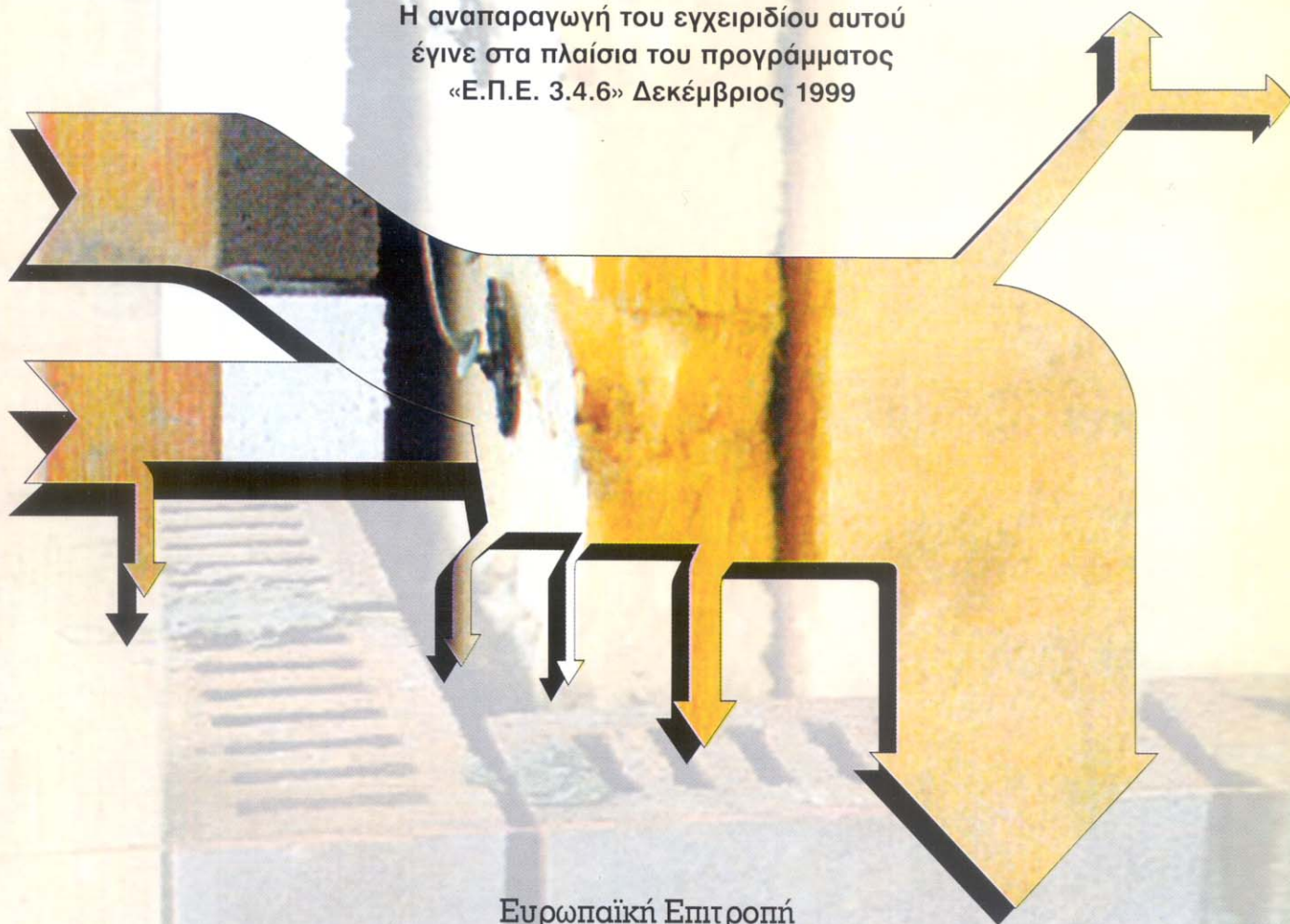




ΚΕΝΤΡΟ
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ
ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΟΔΗΓΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣΩ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Η αναπαραγωγή του εγχειριδίου αυτού
έγινε στα πλαίσια του προγράμματος
«Ε.Π.Ε. 3.4.6» Δεκέμβριος 1999



Ευρωπαϊκή Επιτροπή
Γενική Δ/ση V
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Υπουργείο Εργασίας
Δ/ση Κοινοτικών Πρωτοβουλιών

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1. Αντικείμενο και σημασία της θερμομόνωσης
- 1.2. Οι θερμικές απώλειες και η πρόελευσή τους

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

- 2.1. Βασικές έννοιες θερμομόνωσης
- 2.2. Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης

3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

- 3.1. Θερμομονωτικά Υλικά
- 3.2. Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων – Κατασκευαστικές λύσεις

4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

- 4.1. Επίλυση του προβλήματος της θερμομόνωσης
- 4.2. Προσδιορισμός της θερμικής συμπεριφοράς δομικού στοιχείου
- 4.3. Απαιτητή θερμομόνωση κτιρίων
 - 4.3.1. *Επιθυμητή θερμοκρασία χώρων και θερμικές ζώνες της Ελλάδας*
 - 4.3.2. *Παραδοχές θερμοκρασιών χώρων στους υπολογισμούς των απωλειών*
 - 4.3.3. *Καθορισμός ορίων θερμικών απωλειών δομικών στοιχείων και κτιρίων*
- 4.4. Συμβολή της θερμομόνωσης κατά την καλοκαιρινή περίοδο
- 4.5. Θερμομόνωση και οικονομία
 - 4.5.1. *Επιλογή της κατάλληλης θερμομόνωσης*
 - 4.5.2. *Κριτήρια επιλογής*

5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

- 5.1. Η μόνωση των σωλήνων
 - 5.1.1. *Μονωτικά κοχύλια*
 - 5.1.2. *Μονωτικές λουρίδες*
- 5.2. Η μόνωση των δεξαμενών ψυχρού και θερμού νερού

6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο και σημασία της θερμομόνωσης

Με την πρόβλεψη θερμομόνωσης στις κτιριακές κατασκευές παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα για την παρεμπόδιση της διαφυγής της θερμικής ενέργειας από ένα χώρο προς την ατμόσφαιρα ή ένα άλλο, ψυχρότερο γειτονικό χώρο. Σε παλαιότερες εποχές, η ανάγκη για μια τέτοια πρόβλεψη δεν ήταν τόσο επιτακτική. Στις πέτρινες παραδοσιακές κατασκευές το πρόβλημα αντιμετωπιζόταν από μόνο του, συμπτωματικά και διαισθητικά. Τα μεγάλα πάχη των πλευρικών τοίχων, οι ξύλινες στέγες, τα φυσικά υλικά και, τέλος, τα ενστικτώδη κατασκευαστικά συστήματα που επινοούσε η διαίσθηση του δημιουργού πρωτομάστορα, εξασφάλιζαν στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου τις συνθήκες εκείνες που θα έκαναν τη διαβίωση απόλυτα ή περίπου άνετη.

Πρόβλημα ψύξης το καλοκαίρι δεν υπήρχε, γιατί οι κατασκευές αυτές ήταν κατά κανόνα δροσερές. Το χειμώνα πάλι, με τα τζάκια, τα μαγκάλια ή τις σόμπες και με φθηνά καύσιμα (ξύλο, κάρβουνο), η θέρμανση των χώρων εξασφαλιζόταν λίγο πολύ ικανοποιητικά. Άλλωστε, οι βαριές κατασκευές του περιβλήματος (τοίχοι, στέγες), η διάταξη των χώρων στην κάτοψη, καθώς και η σύνθεση των όγκων του κτίσματος, ρύθμιζαν καθοριστικά τη θερμομονωτική ικανότητα, αλλά και τη ροή θερμότητας. Η ηλιακή ενέργεια έπαιζε και αυτή σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του μικροκλίματος. Τη νύχτα, η συσσωρευμένη αυτή θερμότητα επανεκπέμποταν στους εσωτερικούς χώρους.

Αργότερα όμως, όταν οι κατασκευές έγιναν ελαφρότερες, περισσότερο σύνθετες και λιγότερο ανθεκτικές στις καιρικές συνθήκες, την προστασία από τις θερμικές μεταβολές ανέλαβαν τα διάφορα τεχνητά συστήματα ελέγχου του μικροκλίματος, όπως η κεντρική θέρμανση και ο κλιματισμός. Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών δεν αποτελούσε πρόβλημα, μέχρι τη στιγμή που η ενεργειακή κρίση έγινε για όλους μία σκληρή πραγματικότητα. Οι ενεργειακές πηγές - ουσιαστικά το πετρέλαιο - έπαψαν να είναι φθηνές και όλοι, τότε, άρχισαν να συνειδητοποιούν - μερικοί μάλιστα αρκετά καθυστερημένα - τη μεγάλη σημασία που είχε η θερμομόνωση στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Κάτω από συνθήκες οικονομικά προσιτές, μια καλή θερμική μόνωση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και να προκαλούνται σοβαρές θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου ή ζέστης ανάμεσα σ' αυτό και στο χώρο που το περιβάλλει. Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης του ανθρώπινου οργανισμού.
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων.
- Τον περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής της εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού.
- Την αποφυγή των προβλημάτων που μπορεί να προκαλέσουν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας, όπως είναι η διάρρηξη των σωληνώσεων του νερού από τον παγετό, η αποκόλληση κατασκευών από την επίδραση των υδρατμών κ.λπ.
- Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά. Έτσι μία μελέτη θερμομόνωσης

θεωρείται απόλυτα σωστή όταν η θερμική και ηχητική μόνωση συνδυάζονται σε μία και μόνη κατασκευή.

- Τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα, αφού ελαττώνοντας την ποσότητα των εκλυόμενων καυσαερίων μειώνεται αντίστοιχα, η ρύπανση της ατμόσφαιρας.

1.2. Οι θερμικές απώλειες και η προέλευσή τους

Θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Είναι γνωστό ότι, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μια συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο. Έτσι, οι θερμικές απώλειες δεν νοούνται μόνο για την απώλεια της ζέστης ενός χώρου το χειμώνα αλλά και της δροσιάς το καλοκαίρι, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι θερμότερος. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό είναι κατορθωτό μόνο όταν υπάρχει έλεγχος των θερμικών απωλειών.

Η μείωση των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου, έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης των καυσίμων που τροφοδοτούν τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Η μείωση αυτή μπορεί να είναι σημαντική, αρκεί η θερμομόνωση να εφαρμόζεται με βάση μια σωστή μελέτη και τις ακριβείς προδιαγραφές που καθορίζουν τις ιδιότητες και τον τρόπο σύνθεσης των υλικών κατασκευής της. Στις περισσότερες χώρες με ψυχρότερα κλίματα τέτοιες προδιαγραφές ισχύουν εδώ και πολλά χρόνια.

Στη χώρα μας ισχύει, σύμφωνα με το Π.Δ. 362//4/7/79, ο “Κανονισμός Θερμομόνωσης των Κτιρίων”, με τον οποίο γίνεται προσπάθεια, με βάση τη διεθνή πρακτική και τις κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας, να καθοριστούν προδιαγραφές που να εξασφαλίζουν μία τεχνοοικονομικά σωστή θερμομόνωση. Τέτοια θεωρείται αυτή που για να γίνει δεν απαιτείται υπερβολικά μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης και που, ωστόσο, εξασφαλίζει μακροχρόνια οικονομία στη χρήση του κτιρίου και περιορισμό στην εφαρμογή ενεργοβόρων τεχνητών συστημάτων ελέγχου του εσωτερικού περιβάλλοντος.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

2.1. Βασικές έννοιες θερμομόνωσης

Θερμομόνωση κτιρίου ή κατασκευής: Με τη θερμομόνωση κτιρίου ή κατασκευής επιδιώκεται να μειωθεί η ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας. Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών στοιχείων (υλικών, μελετών, διαδικασιών και μεθόδων κατασκευής) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων, τμημάτων θερμικών μηχανών και πολλών βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

Μετάδοση θερμότητας με αγωγή: Αυτή βασίζεται στην ιδιότητα των μορίων των υλικών σωμάτων να προσλαμβάνουν θερμότητα από γειτονικά μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας και να μεταδίδουν τη θερμότητά τους σε γειτονικά μόρια χαμηλότερης θερμοκρασίας. Στα στερεά σώματα η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται εύκολα λόγω της πολύ μικρής

απόστασης (πρακτικά όταν έρχονται σε επαφή) μεταξύ των μορίων κάθε σώματος. Στα υγρά, την αγωγιμότητα βοηθούν οι ελαστικές κρούσεις των μορίων. Στα μέταλλα, η ροή της θερμότητας με αγωγή οφείλεται κύρια στη διάχυση των ελεύθερων ηλεκτρονίων.

Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά: Αυτή βασίζεται στη δυνατότητα μεταβίβασης της θερμότητας σε υγρά ή αέρια σώματα μέσω της μετακίνησης των θερμών μορίων. Στα κτίρια, με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα διακινούνται σημαντικά ποσά θερμότητας. Εκτός από τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, που οφείλεται σε θερμοκρασιακές μεταβολές μέσα στους χώρους, μετακινήσεις του αέρα των χώρων προκαλούν και οι άνεμοι, οι κινήσεις των ανθρώπων, τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων, η λειτουργία ανεμιστήρων κ.ά.

Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία: Αυτή συμβαίνει μεταξύ στερεών σωμάτων που διαχωρίζονται από αέρα και μεταδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Ειδική θερμότητα (c): Έτσι ονομάζεται η ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται για να υψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά 1°C. Οι μονάδες της ειδικής θερμότητας είναι το 1 kcal/kg °C ή 1 Wh/kg K.

Θερμοχωρητικότητα (Q): Έτσι ονομάζεται η ικανότητα ενός κατασκευαστικού στοιχείου να αποθηκεύει, κατά τη θέρμανσή του, ποσότητες θερμότητας. Η θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται από τη σχέση: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, όπου m είναι η μάζα του στοιχείου, c η ειδική θερμότητά του και ΔT η διαφορά θερμοκρασίας, ενώ μετράται σε kcal.

