesen ,and G. Langkidle. 1980. Comfort limits for heating ceilings. ASHRAE Transactions 86: 141-156, 1980.

18. B.W. Olesen "A new and Simpler Method for Estimated the Thermal Insulation of a clothing Ensemble", ASHRAE transactions 92: 478-492, 1985
19. B.W. Olesen, "Thermal Comfort Requirement for Floors Occupied by People With Bare Feet", ASHRAE Trans., Vol.83 Part 2, 1997.
20. Olesen, S., P.O. Fanger, P.B. Jensen and O.J. Nielsen, "Comfort Limits for man exposed to Assymmetric Thermal Radiation", CIB Commission W.45 Symposium, Thermal Comfort and Moderate Heat Stress, Watford, U.K. 1972 (Published by HMSO London 1973).
21. B.W. Olesen, M. Scholer and P.O. Fanger, "Discomfort Caused by Vertical Air Temperature Differences", "Indoor Climate, P.O. Fanger and O. Valbjorn, eds., Danish Building Research Institute, Copenhagen, 1979.
22. Rohles , F.H., J.E. Woods and R.G. Nevins, "The Effect of air Speed and Temperature on the Thermal Sensations of Sedentary Man", ASHRAE Transactions 80: 101-119, 1974.
23. Rohles , F.H., J.E. Woods and R.G. Nevins, "The Influence of Clothing and Temperature on Sedentary Comfort", ASHRAE Transactions 79: 71-80, 1973.
24. D.A. McIntyre , Indoor Climate, Applied Science publishers LTD, London 1980.
25. Sprague, C.H. and P.E. McNall, Jr., "Effects of Fluctuating Temperature and Relative Humidity on the Thermal Sensation (Thermal Comfort) of Sedentary Subjects, "ASHRAE Transactions 77: 183-199, 1971.
26. Physiological principles and thermal comfort. 1993 Fundamentals Handbook S.I.
27. ISO 7730. "Moderate thermal environment determination of the PMV and PPD index and specification of the conditions for thermal comfort". (1995.1)
28. ISO 7726, "Thermal environment-Instruments and method for measuring physical quantities", 1985.1.
29. Energy in Building Design. (M.I.T.).
30. Fuller Moore. "Environmental control systems. Heating cooling lighting - Thermal comfort". McGraw – Hill, Inc.1993
31. Passive solar heating (European Commission Directorate General XII for science, research and development).
32. Thermal comfort - Thermal comfort models –INNOVA Corporation.

33. Arcadio P. Sincero, Gregoria A. Sincero "Environmental Engineering" 1996.
34. European Passive Solar Handbook, Brussels 1986.
35. Olgyay V. and A.: Design with Climate, a Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton University Press 1963.
36. International conference on "Ecological Protection of the Planet Earth" Vol I. Xanthi June 2001. "The effect of glazings to thermal and visual comfort in an office building in Greece", K.G. Tsikaloydaki.
37. Auliciems A (1981) Towards a psychophysiological model of thermal perception. Int J. Biometeorology 25: 109-122.
38. de Dear RJ, Brager GS. (1998) Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. ASHRAE Trans 104: 145-167
39. Humphreys M, Nicol F (2000) Effects of measurement and formulation error on thermal comfort indices in the ASHRAE database of field studies. ASHRAE Trans 106: 493-502
40. A. Matzarakis and H. Mayer "Atmospheric conditions and human thermal comfort in Urban areas. 20-23/11/2000.
41. Lecture notes in thermal comfort, M.I.T. 2000.