



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Έλεγχος θερμικής επάρκειας κατά ΚΕνΑΚ σημειώσεις

(για τις ανάγκες των σπουδαστών 1/5ου εξαμήνου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών)

Επιμέλεια, σύνταξη:

Αθ. Στάμος, Ε.Δι.Π. Ε.Μ.Π.

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Αθήνα

Οκτώβριος 2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΣΕΛΙΔΑ
Υπολογισμός και έλεγχος θερμομόνωσης – ΚενΑΚ	1
Περιεχόμενα	2
Έλεγχος θερμικής επάρκειας του κτιριακού κελύφους	4
Ορισμός συντελεστή θερμοπερατότητας επιφανειακού δομικού στοιχείου	6
Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κάθε δομικού στοιχείου	9
Έλεγχος μέσης θερμοπερατότητας όλου του κελύφους του κτιρίου	12
Θερμογέφυρες	15
Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας επιφανειακού δομικού στοιχείου	23
Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας σε κουφώματα	30
Παράρτημα 1	35

Πίνακας 2 Τ.Ο. ΤΕΕ: Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας για διάφορα δομικά υλικά	36
Πίνακες 10-14 Τ.Ο. ΤΕΕ: Συντελεστές θερμοπερατότητας για κουφώματα	41
Πίνακες 16 Τ.Ο. ΤΕΕ: Συντελεστές γραμμικής θερμοπερατότητας για θερμογέφυρες	49
Πίνακες 16α-γ Τ.Ο. ΤΕΕ: Κατακόρυφες θερμογέφυρες	49
Πίνακες 16δ-ι Τ.Ο. ΤΕΕ: Οριζόντιες θερμογέφυρες	54
Πίνακες 16ια-ιβ Τ.Ο. ΤΕΕ: Θερμογέφυρες κουφωμάτων	68

1. Έλεγχος θερμικής επάρκειας του κτιριακού κελύφους

Σε αυτή την ενότητα θα αναπτυχθεί η μεθοδολογία για τον υπολογισμό και τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κτιριακού κελύφους, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.).

Στην ουσία πρόκειται για τον έλεγχο επάρκειας την θερμομόνωση των δομικών στοιχείων που αποτελούν το κέλυφος του κτηρίου, με την έννοια ότι θέλουμε να περιορίσουμε τις θερμικές απώλειες του κτηρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά το χειμώνα, και να περιορίσουμε τη θερμική πρόσοδο του κτηρίου κατά το καλοκαίρι. Σε πιο λαϊκή γλώσσα δεν θέλουμε το χειμώνα να φύγει η θερμότητα και να κρυώσει ο χώρος μας, και το καλοκαίρι δεν θέλουμε να μπει η θερμότητα και να υπερθερμανθεί ο χώρος μας.

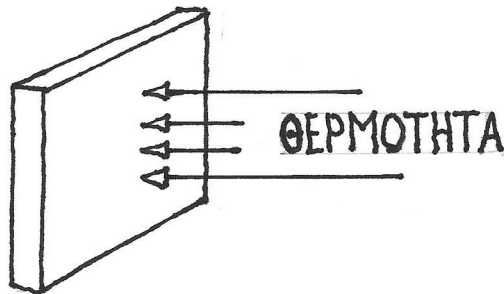
Παράλληλα, με αυτόν τον τρόπο, περιορίζονται και οι απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο (θέρμανση – καυστήρας το χειμώνα, και ψύξη – κλιματισμός το καλοκαίρι), και έτσι περιορίζεται και η ρύπανση του περιβάλλοντος από την παραγωγή καυσαερίων.

Ο έλεγχος θερμικής επάρκειας γίνεται:

- α) Για κάθε επί μέρος δομικό στοιχείου του κελύφους, ξεχωριστά
- β) Για το κτιριακό κέλυφος στο σύνολό του.

2. Συντελεστής θερμοπερατότητας - έννοια

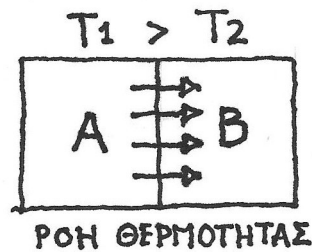
Βασική έννοια για τον έλεγχο θερμικής επάρκειας είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας U . Εκφράζει την ευκολία με την οποία ρέει η θερμότητα μεταξύ δύο πλευρών ενός επιφανειακού δομικού στοιχείου.



Μεγάλες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας σημαίνουν ότι η θερμότητα περνά σχεδόν ανεμπόδιστα μέσα από το δομικό στοιχείο και έτσι αυτό δεν επαρκεί αν χρησιμοποιηθεί για θερμομόνωση. Μικρές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας σημαίνουν ότι το δομικό στοιχείο δεν επιτρέπει σε πολλή θερμότητα να το διαπερνά και έτσι επαρκεί για θερμομόνωση. Επειδή ο συντελεστής θερμοπερατότητας U είναι βασικός, πρέπει να έχουμε βαθιά κατανόηση του τι εκφράζει.