Συντελεστής θερμοχωρητικότητας (W): Εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που αποθηκεύεται σε 1 m² στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του στοιχείου και του αέρα που το περιβάλλει είναι 1 °C. Οι μονάδες του συντελεστή αυτού είναι τα: kcal/m² °C.

Στους προηγούμενους ορισμούς εμφανίζεται στις μονάδες των διάφορων μεγεθών η **Χιλιοθερμίδα (kcal)**. Ως Χιλιοθερμίδα ορίζεται η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για να ανέβει η θερμοκρασία 1 λίτρου νερού κατά 1°C, ειδικότερα από τους 14.5 °C στους 15.5 °C. Επίσης, προκειμένου να συσχετισθεί η Χιλιοθερμίδα με τα μεγέθη του Διεθνούς Συστήματος (S.I.), ισχύει ότι:

$$1 \text{ kcal} = 4186.8 \text{ J} \quad \text{ή} \quad 1 \text{ kcal} = 1.163 \text{ Wh}$$

Θερμογέφυρα: Είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου του οποίου η ποιότητα θερμομόνωσης είναι σημαντικά κατώτερη από τη μέση τιμή θερμομόνωσης του συνόλου του στοιχείου. Το πρόβλημα της θερμογέφυρας παρουσιάζεται συνήθως στις απολήξεις των πλακών, τα όρια της εξωτερικής τοιχοποιίας, τις ποδιές ανοιγμάτων, τα πρέκια κ.ά. Στην περιοχή της θερμογέφυρας, λόγω της αυξημένης ροής της θερμότητας, παρουσιάζονται στις εσωτερικές πλευρές του τοιχώματος χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη συχνή εμφάνιση τοπικής υγρασίας.

Υγρασία: Είναι η περιεκτικότητα (κατά βάρος ή στα % μέρη) μιας ουσίας σε νερό. Ειδικά για τον αέρα, υγρασία είναι η περιεκτικότητά του σε νερό με τη μορφή υδρατμών. Αυτή εξαρτάται από τη δυνατότητα απόληψης ποσοτήτων νερού (ελεύθερες επιφάνειες νερού ή υγρά σώματα στο χώρο, και εκτεθειμένα σε ρεύματα αέρα, ανθρώπινες εκπνοές και ιδρώτας) από τον αέρα, από τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα, καθώς και από την επιφανειακή θερμοκρασία των τοιχωμάτων ή άλλων αντικειμένων στο χώρο. Με την

αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα αυξάνεται η δυνατότητά του να παραλαμβάνει υγρασία, ενώ με τη μείωση της θερμοκρασίας του μπορεί να επέλθει κορεσμός και, στη συνέχεια, να εμφανισθεί υγροποίηση των υδρατμών (εμφάνιση σταγόνων στην επιφάνεια των ψυχρότερων αντικειμένων ή τοιχωμάτων).

Σημείο δρόσου (t_s): Είναι η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει η υγροποίηση του υδρατμού του αέρα όταν αυτός ψύχεται (σε °C).

Απόλυτη υγρασία (w): Είναι η ποσότητα υδρατμών (σε gr) που περιέχεται στη μονάδα όγκου του αέρα και, συνήθως, μετράται σε gr/m^3 .

Σημείο κορεσμού ή μέγιστη υγρασία (w_s): Είναι η μέγιστη ποσότητα υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει 1 m^3 αέρα, σε ορισμένη θερμοκρασία του συστήματος αέρας – χώρος και σε δεδομένη πίεση (ατμοσφαιρική). Το σημείο κορεσμού εκφράζεται συνήθως σε gr/m^3 .

Σχετική υγρασία του αέρα (ϕ): Ο λόγος της περιεκτικότητας υδρατμού στον αέρα σε καθορισμένη θερμοκρασία προς τη μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμού στη θερμοκρασία αυτή, επί τοις εκατό. Δηλαδή: $\phi = w(\text{gr}/\text{m}^3)/w_s(\text{gr}/\text{m}^3) \cdot 100\%$ ή $\phi = P/P_s \cdot 100\%$ (οι ορισμοί των P και P_s δίνονται στη συνέχεια).

Μερική πίεση υδρατμών (P): Είναι η πίεση που προκαλείται από τα μόρια του υδρατμού που βρίσκονται μέσα σε αέρια μάζα και είναι ανάλογη της ποσότητας των υδρατμών που περιέχονται στη μονάδα όγκου του αέρα.

Μερική πίεση κορεσμένων υδρατμών (P_s): Είναι η πίεση των υδρατμών στο σημείο κορεσμού. Αυτή εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία του αέρα. Στις πιέσεις περιβάλλοντος, με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει ευθέως ανάλογα και η πίεση κορεσμένων υδρατμών.

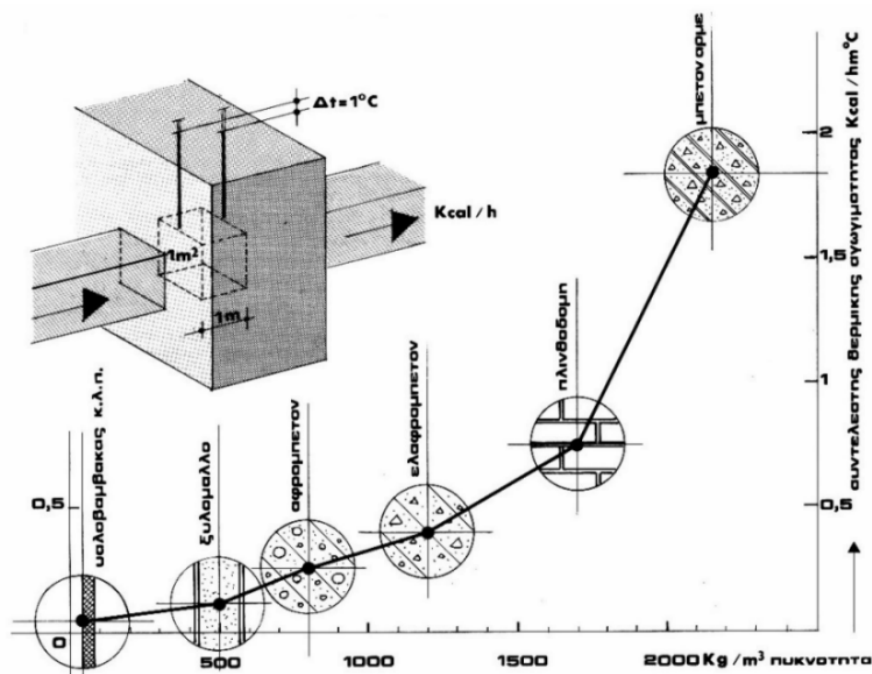
Διάχυση υδρατμών: Έτσι χαρακτηρίζεται η διείσδυση των υδρατμών στο εσωτερικό ενός υλικού, μιας ουσίας ή ενός δομικού ή άλλου στοιχείου, λόγω της ανάπτυξης διαφορετικών πιέσεων ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό του υλικού, του χώρου ή μεταξύ των δύο πλευρών ενός τοιχώματος.

Φράγμα υδρατμών: Αυτό είναι λεπτό στρώμα υλικού μεγάλης αντίστασης υδατοδιαφυγής (π.χ. φύλλο αλουμινίου, PVC, πισσόχαρτου, γυαλιού, στρώμα πλαστικού χρώματος κ.ά.) που τοποθετείται στη θερμότερη πλευρά των χώρων αυξημένης υγρασίας για να εμποδίζει τους υδρατμούς να εισχωρήσουν και να ψυχθούν στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου ή του τοιχώματος.

Πέρα από τους προαναφερθέντες ορισμούς των μεγεθών που χαρακτηρίζουν τη θερμομόνωση και τα υλικά ή/και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται γι' αυτόν τον σκοπό, υπάρχουν και άλλα μεγέθη που βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στις σχετικές μελέτες θερμομόνωσης κτιρίων ή/και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Τα μεγέθη αυτά, με τα σύμβολα, τους φυσικούς ορισμούς και τις μονάδες τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, που παρατίθεται στη συνέχεια.

Πίνακας 1. Ορισμοί παραμέτρων θερμικής μεταφοράς και μονάδες αυτών

Ορολογία	Σύμβολο	Ορισμός	Μονάδες
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	λ	Η ποσότητα θερμότητας που ρέει σε μια ώρα μέσα από τη στρώση ομοιογενούς υλικού επιφάνειας 1 m^2 , όταν η θερμοκρασιακή πτώση κατά τη διεύθυνση ροής της θερμότητας είναι $1^\circ\text{C}/\text{μέτρο}$ (βλέπε Σχήμα 1).	$1\text{kcal}/\text{hm}^\circ\text{C}$ $=1.163 \text{ W}/\text{mK}$
Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας ή θερμοδιαφυγής	Λ	Η ποσότητα θερμότητας που διέρχεται σε μια ώρα από επιφάνεια 1m^2 στρώσης υλικού, όταν μεταξύ των επιφανειών της υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας 1°C .	$\text{kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}$ ή $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοδιαφυγής και εκφράζει τη θερμομονωτική ικανότητα ενός στοιχείου.	$\text{hm}^2^\circ\text{C}/\text{kcal}$ ή $\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$
Συντελεστής θερμικής μετάβασης	α	Η ποσότητα της θερμότητας που μεταδίδεται σε μια ώρα μεταξύ 1 m^2 της επιφάνειας ενός στοιχείου κατασκευής και του αέρα που βρίσκεται σε επαφή, όταν η μεταξύ τους διαφορά είναι 1°C .	$\text{kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}$ ή $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης	$1/\alpha$	Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμικής μετάβασης.	$\text{hm}^2^\circ\text{C}/\text{kcal}$ ή $\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$
Συντελεστής θερμοπερατότητας	k	Η ποσότητα θερμότητας που μεταδίδεται σε μια ώρα από επιφάνεια 1 m^2 ενός στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του στοιχείου είναι 1°C .	$\text{kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}$ ή $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$1/k$	Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας k .	$\text{Hm}^2^\circ\text{C}/\text{kcal}$ ή $\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$
Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου	k_m	Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας δίνει τις απώλειες του εσωτερικού του κτιρίου ανοιγμένες στη μονάδα της εξωτερικής επιφάνειας που εμφανίζει απώλειες θερμότητας, για διαφορά θερμοκρασίας 1 K μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.	$\text{Kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}$ ή $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και της μεταβολής του σε σχέση με την πυκνότητά του υλικού

2.2. Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης

Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης, από τις οποίες εξαρτάται η μελέτη και η σωστή εφαρμογή της σε ένα κτιριακό έργο, είναι:

α. Η **θερμομονωτική ικανότητα**, δηλαδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στοιχείων κατασκευής. Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες των βασικών υλικών που συνθέτουν μια κατασκευή θερμομόνωσης, δηλαδή:

- τη θερμική τους αγωγιμότητα (συντελεστής λ),
- την περιεκτικότητά τους σε υγρασία και
- το πάχος τους

β. Ο **βαθμός διαπερατότητας** του αέρα των στοιχείων κατασκευής, που εξαρτάται από:

- Το είδος της κατασκευής που διαμορφώνει το περίβλημα ενός χώρου. Τοίχοι και οροφές επενδυμένοι με επίχρισμα μαρμαροκονίας έχουν, γενικά, μικρή διαπερατότητα αέρα και, επομένως, μικρές απώλειες θερμότητας από θερμική μεταφορά.
- Την επιφάνεια των κουφωμάτων και τον τρόπο συναρμογής τους. Μεγάλες ποσότητες θερμότητας χάνονται από τις πόρτες και τα παράθυρα μιας όψης, ανάλογα με το μέγεθος των υαλοπινάκων και τον τρόπο κατασκευής τους. Έτσι, τα μεγάλα ανοίγματα με υαλοπίνακες μεγάλης θερμικής αγωγιμότητας παρουσιάζουν πολλές θερμικές απώλειες. Το ίδιο συμβαίνει με τους αρμούς επαφής μεταξύ των φύλλων και του πλαισίου ενός κουφώματος. Το γεγονός αυτό κάνει τα παράθυρα και τις πόρτες να εμφανίζουν υπερβολικά μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας (k), γιατί οι θερμικές απώλειες, όπως αναφέρθηκε, προκαλούνται όχι μόνο από θερμική αγωγιμότητα αλλά και από θερμική μεταφορά.

γ. Η **θερμοχωρητικότητα** (Q) των στοιχείων της κατασκευής, που συμβάλλει στον περιορισμό της ταχύτητας μεταβολής της αρχικής κατάστασης της θερμοκρασίας. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, η θερμότητα που συγκεντρώνουν όσο λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης αποβάλλεται όταν αυτό σταματήσει, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίστοιχο συμβαίνει με την ψύξη το καλοκαίρι. Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης (στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια) οι τοίχοι και οι οροφές ενεργούν ως:

- Συσσωρευτές θερμότητας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εξωτερική τους επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, για να την αποβάλλουν και πάλι με ακτινοβολία. Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται, αντίστοιχα, η διάρκεια μεταβολής των συνθηκών θερμοκρασίας σε χώρους στους οποίους είναι απαραίτητο να υφίσταται το αίσθημα της θερμικής άνεσης (κατοικίες, χώροι εργασίας κ.λπ.) και
- Φράγμα προστασίας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια, στις περιπτώσεις που δεν ενδιαφέρει η διάρκεια αποθέρμανσης ή απόψυξης των χώρων (θέατρα, εκκλησίες κ.λπ.) αλλά, αντίθετα η προστασία των κατασκευών από τη θερμότητα ή την ψύξη που αναπτύσσεται μέσα στους χώρους αυτούς.

δ. Οι τιμές των συντελεστών **θερμικής αγωγιμότητας** και **αντίστασης θερμοδιαφυγής** των διαφόρων υλικών που συγκροτούν μια κατασκευή. Οι τιμές αυτές είναι παγκόσμια αποδεκτές (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, Πίνακας 1), όπως τις έχει καθορίσει ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO), και αφορούν:

- τη θερμική αγωγιμότητα (λ) των πιο συνηθισμένων οικοδομικών υλικών και
- την αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στρωμάτων αέρος, ανάλογα με το πάχος τους.

ε. Οι **απαιτήσεις θερμομόνωσης** που επιβάλλει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης. Αυτές αφορούν τον καθορισμό:

- των ελάχιστων θερμοκρασιών χώρων, για τις οποίες εξασφαλίζονται άνετες συνθήκες διαβίωσης μέσα στους χώρους ενός κτιρίου, ανάλογα με τη χρήση τους (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, Πίνακας 2),
- των ορίων θερμικών απωλειών των στοιχείων κατασκευής, ώστε ο τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας (k_m) να μην ξεπερνά ορισμένες τιμές (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, Πίνακας 3),
- των ορίων των θερμικών απωλειών κτιρίων, ώστε ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (k_m) να μην ξεπερνά τις τιμές που καθορίζει ο Κανονισμός, ανάλογα με τις ζώνες (Α, Β και Γ) θερμομονωτικών απαιτήσεων στις οποίες έχει διαιρεθεί η χώρα μας (βλ. Κεφάλαιο 4 και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, Πίνακας 4) και
- της οικονομικά βέλτιστης θερμομόνωσης, ώστε να μειώνονται σημαντικά οι δαπάνες θέρμανσης, αλλά και να αποφεύγονται άσκοπες δαπάνες υπερβολικής θερμικής προστασίας.

3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

3.1. Θερμομονωτικά Υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν τη μονωτική τους ιδιότητα, κατά κύριο λόγο, στην ύπαρξη σε αυτά μεγάλου αριθμού πολύ μικρών πόρων (κυψελίδων) που περιέχουν παγιδευμένο αέρα. Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει τη μικρότερη γνωστή τιμή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda=0.02 \text{ kcal/hm } ^\circ\text{C}$). Η παρουσία σημαντικού αριθμού κυψελίδων αέρα στο εσωτερικό ενός υλικού έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μικρού φαινομένου βάρους, που είναι ένα δεύτερο κοινό χαρακτηριστικό των θερμομονωτικών υλικών.

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός υλικού επηρεάζονται από τη θερμοκρασία και την υγρασία. Ειδικά η υγρασία αποτελεί σημαντικό πρόβλημα γιατί, εκτοπίζοντας τον αέρα, μπορεί να γεμίσει του πόρους του μονωτικού υλικού, καταστρέφοντας έτσι, προσωρινά ή οριστικά, τις μονωτικές του ιδιότητες. Βέβαια, δεν αποτελεί ρεαλιστική λύση η αναζήτηση αδιάβροχων μονωτικών υλικών. Τις περισσότερες φορές αρκεί η χρήση υλικών που δεν εμφανίζουν έντονη τάση απορρόφησης νερού (υγροσκοπικότητα) ή χρησιμοποιούνται κατασκευαστικές λύσεις που εξασφαλίζουν την προστασία των μονωτικών υλικών από την υγρασία (υγρομόνωση).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν και άλλες ιδιότητες των μονωτικών υλικών, όπως η μηχανική αντοχή (σε θλιπτικά φορτία), η σταθερότητα του όγκου τους, η ανθεκτικότητά τους στις μεταβολές της θερμοκρασίας (ιδίως όταν γίνεται παράλληλη προσπάθεια πυροπροστασίας) και η διάρκεια ζωής τους. Το θέμα της αντοχής τους σε φορτία, ειδικά, πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στην περίπτωση που το θερμομονωτικό δομικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της οικοδομής (π.χ. θερμομονωτικά τούβλα).

Ακόμα, πρέπει να τονιστεί ότι η εκλογή ενός θερμομονωτικού υλικού σχετίζεται άμεσα και με παράγοντες που δεν περιλαμβάνονται στις φυσικές τους ιδιότητες, όπως το κόστος που απαιτείται για την αγορά του, η επάρκειά του στην αγορά, καθώς επίσης οι δυνατότητες μεταφοράς και σωστής τοποθέτησής του. Τα περισσότερα γνωστά μονωτικά και, ασφαλώς, το σύνολο όσων αναφέρονται στις θερμομονώσεις κτιρίων χαρακτηρίζονται από μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, που εύκολα βρίσκεται στους πίνακες τεχνικών εγχειριδίων ή στα ενημερωτικά φυλλάδια των κατασκευαστών (βλέπε Πίνακα 1 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α).

Είναι όμως λάθος να χρησιμοποιείται ένα μονωτικό υλικό σε θερμοκρασία πάνω από 60°C (βιομηχανία, δίκτυα θέρμανσης, μόνωση λεβήτων κ.λπ.) ή κάτω από 0°C (ψυκτικές εγκαταστάσεις), χωρίς να εξεταστεί η ειδική συμπεριφορά του για κάθε περίπτωση. Κατά τη χρήση θερμομονωτικών υλικών στις οριακές τους θερμοκρασίες παρατηρείται αλλοίωση της υφής των υλικών, θραύση των κυψελών αέρα, συρρίκνωση των ινών και μείωση της θερμικής τους αντίστασης.

Τα μονωτικά υλικά χαρακτηρίζονται ως:

1. Ανόργανα ή οργανικά ανάλογα με την προέλευση και τη σύστασή τους.
2. Φυσικής προέλευσης ή τεχνητά, ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας που υφίστανται πριν διατεθούν στην κατανάλωση
3. Ανοικτών ή κλειστών κυψελών ή πόρων αέρα.
4. Μεγάλου ή μικρού φαινομένου βάρους, δηλ. διακρίνονται σε βαριά (π.χ. ελαφρό σκυρόδεμα φαινομένου ειδικού βάρους από 400 μέχρι 800 kg/m³) και σε ελαφρά (π.χ. υαλοβάμβακας φαινομένου ειδικού βάρους 120 kg/m³).

Τα θερμομονωτικά υλικά, ανάλογα με την ανόργανη ή οργανική προέλευσή τους και την επεξεργασία που υφίστανται πριν από τη χρήση τους, διαχωρίζονται κατά τον τρόπο που φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Διαχωρισμός των θερμομονωτικών υλικών ανάλογα με την προέλευση και την επεξεργασία που υφίστανται

Τύποι Θερμομονωτικών Υλικών	Υλικά
Ανόργανα φυσικά	Αμίαντος, κίσηρης
Ανόργανα τεχνητά	Βερμικουλίτης, υαλοβάμβακας, σκωριόμαλλο, περλίτης, κυψελοειδές γυαλί, μονωτικά τούβλα, ορυκτοβάμβακας
Οργανικά φυσικά	Φυσικός φελλός, πλάκες τύρφης, καλάμια, πλάκες αχύρου, γιούτα
Οργανικά τεχνητά	Επεξεργασμένος φελλός, διογκωμένος φελλός, ξυλόμαλλο, καουτσούκ, συνθετικά πλαστικά, πολυουρεθάνη, πολυστερίνη, PVC, φαινολικά μονωτικά
Σκυροδέματα φυσικά	Κισσηρόδεμα, σκωριόδεμα, αμιαντοσκυροδέμα
Σκυροδέματα τεχνητά	Αερομπετόν, κυψελομπετόν

3.2. Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων – Κατασκευαστικές λύσεις

Πριν καταφύγει κανείς σε οποιοσδήποτε βοηθητικές οικοδομικές κατασκευές για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών πρέπει, κατά το σχεδιασμό, να έχει υπόψη του τους βασικότερους παράγοντες που τις προκαλούν κυρίως. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

- Ο προσανατολισμός και η θέση του κτιρίου μέσα στον περιβάλλοντα χώρο. Έτσι όσο περισσότερο εκτεθειμένο είναι ένα κτίριο στους ανέμους τόσο μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας εμφανίζει. Επίσης όσο περισσότερο προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία τόσο οι απώλειες ψύξης των εσωτερικών χώρων του είναι μεγαλύτερες.
- Το μέγεθος των επιφανειών του εξωτερικού περιβλήματος, του φλοιού δηλαδή του κτιρίου, που είναι άμεσα εκτεθειμένος στις καιρικές συνθήκες, σε συνάρτηση με τον όγκο του (V), καθορίζουν το συντελεστή θερμοπερατότητας (k_m - βλέπε κεφάλαιο 2). Ένα ελεύθερο στο χώρο κτίριο εμφανίζει πολύ μεγαλύτερες απώλειες από ένα άλλο που είναι ενταγμένο σε ένα συνεχές σύστημα δόμησης.
- Το πόσο εκτεθειμένοι στο ύπαιθρο είναι οι διάφοροι χώροι του κτιρίου. Χώροι τελείως εσωτερικοί θεωρείται ότι δεν παρουσιάζουν καμία θερμική μεταβολή. Αντίθετα, χώροι που εκτείνονται σε δύο ή περισσότερους ορόφους, όπως για παράδειγμα τα κλιμακοστάσια, παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες.
- Τα εξωτερικά κουφώματα, τα οποία, ανάλογα με το μέγεθος, τον αριθμό και τη θέση τους στις όψεις ενός κτιρίου, επηρεάζουν τη ροή της θερμότητας. Τα μεγάλα παράθυρα αυξάνουν σημαντικά τις απώλειες, αφού η κακή προσαρμογή τόσο αυτών με τις υπόλοιπες κατασκευές, όσο και των στοιχείων που τα συγκροτούν (φύλλα, υαλοπίνακες) μεταξύ τους, επιτρέπει τη διείσδυση ρευμάτων αέρα με συνέπειες δυσάρεστες, που δύσκολα αντιμετωπίζονται (infiltration).

Η μελέτη θερμομόνωσης, αν και αρκετά απλή, είναι κυρίως αντικείμενο του μηχανολόγου-μηχανικού, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο πολιτικός μηχανικός και ο αρχιτέκτονας πρέπει να αγνοούν τις βασικές αρχές της θερμομόνωσης. Αντίθετα, μάλιστα, πρέπει να κατέχουν το θέμα αρκετά καλά, ώστε να είναι σε θέση να κατανοούν τη σκοπιμότητά του και την ανάγκη σωστής αντιμετώπισής του, τόσο κατά το σχεδιασμό ενός έργου, όσο και κατά την επίβλεψη της κατασκευής του. Άλλωστε, από τότε που άρχισε να εφαρμόζεται ο σχετικός κανονισμός, αυτό είναι και υποχρεωτικό, το ίδιο όπως συμβαίνει και για κάθε άλλο κανονισμό που διέπει σήμερα τις κτιριακές κατασκευές στη χώρα μας (ΓΟΚ, Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος κ.λπ.).

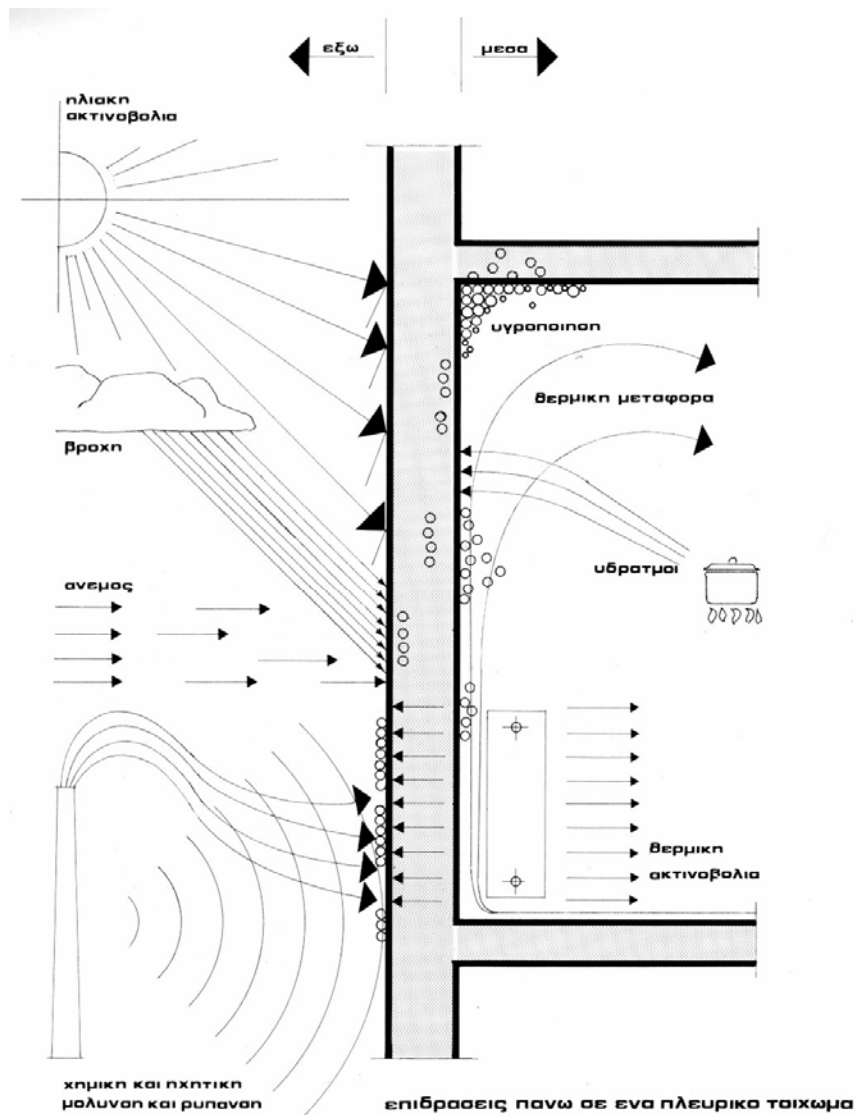
Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτιριακού έργου πρέπει να εκτελείται με ορισμένες προϋποθέσεις που τις καθορίζουν:

- η μελέτη θερμομόνωσης,
 - η θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευτεί
- και
- η θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στο σύνθετο δομικό στοιχείο (εσωτερικά ή εξωτερικά).

Το θέμα της θερμομόνωσης, όμως, δεν πρέπει να εξετάζεται ανεξάρτητα από αυτό της υγραπροστασίας.

Τα περισσότερο ευπαθή σημεία ενός κτιριακού κελύφους, που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία, είναι οι επικαλύψεις (δώματα και στέγες) στην εξωτερική τοιχοποιία, το δάπεδο του υπογείου, η οροφή της πιλοτής και, τέλος, τα εξωτερικά κουφώματα. Ακόμα μονώνονται οι εγκαταστάσεις και οι αγωγοί του κτιρίου.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2) παρουσιάζονται οι κυριότερες επιδράσεις στις οποίες υπόκειται ένα πλευρικό τοίχωμα στο εξωτερικό και το εσωτερικό ενός κτιρίου. Στα σχήματα του Παραρτήματος Β παρουσιάζονται ενδεικτικά σχηματικά ή φωτογραφικά ορισμένες κατασκευαστικές λύσεις (διαδοχή στρώσεων και υλικών) θερμομόνωσης δομικών στοιχείων.



Σχήμα 2. Οι επιδράσεις που δέχεται ένα πλευρικό τοίχωμα εσωτερικά και εξωτερικά

4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

4.1. Επίλυση του προβλήματος της θερμομόνωσης

Ο στόχος της θερμομόνωσης των κτιρίων είναι:

- η εξοικονόμηση ενέργειας,
- η δημιουργία της θερμοκρασίας που εξασφαλίζει θερμική άνεση,
- η αποφυγή μεγάλων θερμικών συστολών και διαστολών των δομικών στοιχείων και
- η αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών μέσα στο δομικό στοιχείο.

Για την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής θερμομόνωσης ακολουθούνται οι εξής διαδικασίες:

1. Προσδιορισμός και αξιολόγηση της θερμικής συμπεριφοράς του δομικού στοιχείου, δηλαδή:
 - των $1/\Lambda$ και k των δομικών στοιχείων, του $k_{m(W+F)}$ της εξωτερικής επιφάνειας ορόφου και του k_m της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου,
 - των θερμικών απωλειών Q ενός δομικού στοιχείου,
 - της θερμοκρασίας των διαδοχικών στρώσεων (σε περίπτωση σύνθετου στοιχείου),
 - της θερμοκρασίας της εσωτερικής επιφάνειας, προκειμένου να αξιολογηθεί ο βαθμός θερμομόνωσης και άνεσης, και
 - των αλλαγών που προκαλούνται στο μήκος, λόγω των θερμοκρασιακών αλλαγών.
2. Προσδιορισμός και αξιολόγηση της συμπεριφοράς του δομικού στοιχείου κατά την ύπαρξη υδρατμών από τους εσωτερικούς χώρους, δηλαδή:
 - προσδιορισμός και αξιολόγηση της επιφανειακής συμπύκνωσης (δρόσος) και
 - εκτίμηση της πιθανότητας συμπύκνωσης υδρατμών στον πυρήνα του δομικού στοιχείου και των αποδεχόμενων ορίων της.

4.2. Προσδιορισμός της θερμικής συμπεριφοράς δομικού στοιχείου

Η θερμοδιαφυγή Λ (βλ. Πίνακα 1) μέσα από ένα δομικό στοιχείο εκτιμάται ως εξής:

$$\Lambda = \lambda/d \quad (1)$$

όπου λείναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και d το πάχος του υλικού σε μέτρα. Αντίστοιχα, η αντίσταση θερμοδιαφυγής R υπολογίζεται ως:

$$R = 1/\Lambda = d/\lambda \quad (2)$$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας k , λαμβάνονται υπόψιν και οι αντιστάσεις της θερμικής μετάβασης $1/\alpha_a$ και $1/\alpha_i$ της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας του δομικού στοιχείου, αντίστοιχα, δηλαδή:

$$k = (1/\alpha_i + 1/\Lambda + 1/\alpha_a)^{-1} \quad (3)$$

όπου:

- α_a : Η αντίσταση θερμικής μετάβασης της εξωτερικής επιφάνειας.
 α_i : Η αντίσταση θερμικής μετάβασης της εσωτερικής επιφάνειας.

Τέλος, για τον υπολογισμό της αντίστασης θερμοπερατότητας $1/k$, η προηγούμενη σχέση γράφεται:

$$1/k = 1/\alpha_i + 1/\Lambda + 1/\alpha_a \quad \text{ή} \quad R_o = R_i + \Sigma_R + R_a \quad (3.a)$$

όπου: $R_o = 1/k$, $1/\alpha_i = R_i$, $1/\alpha_a = R_a$ και $\Sigma_R = d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \dots + d_n/\lambda_n$, όταν υπάρχουν παραπάνω από μία στρώσεις υλικών 1,2,..., n.

Η αντίσταση θερμοπερατότητας ($1/k$) χρησιμοποιείται προκειμένου να καθοριστεί η διαδρομή της θερμότητας μέσα στο δομικό στοιχείο. Στην περίπτωση ύπαρξης μικτών δομικών στοιχείων, χρησιμοποιείται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας k_m :

$$k_m = (F_1 \cdot k_1 + F_2 \cdot k_2 + \dots + F_n \cdot k_n) / F_{\text{συνολ}} \quad (4)$$

όπου F και k , αντίστοιχα, υποδηλώνουν την επιφάνεια και το συντελεστή θερμοπερατότητας των διαφορετικών δομικών στοιχείων.

Η επιφάνεια του κτιριακού περιβλήματος, από όπου προκαλούνται συνήθως οι θερμικές ανταλλαγές, είναι:

$$F = F_W + F_F + F_D + F_G + F_{DL} \quad (5)$$

όπου:

- F_W : Επιφάνεια εξωτερικών τοιχωμάτων.
- F_F : Επιφάνεια ανοιγμάτων (παράθυρα, πόρτες, μπαλκονόπορτες).
- F_D : Επιφάνεια οροφής που διαχωρίζει χώρους διαμονής προς τα πάνω από την εξωτερική ατμόσφαιρα - θερμομονωμένη στέγη ή επιφάνεια οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.
- F_G : Επιφάνεια δαπέδου, εάν δεν συνορεύει με τον εξωτερικό αέρα (εάν πρόκειται για μη κατοικημένο υπόγειο, όπου ως F_G θεωρείται η επιφάνεια οροφής του υπογείου).
- F_{DL} : Επιφάνεια οροφής που διαχωρίζει χώρους διαμονής προς τα κάτω από τον εξωτερικό αέρα (δάπεδο πάνω από πιλοτές).

Για να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας μόνο για την εξωτερική τοιχοποιία ενός ορόφου χρησιμοποιείται η σχέση:

$$k_{m(W+F)} = (k_w \cdot F_w + k_f \cdot F_f) / (F_w + F_f) \quad (6)$$

όπου, σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό θερμομόνωσης (ΠΔ362/79), πρέπει $k_{m(W+F)} \leq 1.6$. Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για όλο το εξωτερικό κτιριακό περίβλημα, υπολογίζεται ως εξής:

$$k_m = (k_w \cdot F_w + k_f \cdot F_f + 0.8 k_D \cdot F_D + 0.5 k_G \cdot F_G + k_{DL} \cdot F_{DL}) / F \quad (7)$$

όπου οι διάφορες επιφάνειες F_W , F_F , F_D , F_G , F_{DL} καθορίστηκαν προηγούμενα και k_w , k_f , k_D , k_{DL} , k_G είναι οι αντίστοιχοι συντελεστές θερμοπερατότητας.

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας k_m εκτιμάται από τις απώλειες θερμότητας Q_T σε kcal/h ή W ανά 1 m^2 της εξωτερικής επιφανείας του κτιρίου και ανά βαθμό διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα (βλ. Πίνακα 1):

$$k_m = Q_T / F \cdot \Delta T \quad (8)$$

Η μέγιστη τιμή του συντελεστή k_m καθορίζεται κάθε φορά σε σχέση με την κλιματική ζώνη και τη μορφή του κτιρίου, η οποία εκφράζεται από το λόγο F/V , όπου F η συνολική επιφάνεια περιβλήματος και V ο όγκος του κτιρίου. Στην περίπτωση σύνθετου δομικού στοιχείου, μπορεί να υπολογιστεί και η μέση τιμή της θερμοδιαφυγής του Λ_m , ως εξής:

$$\Lambda_m = \alpha_1 \cdot \Lambda_1 + \alpha_2 \cdot \Lambda_2 + \dots + \alpha_n \cdot \Lambda_n \quad (9)$$

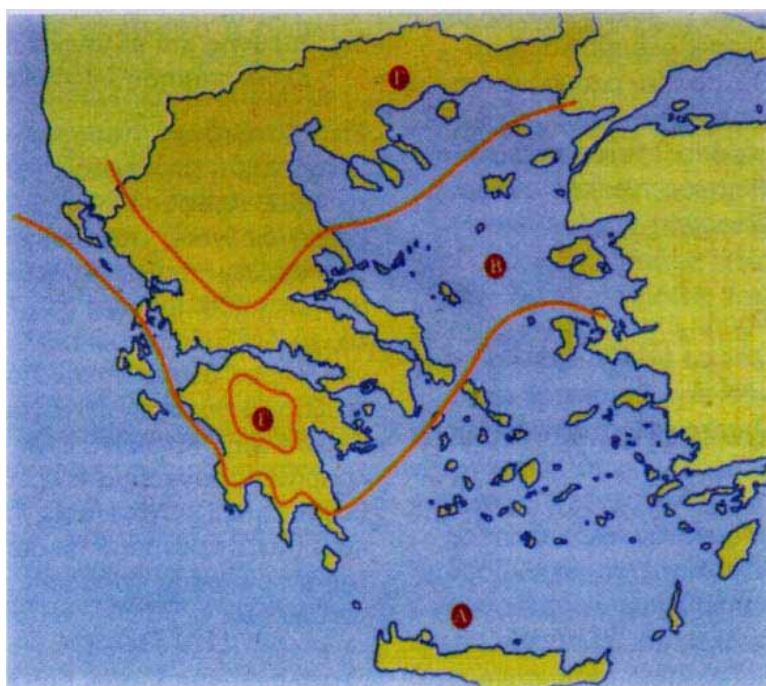
όπου $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n$ είναι η εκατοστιαία αναλογία συμμετοχής των διαφορετικών κατασκευαστικών στοιχείων στη συνολική διατομή του δομικού στοιχείου, δηλαδή: $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 100\%$.

4.3. Απαιτητή θερμομόνωση κτιρίων

4.3.1. Επιθυμητή θερμοκρασία χώρων και θερμικές ζώνες της Ελλάδας

Η απαιτούμενη για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης θερμοκρασία των διάφορων χώρων παρουσιάζεται στον Πίνακα 2 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α. Οι θερμοκρασίες ειδικών κατηγοριών κτιρίων (θεάτρων, εργοστασίων, νοσοκομείων, εκκλησιών κ.λπ.) καθορίζονται μετά από μελέτη των ειδικών συνθηκών και απαιτήσεων κατά περίπτωση.

Από την άλλη, η Ελλάδα παρουσιάζει μια ποικιλία κλίματος και αυτός είναι ο λόγος που, σύμφωνα με το Κανονισμό Θερμομόνωσης, χωρίζεται σε τρεις κλιματικές ζώνες (βλέπε χάρτη στο Σχήμα 3). Η ζώνη Α χαρακτηρίζεται από ήπιο κλίμα και τα κτίρια που βρίσκονται σε αυτήν έχουν μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη και λιγότερες σε θέρμανση. Τα κτίρια της ζώνης Β έχουν περίπου ίδιες ανάγκες σε ψύξη και θέρμανση, ενώ της κτίρια της ζώνης Γ έχουν πολύ μικρές ανάγκες σε ψύξη και πολύ μεγάλες σε θέρμανση.



Σχήμα 3. Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδος

Κατά το σχεδιασμό της θερμομόνωσης 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. Εξάλλου, οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας αναμένεται να αναμορφωθούν σύντομα, προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα νεώτερων μελετών.

4.3.2. Παραδοχές θερμοκρασιών χώρων στους υπολογισμούς των απωλειών

Στο συνεχές σύστημα δόμησης και σε όσα τμήματα κτιρίων βρίσκονται σε επαφή, σαν θερμοκρασία του γειτονικού κτιρίου, εφόσον αυτό, θερμαίνεται με κεντρική θέρμανση, λαμβάνεται η θερμοκρασία των 15° C, ενώ όταν αυτό δε θερμαίνεται, για τη ζώνη Α θεωρούνται ως θερμοκρασία οι +10° C, για τη ζώνη Β οι +7° C και για τη ζώνη Γ οι +3° C.

Ως χώροι που δεν θερμαίνονται θεωρούνται χώροι που η θερμοκρασία τους δεν ανταποκρίνεται στις τιμές του πίνακα Πίνακα 2 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α. Επαγγελματικοί χώροι που η θερμοκρασία τους περιοδικά και για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα του εικοσιτετραώρου κατεβαίνει κάτω από τους 15° C θεωρούνται, επίσης, μη θερμαινόμενοι για τους γειτονικούς χώρους. Στους υπολογισμούς η θερμοκρασία τους λαμβάνεται όπως φαίνεται παραπάνω για τις 3 ζώνες.

Ως θερμοκρασία χώρου κάτω από μια επικλινή στέγη που δεν μονώθηκε (κεραμοσκεπής ή με φύλλα αμιάντου) θεωρείται η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία αυξημένη κατά 3° C. Ως θερμοκρασία ημιυπόγειων ή υπόγειων χώρων με πόρτες και παράθυρα προς τον εξωτερικό χώρο, στις αντίστοιχες ζώνες, λαμβάνονται οι τιμές που αναφέρθηκαν παραπάνω για κάθε ζώνη ξεχωριστά. Τέλος για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών προς το έδαφος χώρων σε επαφή με αυτό, θεωρείται ως θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου και εδάφους (ΔT) το μισό της διαφοράς της θερμοκρασίας του χώρου από τη μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία.

4.3.3. Καθορισμός ορίων θερμικών απωλειών δομικών στοιχείων και κτιρίων

Τα μέγιστα όρια των θερμικών απωλειών στα δομικά στοιχεία, εκφρασμένα με το συντελεστή θερμοπερατότητάς τους, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α. Επειδή η εκπλήρωση των προϋποθέσεων θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων δεν εξασφαλίζει την ορθολογική θερμομόνωση σε όλο το κτίριο, ελέγχονται ακόμα δύο συντελεστές θερμοπερατότητας, που περιλαμβάνουν και τη θερμοπερατότητα των ανοιγμάτων. Αυτοί είναι:

- Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας $k_{m(W+F)}$ της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου ανά όροφο, που δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 1.6 kcal /m²h° C. Από αυτό προκύπτει το βασικό συμπέρασμα ότι, για να εκπληρώνεται η απαίτηση $k_{m(W+F)} \leq 1.6$, πρέπει η αναλογία ανοιγμάτων να μην περνά θεωρητικά το 35.5% για $k_w=0$ και, πρακτικά, η αναλογία αυτή να μην ξεπερνά το 30% για $k_w=0.4$.
- Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρης της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου k_m , που πρέπει να κυμαίνεται στα όρια του Πίνακα 4 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α, ανάλογα με την κλιματική ζώνη που βρίσκεται το κτίριο.

Ο έλεγχος του αν σε ένα κτίριο εκπληρώνονται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης, γίνεται με τους συντελεστές θερμοπερατότητας k , $k_{m(W+F)}$, k_m που προαναφέρθηκαν, και με χρήση των σχέσεων (1) έως (9) αυτού του κεφαλαίου. Στον Πίνακα 5 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α δίνονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους.

Ειδικότερα, συγκρίνοντας τις τιμές των συντελεστών k , $k_{m(W+F)}$, k_m του ελληνικού και του γερμανικού κανονισμού θερμομόνωσης, προκύπτει ότι :

- I. Οι τιμές του k των εξωτερικών τοίχων και του δώματος στον ελληνικό κανονισμό είναι λίγο αυστηρότερες από τις αντίστοιχες τιμές που ισχύουν σήμερα, αλλά υπολείπονται των τιμών που προβλέπεται να ισχύσουν μελλοντικά στη Γερμανία. Αντίθετα, στα παράθυρα, η τιμή k των Γερμανικών προδιαγραφών είναι σημαντικά αυστηρότερη.
- II. Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας και των ανοιγμάτων ενός ορόφου έχει ακριβώς τον ίδιο περιορισμό: $k_{m(W+F)} \leq 1.6 \text{ kcal/m}^2\text{h } ^\circ\text{C}$.
- III. Ο προτεινόμενος συντελεστής k_m για ολόκληρο το περίβλημα του κτιρίου, για τη ζώνη B, συμπίπτει με τον κανονισμό της Γερμανίας.

Λαμβάνοντας υπόψη το σημαντικά ηπιότερο ελληνικό χειμώνα, το συμπέρασμα θα ήταν πως οι συντελεστές που έχουν καθιερωθεί για τη χώρα μας είναι αυστηροί. Το γεγονός, όμως ότι:

- προβλέπεται συνεχής αύξηση της κατανάλωσης και της τιμής της ενέργειας
- μεταγενέστερη νέα αύξηση της μόνωσης είναι δύσκολη, δαπανηρή και συχνά αδύνατη, καθώς και
- η επιπλέον αύξηση της μόνωσης επιβαρύνει ουσιαστικά μόνο τον παράγοντα υλικό και όχι εργασία,

συμπεραίνεται ότι σωστά καθιερώθηκαν τέτοιοι συντελεστές.

4.4. Συμβολή της θερμομόνωσης κατά την καλοκαιρινή περίοδο

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής $1/\Lambda$ δεν αρκεί για την περιγραφή της θερμικής συμπεριφοράς ενός δομικού στοιχείου στην περίπτωση επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς τότε παίζει σημαντικό ρόλο και η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου. Στη θερμική συμπεριφορά των υλικών επιδρούν - εκτός από το πάχος και τη θερμοαγωγιμότητα τους - το βάρος και η ειδική τους θερμότητα, η διαδοχή των στρώσεων, καθώς και η απορροφητικότητα και η εκπεμπτικότητα των επιφανειών των δομικών στοιχείων. Η ηλιακή ακτινοβολία στο κτιριακό περίβλημα ποικίλλει ανάλογα με την ώρα, την εποχή, τη νέφωση, τον προσανατολισμό και την κλίση της στέγης του κτιρίου.

Κατά τη θερινή περίοδο, η θερμική προστασία επηρεάζεται από τις ιδιότητες των εξωτερικών δομικών στοιχείων, καθώς και από το μέγεθος των παραθύρων, τη σκίαση, τις θερμικές πηγές του κτιρίου, τη θερμοχωρητικότητα των εσωτερικών τοίχων και πατωμάτων και τον εξοπλισμό των χώρων. Όλα τα παραπάνω επιδρούν στη θερμική κατάσταση όσο διαρκεί η ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, η οικονομική επιβάρυνση για την απομάκρυνση των θερμικών κερδών είναι σημαντική, καθώς η ψύξη κοστίζει δεκάδες φορές ακριβότερα από την θέρμανση. Αντίθετα, κατά τη χειμερινή περίοδο, η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία εξασφαλίζεται, χωρίς μεγάλες απώλειες ενέργειας, μέσω της ρύθμισης της εγκατάστασης για τη θέρμανση των χώρων και της ύπαρξης μελετημένης θερμομόνωσης.

Στο εσωτερικό ενός κτιρίου μπορεί να δημιουργηθούν θερμοκρασίες που κυμαίνονται περιοδικά γύρω από μια σχετικά υψηλή μέση τιμή, καθώς παράγεται μεγαλύτερο ποσόν θερμότητας από αυτό που δικαιολογείται από τη διαφορά θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων και του εξωτερικού αέρα. Αυτό συμβαίνει επειδή η μη ανακλώμενη ακτινοβολία - το μέγεθος της οποίας καθορίζεται ανάλογα με το χρώμα και την υφή της επιφάνειας του κτιρίου - απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμότητα, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη θερμοκρασία της εξωτερικής πλευράς των

τοιχών και της στέγης.

Η μέγιστη θερμοκρασία δημιουργείται στην εσωτερική επιφάνεια, καθώς οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις της εξωτερικής επιφανείας μεταδίδονται μέσα στο δομικό στοιχείο με μειωμένη διακύμανση και με χρονική μετατόπιση των φάσεων, που ποικίλλει ανάλογα με τη σύνθεση του στοιχείου. Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφανείας επηρεάζει, στη συνέχεια, και τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων του κτιρίου. Η μετατόπιση των φάσεων είναι ανάλογη με το μέγεθος της θερμοχωρητικότητας και αντιστρόφως ανάλογη με το μέγεθος του συντελεστή απορροφητικότητας των εξωτερικών δομικών στοιχείων.

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι:

- Η αποβολή της αποθηκευμένης θερμότητας από μη μονωμένο τοίχο, για να κατέβει η θερμοκρασία του τοίχου στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, διαρκεί 4 περίπου ώρες, ενώ από μονωμένο διαρκεί μία ώρα, σε μη κλιματιζόμενες οικοδομές.
- Στις κλιματιζόμενες οικοδομές, όπου απαιτείται η μόνωση, ο μη μονωμένος τοίχος έχει 2.5 φορές περισσότερες ψυκτικές απώλειες από το μονωμένο. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη και το κόστος της ψύξης σε σχέση με αυτό της θέρμανσης, η επιτυγχάνομενη εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντική.
- Τέλος, μεγάλο ρόλο παίζει και η σκίαση για τον περιορισμό του ψυκτικού φορτίου που απαιτείται κατά τη θερινή περίοδο. Η σκίαση επιτυγχάνεται με μέσα όπως τέντες, ρολά, ειδικές κατασκευές, κινητές ή ακίνητες, με περσίδες ή/και δέντρα.

4.5. Θερμομόνωση και οικονομία

4.5.1. Επιλογή της κατάλληλης θερμομόνωσης

Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, οι θερμικές απώλειες από τον εσωτερικό προς τον ψυχρό εξωτερικό αέρα μπορούν μόνο να επιβραδυνθούν και όχι να αποκλειστούν, ενώ είναι απαραίτητη η αναπλήρωσή τους με τεχνητή παραγωγή - προσαγωγή θερμότητας σε κάθε χώρο. Το αναγκαίο ποσό θερμότητας για τη θέρμανση του κτιρίου υπολογίζεται από το σύνολο όλων των απωλειών και καθορίζεται από:

- το κλίμα της περιοχής,
- τον προσανατολισμό του κτιρίου,
- την αναλογία μεταξύ όγκου και εξωτερικής κτιριακής επιφάνειας,
- τη θερμοπερατότητα των εξωτερικών δομικών στοιχείων, καθώς και
- τον τρόπο λειτουργίας και τη δυνατότητα ρύθμισης της εγκατάστασης θέρμανσης.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι αποφασιστικής σημασίας και παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό, ειδικά όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου είναι μεγάλη.

Η θερμομόνωση του εξωτερικού κτιριακού περιβλήματος ή η αύξηση της ήδη υπάρχουσας θερμομόνωσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους κατασκευής. Η αύξηση αυτή εξετάζεται κυρίως σε σύγκριση με τη μείωση του κόστους θέρμανσης που προκύπτει λόγω της θερμομόνωσης. Η αύξηση ή η ύπαρξη της θερμομόνωσης, για να συμφέρει οικονομικά, θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον τους τόκους και την απόσβεση της πρόσθετης κατασκευαστικής δαπάνης. Στην περίπτωση που το κόστος της θέρμανσης είναι μικρότερο μετά την απόσβεση της πρόσθετης δαπάνης, η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται είναι συνεχής.

Στατιστικά, αναφέρεται ότι:

- Το αρχικό κόστος της εγκατάστασης ενός συστήματος θέρμανσης μειώνεται με τη θερμομόνωση. Σε μια πολυκατοικία είναι δυνατή εξοικονόμηση έως 17.5%.
- Σε συνηθισμένες πολυκατοικίες, με μια αύξηση 3% των κτιριακών δαπανών για θερμομόνωση, επιτυγχάνεται 30% εξοικονόμηση στα καύσιμα και ο χρόνος απόσβεσης της επιπλέον δαπάνης υπολογίζεται σε 4 έως 8 χρόνια.
- Η επιπλέον αυτή δαπάνη δεν πρέπει να είναι περισσότερο από το 5% της συνολικής και τα αποτελέσματα σε εξοικονόμηση ενέργειας είναι αξιόλογα, λαμβάνοντας υπόψη τα σημερινά οικονομικά δεδομένα,. Μελλοντική αύξηση της τιμής των καυσίμων θα έχει ως αποτέλεσμα την υποχρεωτική αύξηση της επένδυσης για θερμομόνωση.
- Στην περίπτωση κτιρίου που δεν είναι καλά θερμομονωμένο, τα έξοδα της θέρμανσης υπερβαίνουν τα έξοδα κατασκευής, μετά την πάροδο μερικών δεκαετιών.

4.5.2. Κριτήρια επιλογής

Το πρόβλημα επιλογής της θερμομόνωσης πρέπει να αντιμετωπιστεί κατ' αρχήν από τεχνικής άποψης. Μετά την επιλογή των κατασκευαστικών λύσεων που καλύπτουν τις τεχνικές προδιαγραφές του κτιρίου, γίνεται η επιλογή με οικονομικά κριτήρια της καλύτερης λύσης, κυρίως με βάση, το συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα και το ετήσιο κόστος λειτουργίας – απόσβεσης. Χρήσιμα στοιχεία για την επιλογή αποτελούν ο χρόνος απόσβεσης και το βέλτιστο πάχος του θερμομονωτικού υλικού.

Για τη σύγκριση των διατιθέμενων λύσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εκτιμήσεις:

- Του συνολικού οικονομικού αποτελέσματος, με παραδοχή ενός σταθερού επιτοκίου και ενός χρόνου ζωής του οικοδομικού έργου. Ο υπολογισμός γίνεται με τη μέθοδο της παρούσας αξίας, δηλαδή το ολικό οικονομικό αποτέλεσμα που προκύπτει στη διάρκεια της ζωής του κτιρίου, ανηγμένο σε σημερινή αξία.
- Του ετήσιου κόστους λειτουργίας-απόσβεσης του έργου, που προκύπτει εάν υπολογιστεί το τοκοχρεολύσιο της παρούσας αξίας στα προηγούμενα αποτελέσματα.
- Του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης της πρόσθετης δαπάνης. Αυτός αποτελεί μια ενδιαφέρουσα ένδειξη για τον επενδυτή.

Ως σημείο αναφοράς θεωρείται μια βασική κατασκευαστική λύση και ως ποσόν προς απόσβεση η επιπλέον δαπάνη πέρα από το κόστος της βασικής λύσης. Για να επιτευχθεί η εν λόγω απόσβεση απαιτείται μείωση του κόστους λειτουργίας της εγκατάστασης, υπό την παραδοχή ενός σταθερού επιτοκίου. Τέλος, το βέλτιστο πάχος του θερμομονωτικού υλικού αποτελεί απαραίτητο οικονομικό δείκτη, εφόσον η μελέτη έχει καταλήξει στη χρήση ενός συγκεκριμένου μονωτικού υλικού, και υπολογίζεται με την χρήση γραφημάτων ή πινάκων είτε αναλυτικά.

5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

Η θερμομόνωση στη βιομηχανία και τα κτίρια χρησιμοποιείται για τη μείωση των θερμικών απωλειών του κελύφους των βιομηχανικών κτιρίων, τη μόνωση των στοιχείων της παραγωγής ή ολόκληρων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (δεξαμενές, σωληνώσεις νερού ή ατμού κ.ά.) και, ακόμη, τοποθετείται σε παραγόμενα προϊόντα όπως ηλεκτρικές κουζίνες, ψυγεία, θερμοσίφωνες κ.ά.

Για τα κτίρια που στεγάζουν βιομηχανικές μονάδες ισχύουν όλα όσα έχουν ήδη αναφερθεί για τα κτίρια γενικά, με την προσθήκη ότι αρκετές φορές υφίστανται ειδικές

τοπικές απαιτήσεις που αναγκάζουν το μελετητή-μηχανικό να αυξήσει το πάχος της θερμομόνωσης ή μπορεί να προκύψουν οικονομικοί περιορισμοί, κυρίως λόγω των μεγάλων όγκων των χώρων. Οι τελευταίοι αυτοί οικονομικοί περιορισμοί έχουν ως αποτέλεσμα την αναγκαστική αποδοχή υψηλών συντελεστών θερμοπερατότητας για τις συγκεκριμένες εφαρμογές.

Στις βιομηχανικές μονώσεις το πρόβλημα της θερμομόνωσης παρουσιάζει αρκετές ιδιομορφίες και επιλύεται συνήθως με την εκλογή του οικονομικότερου πάχους μόνωσης σαν αποτέλεσμα του συνδυασμού τεχνικών απαιτήσεων και οικονομικών περιορισμών. Βασικό στοιχείο των υπολογισμών αποτελεί το ύψος των απωλειών θερμότητας στη συγκεκριμένη επιφάνεια που πρόκειται να μονωθεί.

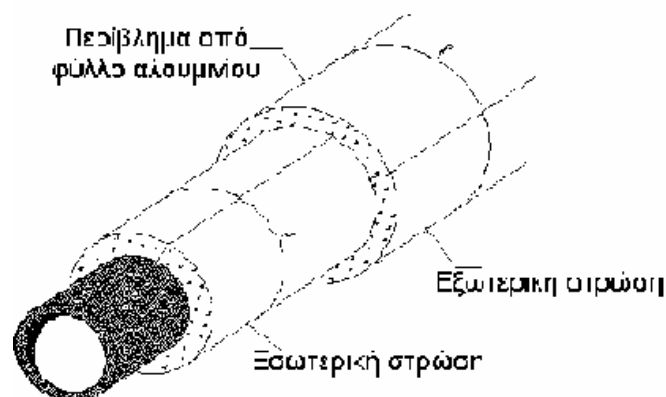
Η μόνωση στις σωληνώσεις της θερμικής εγκατάστασης ενός κτιρίου μειώνει τις απώλειες θερμότητας σ' αυτές και παρέχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα στην ορθή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης, όπως:

- Εξοικονόμηση ενέργειας θέρμανσης του νερού, μειώνοντας το ρυθμό με τον οποίο χάνεται η θερμότητα του υδραυλικού συστήματος.
- Μείωση των πιθανοτήτων δημιουργίας παγετού από το νερό στο σύστημα του νερού τροφοδοσίας, άρα και θραύσης των σωλήνων.
- Μείωση της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για να φτάσει το νερό στην επιθυμητή θερμοκρασία, λόγω της μεγαλύτερης θερμοκρασίας, που έχει το νερό τροφοδοσίας, όταν εισέρχεται στο θερμοσίφωνα ή στο λέβητα.

Στις εγκαταστάσεις κλιματισμού με ψυχρό αέρα, τα δίκτυα των αγωγών τροφοδότησης των ψυκτικών στοιχείων, είτε αυτά λειτουργούν ενιαία για ψύξη και θέρμανση, είτε ανεξάρτητα μόνο για ψύξη ή μόνο για θέρμανση, πρέπει να μονώνονται κατάλληλα. Για όλους τους πιο πάνω λόγους, η μόνωση των σωληνώσεων και των δεξαμενών, που γίνεται με περιορισμένη αρχική δαπάνη σε υλικά και εργασία, μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας.

5.1. Η μόνωση των σωλήνων

Υλικά μόνωσης σωλήνων είναι ο υαλοβάμβακας, η πολυουρεθάνη, το πυριτικό ασβέστιο, ο ορυκτοβάμβακας και το κυπελοειδές γυαλί. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται μια τυπική διάταξη των στρώσεων των μονωτικών υλικών πάνω στο σωλήνα.



Σχήμα 4. Τυπική μορφή μόνωσης σωλήνα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3) δίνεται το ελάχιστο πάχος μόνωσης, ανάλογα με την ονομαστική διάμετρο του σωλήνα και το υλικό της θερμομόνωσης, όπου οι

διαστάσεις είναι σε ίντσες και οι σωλήνες θεωρούνται ότι βρίσκονται ελεύθερες στον αέρα. Επίσης, στον Πίνακα 6 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α δίνεται η καταλληλότητα των διαφόρων υλικών θερμομόνωσης σωλήνων, ανάλογα με την χρήση των σωλήνων και τη θερμοκρασία των ρευστών που κυκλοφορούν σε αυτούς.

Πίνακας 3. Ελάχιστο πάχος μόνωσης σωλήνων ανάλογα με το υλικό μόνωσης και την διάμετρο του σωλήνα

Ονομαστική διάμετρος σωλήνα	Υαλοβάμβακας - Ορυκτοβάμβακας	Πυριτικό ασβέστιο - Κυψελοειδές γυαλί	Υαλοβάμβακας για σωλήνες επιστροφής συμπυκνώματος
>3	3.5	4.0	2.5
3-4	4.0	4.5	3.0
5-6	4.5	5.0	3.5
<8	5.0	6.0	3.5

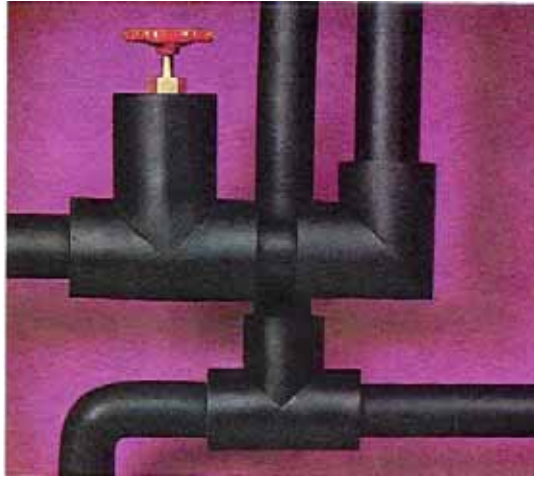
Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι μόνωσης των σωλήνων, με **λουρίδες μονωτικού παπλώματος** και με **κοχύλια**. Και οι δύο αυτοί τρόποι παρουσιάζουν σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και το κόστος τους είναι συγκρίσιμο. Τα μονωτικά παπλώματα από τα οποία κόβονται οι λουρίδες είναι τα ίδια που χρησιμοποιούνται και για την εύκαμπτη μόνωση των δομικών στοιχείων και συνήθως αποτελούνται από υαλοβάμβακα ή ορυκτοβάμβακα (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Θερμομόνωση βιομηχανικών εγκαταστάσεων με χρήση ορυκτοβάμβακα

5.1.1. Μονωτικά κοχύλια

Η σωστή επιλογή της εσωτερικής διαμέτρου του κοχυλιού (Σχήμα 6), σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα που θα μονωθεί, έχει πολύ σημαντική επίδραση στο μονωτικό αποτέλεσμα που παρέχεται.



Σχήμα 6. Θερμομόνωση σωλήνων από αφρώδη ελαστικά (κοχύλια)

Τα μονωτικά κοχύλια από κυψελοειδές γυαλί αποτελούνται από τεμάχια ημικυλινδρικού σχήματος με κενό, από όπου περνά ο σωλήνας, και εξασφαλίζουν θερμομόνωση όχι μόνο στις θερμοκρασίες λειτουργίας των εγκαταστάσεων ψύξης και θέρμανσης στα κτίρια, αλλά και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (της τάξεως των -180°C), όταν χρησιμοποιούνται άλλα ρευστά. Παρέχουν πυρασφάλεια και δεν διαβρώνονται. Έχουν φυσική αντοχή στο χρόνο, μηδενική διαπερατότητα σε υγρασία και ελάχιστη απορροφητικότητα, ενώ δεν επηρεάζονται από τα τρωκτικά και τα έντομα και έχουν χαμηλή θερμική αγωγιμότητα.

5.1.2. Μονωτικές λουρίδες

Οι μονωτικές λουρίδες εφαρμόζονται συνήθως γύρω από τους σωλήνες με τύλιγμα σε σπειροειδή μορφή και αλληλοεπικάλυψη τουλάχιστον 1 cm. Το τύλιγμα πρέπει να γίνεται αρκετά σφιχτά για να μην μπορεί να εισχωρήσει αέρας μεταξύ του σωλήνα και του μονωτικού. Στην αρχή και στο τέλος της λουρίδας, αλλά και σε κανονικά ενδιάμεσα διαστήματα, πρέπει να γίνεται στερέωση με κολλητική ταινία ή λεπτό σύρμα (Σχήμα 7). Εκεί όπου τελειώνει μια λουρίδα και αρχίζει η επόμενη, πρέπει να γίνεται αλληλοεπικάλυψη συνήθως αρκετών εκατοστών και στερέωση.



Σχήμα 7. Εργασίες θερμομόνωσης λεβητοστασίου

Η διαδικασία εφαρμογής της μόνωσης με λουρίδες είναι γενικά πιο χρονοβόρα από τη μόνωση με κοχύλια. Επίσης, παρουσιάζει κάποια δυσκολία εφαρμογής στα σημεία των σωλήνων που δεν έχουν καλή πρόσβαση, που βρίσκονται σε επαφή με τα δομικά στοιχεία ή τα διαπερνούν. Το πλεονέκτημα της ευκαμψίας του υλικού κάνει τη μέθοδο ιδιαίτερα κατάλληλη για τη μόνωση των σωλήνων γύρω από τις δικλίδες και στα σημεία που εμφανίζουν απότομες αλλαγές διεύθυνσης (Σχήμα 8).



Σχήμα 8. Θερμομόνωση βιομηχανικών εγκαταστάσεων από πάπλωμα και με επικάλυψη αλουμινίου

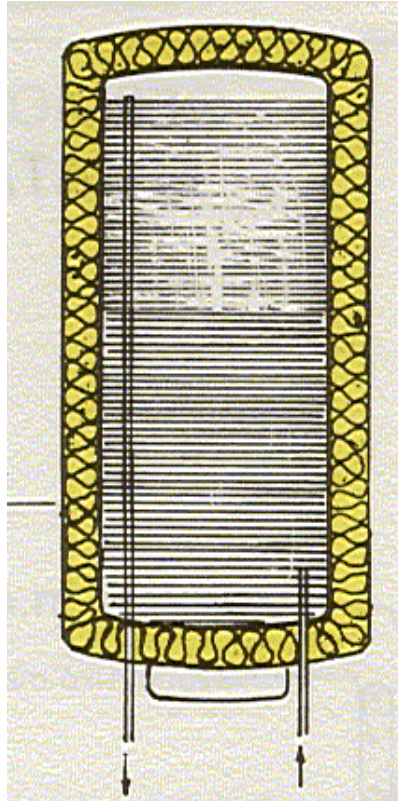
5.2. Η μόνωση των δεξαμενών ψυχρού και θερμού νερού

Για τη μόνωση των δεξαμενών ψυχρού νερού ή της δεξαμενής υπερχειλίσης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης υπάρχουν αρκετές επιλογές:

- διαδοχικοί σάκοι πλαστικού ή πολυαιθυλενίου με μονωτικό υλικό μεταξύ τους,
- φύλλα μονωτικού παπλώματος που τυλίγουν τη δεξαμενή, ή/και
- μόνωση με μονωτικά πανό, εάν πρόκειται για ορθογωνική δεξαμενή (η επικάλυψη μπορεί να γίνει επιτόπια ή να είναι προκατασκευασμένη).

Η επάνω επιφάνεια της δεξαμενής επικαλύπτεται με ένα κομμάτι παπλώματος που προεξέχει γύρω από το κάλυμμα της δεξαμενής. Εάν η δεξαμενή δεν διαθέτει κάλυμμα και είναι ανοιχτή από πάνω, πρέπει να κατασκευαστεί ένα κάλυμμα από πολυστερίνη, μοριοσανίδα ή άλλο ελαφρό πανό, για να εμποδίζεται η είσοδος των ινών του παπλώματος μέσα στο νερό.

Στους έτοιμους θερμοσίφωνες (Σχήμα 9), που βρίσκονται συνήθως στο πατάρι ή μέσα στο χώρο του μπάνιου και είναι συνήθως κυλινδρικοί, εκτός του μονωτικού παπλώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και προκατασκευασμένο άκαμπτο μονωτικό περίβλημα.



Σχήμα 9. Σχηματική τομή θερμομόνωσης θερμοσίφωνα

6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η Ελληνική Νομοθεσία, στη θεματική περιοχή της ορθολογικής χρήσης της ενέργειας και της εξοικονόμησης της ενέργειας στα κτίρια, περιορίζεται στον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979. Μετά από περιόδους έντασης των ενεργειακών προβλημάτων, κατά τις οποίες οι τιμές των καυσίμων αυξήθηκαν ραγδαία, ακολούθησε δραστηριότητα στο πεδίο του Νομοθετικού Πλαισίου, με βραχυχρόνια και όχι αποτελεσματικά, όπως αποδείχθηκε, μέτρα.

Οι δείκτες ενεργειακής έντασης της χώρας, από τους υψηλότερους στην Ε.Ε., η ρύπανση του περιβάλλοντος, οι υψηλές τιμές των καυσίμων, καθώς και η εξάρτηση της χώρας από τις εισαγωγές, καθιστούν περισσότερο από κάθε άλλη περίοδο επιτακτική την ανάγκη για άμεση λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Την περίοδο από το 1979 έως σήμερα, έχοντας υπόψη την ανάγκη να ληφθούν πρόσθετα μέτρα για τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, αποφασίστηκαν τα παρακάτω μέτρα:

- ♦ 22/11.2.80 Π.Υ.Σ. «περί λήψεως πρόσθετων μέτρων προς εξοικονόμηση ενέργειας».
- ♦ ΦΕΚ 11.1.85 Τευχ.1^ο Α.Φ.4, Άρθρο 6: «Κίνητρα για την εξοικονόμηση ενέργειας και κατανομή δαπανών κεντρικής θέρμανσης».

Από την δημοσίευση του άρθρου αυτού θα περάσουν περίπου δέκα χρόνια μέχρι το 1994, οπότε και συστάθηκε «επιτροπή θεσμικού πλαισίου» και ομάδες μελέτης με την εποπτεία του ΥΠΕΧΩΔΕ και τον συντονισμό του ΚΑΠΕ, για να μελετήσουν θέματα σχετικά με την «πολιτική κινήτρων εξοικονόμησης ενέργειας». Το 1988 εκδόθηκε υπουργική απόφαση με αριθμό 58088/27.7.88 και η οποία ήταν σχετική με την ανάθεση από το ΥΠΕΧΩΔΕ ερευνητικού έργου για την «αναθεώρηση του

κανονισμού θερμομόνωσης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας στα κτίρια». Το έργο αυτό ολοκληρώθηκε το 1993 και δημοσιεύθηκε.

Το 1994, όπως αναφέρθηκε, στα πλαίσια της γενικότερης πολιτικής του ΥΠΕΧΩΔΕ, ορίζεται η επιτροπή Θεσμικού Πλαισίου Δράσης «Ενέργεια 2001». Η επιτροπή είχε ως αντικείμενο την εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας στις κατευθύνσεις της κοινοτικής οδηγίας SAVE 93/765/ΕΟΚ περί σταθεροποίησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων κατ' εφαρμογή του άρθρου 6 του Ν. 1512/85.

Από τις προτάσεις που προέκυψαν από το Σχέδιο Δράσης εκδόθηκε τελικά η υπ' αριθμ. 21475/2707 κοινή υπουργική απόφαση (ΦΕΚ 880/19.8.98) των Υπουργών Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Εθνικής Οικονομίας, Ανάπτυξης και ΥΠΕΧΩΔΕ που αφορά στον "περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με τον καθορισμό μέτρων και όρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Τέλος, σήμερα, βρισκόμαστε ένα βήμα πριν την ολοκλήρωση του νέου κανονισμού ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), τη σύνταξη του οποίου έχει αναλάβει το ΚΑΠΕ με την βοήθεια σχετικής Επιτροπής Εμπειρογνομόνων. Η πρόταση για το νέο κανονισμό θα έχει ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του 1999, οπότε και θα δοθεί στο υπουργείο Ανάπτυξης προς περαιτέρω επεξεργασία και, πιθανόν, αναθεώρηση του υπάρχοντος νομοθετικού πλαισίου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας 1. Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων

Υλικά	Φαινόμενη πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	
		kg/m ³	kcal/mh°C
Δομικά υλικά			
<i>Λίθοι</i>			
Συμπαγείς λίθοι (ασβεστόλιθος, μάρμαρο, γρανίτης, βασάλτης κ.λπ.)		3,00	3,49
Πορώδεις λίθοι			
Ψαμμίτης		2,00	2,33
Πλάκες τύπου Μάλτας		0,90	1,05
Άμμος φυσικής προελεύσεως με φυσική υγρασία		1,20	1,40
<i>Άργιλος</i>			
Πλίνθοι συμπαγείς ωμοί		0,80	0,93
Πλίνθοι μετ' αχύρου ωμοί		0,60	0,70
<i>Ξηρά υλικά πληρώσεως τοποθετούμενα χύδην εις διάκενα οροφών, τοίχων κ.λπ.</i>			
Άμμος διαμέτρου κόκκου <5 mm		0,50	0,58
Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 5-10 mm συλλεκτές και θραυστές		0,70	0,81
Χονδρόκοκκος κίσηρις		0,16	0,19
Θραύσματα οπτολίνθων και κεράμων		0,35	0,41
Περλίτης διογκωμένος		0,055	0,064
<i>Επιχρίσματα (εσωτερικά και εξωτερικά), συνδετική κονία αρμών από:</i>			
Ασβεστοκονίαμα και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα		0,75	0,87
Τσιμεντοκονίαμα		1,20	1,39
<i>Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε μεγάλοι μεγέθους πλάκες)</i>			
Σκυρόδεμα δια συλλεκτών ή θραυστών αδρανών κλειστής δομής			
- Κατηγορία σκυροδέματος ≤B120		1,30	1,51
- Κατηγορία σκυροδέματος ≥B160		1,75	2,03
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	1500	0,55	0,64
	1700	0,70	0,81
	1900	0,95	1,10
Κισσηρόδεμα	800	0,25	0,29
	1000	0,30	0,35
	1200	0,40	0,46
Κυψελωτό σκυρόδεμα σκληρυνθέν δι' ατμού	400	0,12	0,14
	500	0,16	0,19
	600	0,20	0,23
	800	0,25	0,29
	1000	0,30	0,35
Περλιτόδεμα [τσιμέντο / περλίτης (κατ' όγκο)]:	1:4	0,170	0,198
	1:5	0,140	0,163
	1:6	0,125	0,145
	1:7	0,115	0,134
	1:8	0,110	0,128
	1:20	0,070	0,081
Πλάκες εκ σκυροδέματος γύψου και αμιαντοσιμεντού			
Πλάκες εκ κισσηροδέματος	800	0,25	0,29
Πλάκες εξ ελαφρού σκυροδέματος με ανάμικτα αδρανή	1400	0,50	0,58
Γυψοσανίδες	1200	0,50	0,58
Πλάκες εξ αμιαντοσιμεντού	1800	0,30	0,35
Τοιχοποιία εκ τσιμεντοπλίνθων συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών			
Τσιμεντόλιθοι πλήρεις με ασβεστολιθικά αδρανή	1600	0,68	0,79
	1800	0,85	0,99
	2000	0,95	1,10
Τσιμεντόλιθοι διάτρητοι με ασβεστολιθικά αδρανή	1200	0,48	0,56
	1400	0,60	0,70
	1600	0,68	0,79
Τσιμεντόλιθοι με διάκενα με ασβεστολιθικά αδρανή	1000	0,43	0,50
	1200	0,48	0,56

Πίνακας 1. Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων (Συνέχεια)

	Φαινόμενη πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	
		kg/m ³	kcal/mh°C
Κισσηρόλιθοι πλήρεις	800	0,35	0,41
	1000	0,40	0,46
	1200	0,45	0,52
	1400	0,55	0,64
	1600	0,68	0,79
Κισσηρόλιθοι με διάκενα 2 διακένων	1000	0,38	0,44
	1200	0,42	0,49
	1400	0,48	0,56
Κισσηρόλιθοι με διάκενα 3 διακένων	1400	0,42	0,49
	1600	0,48	0,56
Πλίνθοι εκ κυψελωτού σκυροδέματος εσκληρυσμένοι δι' ατμού	600	0,30	0,35
	800	0,35	0,41
	1000	0,40	0,46
Πλίνθοι εκ κυψελωτού σκυροδέματος εσκληρυσμένοι στον αέρα	800	0,38	0,44
	1000	0,48	0,56
	1200	0,60	0,70
Τοιχοποιία εξ οπτόλιθων συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών			
Οπτόλιθοι πλήρεις	1000	0,40	0,46
	1200	0,45	0,52
	1400	0,52	0,60
	1800	0,68	0,79
Οπτόλιθοι διάτρητοι	1000	0,40	0,46
	1200	0,45	0,52
	1400	0,52	0,60
Πλακίδια επιστρώσεως	2000	0,90	1,05
Ξύλα			
Δρυς		0,18	0,21
Οξυά		0,15	0,17
Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.λπ.)		0,12	0,14
Κόντρα πλακέ, πλακάτζ, κ.λπ.		0,12	0,14
Μορισσανίδες	900	0,15	0,17
Μέταλλα - Ύαλος			
Ύαλος		0,70	0,81
Χυτοσίδηρος και χάλυψ		50,00	53,15
Χαλκός		330,00	283,79
Ορείχαλκος		55,00	53,96
Αλουμίνιο		175,00	203,52
Συνθετικά και Ασφαλτικά υλικά επιστρώσεως			
Λινόλεουμ	1200	0,16	0,19
Ασφαλτικό σκυρόδεμα	2100	0,60	0,70
Άσφαλτος	1050	0,15	0,17
Ασφαλτόχαρτο	1100	0,16	0,19
Θερμομονωτικά υλικά			
Πλάκες εξ υαλοβάμβακος βακελιτούχες και εκ λιθοβάμβακος (ορυκτοβάμβαξ)		0,035	0,041
Υαλοβάμβαξ μη μορφοποιημένος	50	0,035	0,041
Πλάκες ελαφρών κατασκευών εκ ξυλομάλλου μετά ανοργάνου συνδετικής κονιάς πάχους			
15 mm	570	0,120	0,140
25 - 35 mm	460-415	0,080	0,093
50 mm και μεγαλύτερου	390≤	0,070	0,081
Πλάκες εκ διογκωμένου φελλού	120	0,035	0,041
	160	0,038	0,044
	200	0,040	0,046
Πλακίδια εκ φελλού	450	0,055	0,064
Διογκωμένα συνθετικά υλικά		0,035	0,041
Σκληροί αφροί εκ συνθετικών υλικών		0,035	0,041

Πίνακας 2. Θερμοκρασία για θερμική άνεση σε χώρους διαμονής

Χώροι	°C
<i>Κατοικίες</i>	
Καθημερινό, υπνοδωμάτια, κουζίνες	+20
Προθάλαμοι, διάδρομοι, W.C.	+15
Κλιμακοστάσια	+10
Λουτρό	+22
<i>Καταστήματα και γραφεία</i>	
Καταστήματα, γραφεία, εστιατόρια, δωμάτια ξενοδοχείων	+20
Κλιμακοστάσια, διάδρομοι, W.C.	+15
<i>Εκπαιδευτικά κτίρια</i>	
Αίθουσες διδασκαλίας	+20
Χώροι εργαστηρίων	+15 ÷ +18
Αμφιθέατρα	+18
Κλειστά γυμναστήρια	15
Αίθουσες λουτρών, αποδυτήρια	+22
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, κλειστές αίθουσες διαλειμμάτων, W.C.	+5 ÷ +10
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, W.C. νηπιαγωγείων	+15
Ιατρείο	+24
Χώροι διαφυλάξεως οργάνων και βεστίαρια	+15

Πίνακας 3. Μέγιστες επιτρεπόμενες Θερμικές απώλειες

ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	k_{max}		
	$kcal/m^2h^{\circ}C$	W/m^2K	
Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα	$k \leq 0,6$	$k \leq 0,7$	
Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω	$k \leq 0,4$	$k \leq 0,5$	
Δάπεδα πάνω στο έδαφος ή δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου υπόγειου ή ημιυπόγειου χώρου	Ζώνη Α	$k \leq 2,6$	$k \leq 3,0$
	Ζώνη Β	$k \leq 1,6$	$k \leq 1,9$
	Ζώνη Γ	$k \leq 0,6$	$k \leq 0,7$
Διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινόμενους κλειστούς χώρους	Ζώνη Α	$k \leq 2,6$	$k \leq 3,0$
	Ζώνη Β	$k \leq 1,6$	$k \leq 1,9$
	Ζώνη Γ	$k \leq 0,6$	$k \leq 0,7$

Πίνακας 4. Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας συναρτήσει του λόγου περιβαλλούσης επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του (F/V)

F/V	k _m (kcal/m ² h°C)			k _m (kcal/m ² h°C)		
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
< 0,2	1,335	1,015	0,807	1,553	1,180	0,938
0,3	1,245	0,955	0,760	1,448	1,111	0,884
0,4	1,160	0,897	0,715	1,349	1,043	0,831
0,5	1,092	0,845	0,675	1,270	0,983	0,785
0,6	1,030	0,795	0,635	1,198	0,924	0,738
0,7	0,985	0,750	0,600	1,145	0,872	0,698
0,8	0,947	0,717	0,575	1,101	0,834	0,669
0,9	0,927	0,695	0,550	1,078	0,808	0,640
>1,0	0,920	0,680	0,530	1,070	0,791	0,616

Πίνακας 5. Συντελεστές θερμοπερατότητας k για παράθυρα και θύρες συναρτήσει του υλικού κατασκευής του πλαισίου και του τύπου του υαλοπίνακα

	Συντελεστής θερμοπερατότητας			
	Ξύλο, Συνθετικό υλικό		Χάλυβας, άλλα μέταλλα, σκυρόδεμα	
	kcal/m ² h°C	W/m ² K	kcal/m ² h°C	W/m ² K
Απλός υαλοπίνακας	4,5	5,23	5	5,81
Δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 6 mm	2,8	3,26	3,2	3,72
Δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 12 mm	2,6	3,02	3	3,49
Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 2 cm < s < 4 cm	2,2	2,56	2,6	3,02
Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 4 cm < s < 7 cm	2	2,33	2,4	3,79
Διπλά παράθυρα με απόσταση υαλοπινάκων 7 cm	2,2	2,56	-	-
Τοίχος από υαλόπλινθους πάχους 80mm	-	-	3	3,49
Χωρίς υαλοπίνακα	3	3,49	5	5,81

Οι τιμές του k ισχύουν:

Για παράθυρα: <math> < 5,0 \text{ m}^2 </math> εφόσον η επιφάνεια του πλαισίου είναι $\leq 25\%$ της συνολικής επιφάνειας.

$\geq 5,0 \text{ m}^2$ εφόσον η επιφάνεια του πλαισίου είναι $\leq 15\%$ της συνολικής επιφάνειας

Για θύρες : $\geq 2,0 \text{ m}^2$ εφόσον η επιφάνεια του πλαισίου είναι $\leq 25\%$ της συνολικής επιφάνειας.

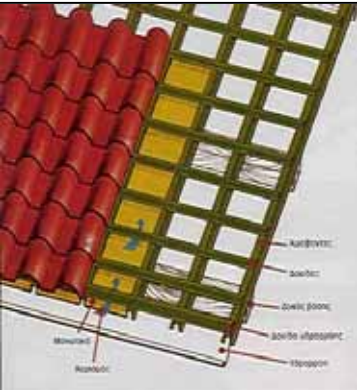

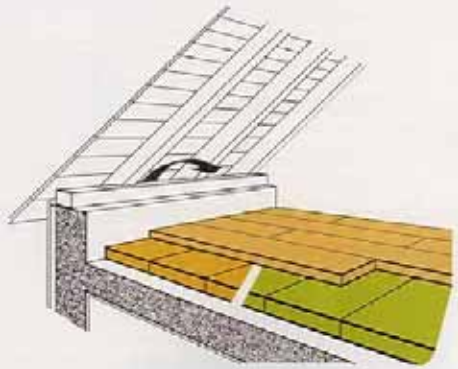

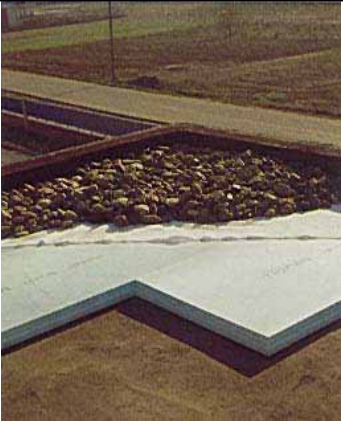
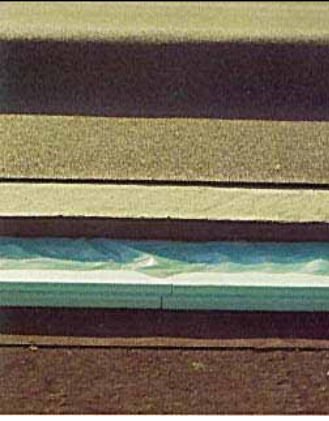
Πίνακας 6. Καταλληλότητα θερμομονωτικών υλικών σωλήνων ανάλογα με την εφαρμογή

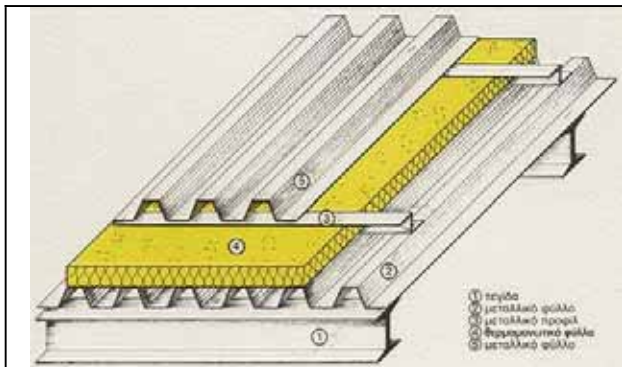
Τύπος υγρού	Κυψελο-ειδέ ς γυαλί	Πολυ-ουρεθ άνη	Ορυκτο- βάμβακας	Πυριτικό ασβέστιο	Αφρώδες μονωτικό	Ορυκτο-βάμ βακας & κυψελωτό γυαλί
Παγωμένο νερό (θερμοκρασία 4.5°C)	XY	Y	Y	AK	AK	AK
Ψυχρό νερό οικιακής χρήσης	XY	Y	Y	AK	AK	AK
Σωλήνες μεταφοράς ψυκτικού υγρού (θερμοκρασία 1.5°C)	AK	AK	Y	AK	XY	AK
Θερμό νερό για οικιακή χρήση (μέγιστη 93°C)	XY	Y	XY	AK	AK	AK
Θερμό νερό για θέρμανση (μέγιστη 120°C)	XY	AK	XY	XY	AK	AK
Εκτόνωση πεπιεσμένου αέρα, επιστροφή ατμού και συμπυκνώματος (94-120°C)	XY	AK	XY	XY	AK	AK
Θερμό νερό μέσης θερμοκρασίας, επιστροφή ατμού και συμπυκνώματος (120-175°C)	XY	AK	XY	XY	AK	AK
Υψηλής θερμοκρασίας ατμός και θερμό νερό (175-370°C)	AK	AK	XY	XY	AK	AK

XY: Μπορεί να εφαρμοσθεί χωρίς υγρομόνωση
Y: Απαιτείται και υγρομόνωση
AK: Ακατάλληλο

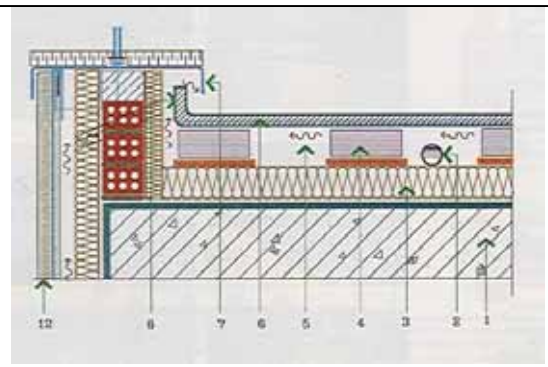
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1. Κατασκευαστικές λύσεις θερμομόνωσης οροφής

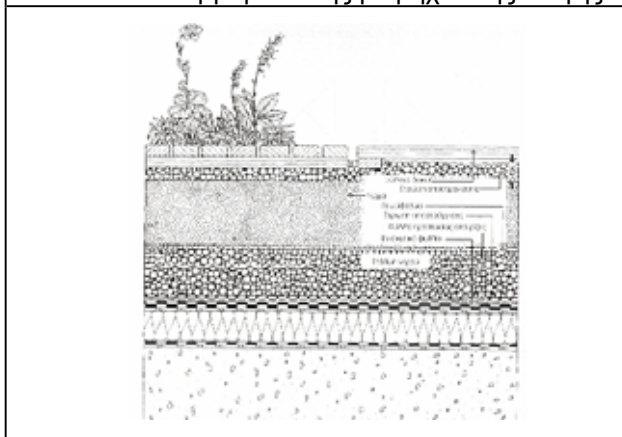
	
<p>Σχήμα Β.1.1 Σχηματική τομή μόνωσης ξύλινης κεκλιμένης στέγης</p>	<p>Σχήμα Β.1.2 Φωτογραφική παρουσίαση εργασιών μόνωσης ξύλινης κεκλιμένης στέγης</p>
	
<p>Σχήμα Β.1.3 Σχηματική παρουσίαση μόνωσης κάτω από στέγη</p>	<p>Σχήμα Β.1.4 Φωτογραφική παρουσίαση εργασιών μόνωσης κεκλιμένης στέγης επάνω από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος</p>
	
<p>Σχήμα Β.1.5 Φωτογραφική παρουσίαση εργασιών αντεστραμμένου δώματος</p>	<p>Σχήμα Β.1.6 Φωτογραφική παρουσίαση εργασιών συμβατικού δώματος</p>



Σχήμα Β.1.7 Σχηματική παρουσίαση θερμομόνωσης βιομηχανικής στέγης



Σχήμα Β.1.8 Σχηματική τομή αεριζόμενου δώματος



Σχήμα Β.1.9 Σχηματική παρουσίαση φυτεμένου δώματος

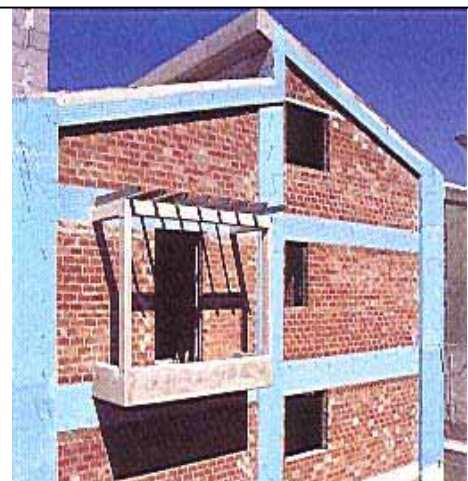


Σχήμα Β.1.10 Φωτογραφική παρουσίαση φυτεμένου δώματος



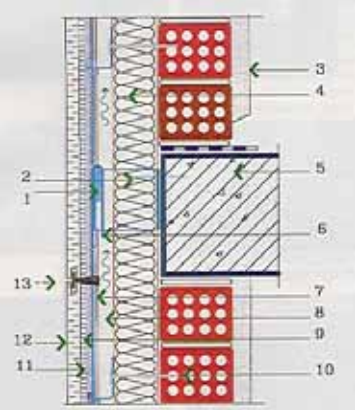

2. Κατασκευαστικές λύσεις θερμομόνωσης τοιχοποιίας




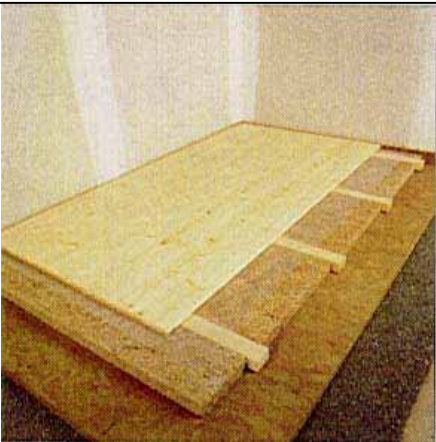
Σχήμα Β.2.1 Φωτογραφική παρουσίαση ολικής εξωτερικής θερμομόνωσης

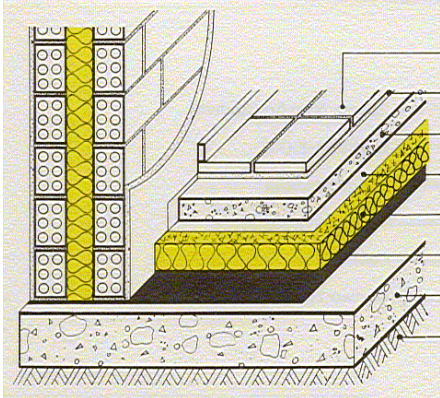


Σχήμα Β.2.2 Φωτογραφική παρουσίαση εργασιών μόνωσης δοκών και στηλών οπλισμένου σκυροδέματος

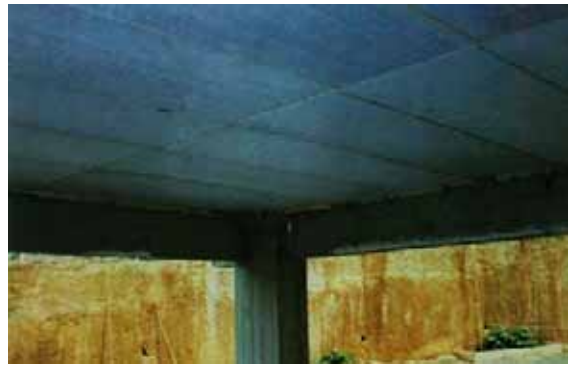
	
<p>Σχήμα Β.2.3 Φωτογραφική παρουσίαση εσωτερικής θερμομόνωσης τοίχου</p>	<p>Σχήμα Β.2.4 Σχηματική παρουσίαση μόνωσης στον πυρήνα κατακόρυφου στοιχείου</p>
	
<p>Σχήμα Β.2.5 Σχηματική παρουσίαση αεριζόμενης όψης</p>	<p>Σχήμα Β.2.6 Θερμομονωτικό τούβλο με μόνωση πολουρεθάνης</p>

3. Κατασκευαστικές λύσεις θερμομόνωσης δαπέδου

	
<p>Σχήμα Β.3.1 Φωτογραφική παρουσίαση εργασιών θερμομόνωσης κάτω από πλάκα οπλ. Σκυροδέματος</p>	<p>Σχήμα Β.3.2 Φωτογραφική παρουσίαση εργασιών μόνωσης ξύλινου δαπέδου</p>

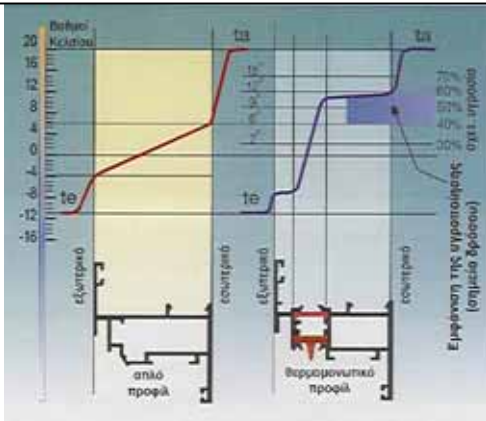


Σχήμα Β.3.3 Σχηματική τομή θερμομονωμένου δαπέδου από μάρμαρο σε έδαφος

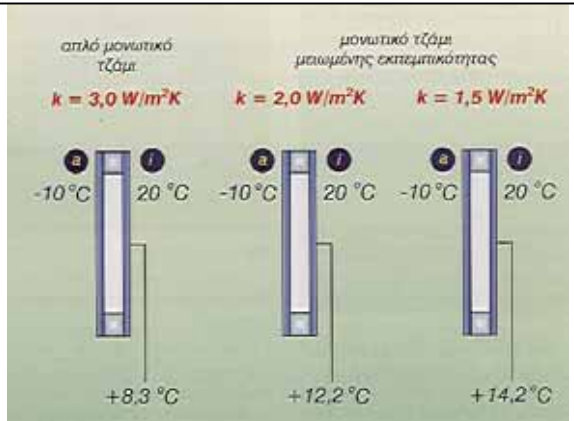


Σχήμα Β.3.4 Φωτογραφική παρουσίαση εξωτερικής μόνωσης πιλοτής

4. Κατασκευαστικές λύσεις θερμομόνωσης κουφωμάτων



Σχήμα Β.4.1 Σχηματική παρουσίαση μετάβασης θερμοκρασιών σε απλό και θερμομονωτικό προφίλ αλουμινίου



Σχήμα Β.4.2 Σχηματική παρουσίαση επιφανειακών θερμοκρασιών σε τρεις διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων



Σχήμα Β.4.3 Φωτογραφική τομή σύνθετου κουφώματος ξύλου - αλουμινίου



Σχήμα Β.4.4 Φωτογραφική παρουσίαση τομής συρόμενου θερμομονωτικού κουφώματος με διπλό υαλοπίννακα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. “Θερμομόνωση Κτιρίων”, Μιχάλης Αγ. Παπαδόπουλος, Θεσσαλονίκη 1984.
2. “Θερμομόνωση - Ηχομόνωση”, Β.Η. Σελλούντος, Στ.Δ. Περδίας, Αθήνα, Εκδόσεις Φοίβος.
3. “Αναθεώρηση Κανονισμού Θερμομόνωσης και Ορθολογική Χρήση της Ενέργειας στα Κτίρια”-Φάση Β, Ερευνητικό Έργο, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Ιούνιος 1993.
4. Περιοδικό Κτίριο, Ειδικό Ένθετο “Μόνωση”, 1994.
5. “Θερμοπροστασία, υγραπροστασία, ανεμοπροστασία κτιρίων”, Αντώνης Φραγκουδάκης, Θεσσαλονίκη 1985.
6. “Κατασκευή κτιρίων – σύνθεση και τεχνολογία”, Χρήστος Γ. Αθανασιάδης, Δ’ Έκδοση, Αθήνα 1981.