2.1 Ενέργεια, θερμότητα και ισχύς

Η θερμότητα είναι μία μορφή ενέργειας και μετριέται σε θερμίδες (cal), ή Joule, ή kWh. Όταν η θερμότητα συσσωρεύεται σε ένα χώρο, η θερμοκρασία του αυξάνει. Όταν ο χώρος αυτός συνορεύει με ένα χώρο που η θερμοκρασία του είναι μικρότερη, θερμότητα ρέει από το χώρο με τη μεγάλη θερμοκρασία προς το χώρο με την μικρή θερμοκρασία, μέχρι που οι δύο χώροι να έχουν την θερμοκρασία.



Σύμφωνα με τη θεωρία της θερμοδυναμικής και ιδιαίτερα με την έννοια της εντροπίας (η οποία αυξάνεται συνέχεια), δεν είναι δυνατό να κατασκευάσουμε θερμομονωτικό υλικό το οποίο να μην επιτρέπει καθόλου, ή έστω να επιτρέπει μόνο ένα συγκεκριμένο (μικρό) ποσό ενέργειας (θερμότητας) να περάσει. Σύμφωνα με τη θερμοδυναμική, όσο υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας, θα περνάει συνέχεια, ενέργεια (θερμότητα) διαμέσου του υλικού. Δηλαδή δεν μπορεί να υπάρξει υλικό για το οποίο θα μπορούσε να ισχύει:

Από το υλικό μπορούν να περάσουν μέχρι 2 kWh ενέργεια (ή θερμότητα).

Είναι κάτι ανάλογο με το λογαριασμό της ΔΕΗ. Έρχεται ο λογαριασμός και χρεώνει π.χ. 200 kWh, αλλά σε δύο μήνες έρχεται νέος λογαριασμός με άλλες 200 kWh χρέωση. Αυτό που μπορούμε να κάνουμε είναι να μειώσουμε τις kWh που καίμε ανά 2 μήνες. Δηλαδή την ενέργεια στη μονάδα του χρόνου.

Έτσι και ένα θερμομονωτικό υλικό δεν μπορεί να εμποδίσει την ενέργεια ή θερμότητα Q να διαρρέεται από μέσα του, αλλά μπορεί να μειώσει το ποσό της ενέργειας που διαρρέεται από μέσα του στη μονάδα του χρόνου. Η ενέργεια E (ή θερμότητα) στη μονάδα του χρόνου λέγεται ισχύς P και μετρείται σε W ή kW . Συνεπώς ένα υλικό που αφήνει λίγα W να το διαπερνούν είναι καλό μονωτικό υλικό, και κακό αν αφήνει να το διαπερνούν πολλά W , δηλαδή αν αφήνει να το διαπερνούν πολλές Wh ή kWh στην ώρα (στη μονάδα του χρόνου).

Τι κερδίζουμε με μονωτικά υλικά που αφήνουν να τα διαπεράσουν λίγα W ;

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δωμάτιο με θερμοκρασία $20^{\circ}C$ και τον εξωτερικό χώρο με $10^{\circ}C$. Λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, η θερμότητα ρέει από το δωμάτιο προς τα έξω και θα ρέει συνέχεια μέχρι οι θερμοκρασίες να εξισωθούν. Επειδή μάλιστα ο εξωτερικός χώρος είναι άπειρος σε σχέση με το δωμάτιο, η θερμότητα που φεύγει από δωμάτιο ελάχιστα θα του αυξήσει τη θερμότητα (π.χ. σε $10,0000001^{\circ}C$). Έτσι το δωμάτιο, αν αφεθεί έτσι, θα πάρει τη θερμοκρασία $10^{\circ}C$ του εξωτερικού χώρου. Προκειμένου να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία του δωματίου στους $20^{\circ}C$ πρέπει να αναπληρώνουμε την ενέργεια που χάνεται συνέχεια. Δηλαδή να προσδίδουμε, μέσω ενός καυστήρα, τόση ενέργεια στη μονάδα του χρόνου, όση χάνεται προς το εξωτερικό περιβάλλον στη μονάδα του χρόνου. Δηλαδή η ισχύς του καυστήρα θα πρέπει να είναι ίση με την ισχύ που χάνεται προς τα έξω μέσω των μονωτικών υλικών. Έτσι μονωτικά που αφήνουν να τα διαπεράσουν λίγα $Watt$ οδηγούν σε καυστήρα με λίγα $Watt$ και έτσι σε οικονομία σε πετρέλαιο και λιγότερα αέρια ρύπανσης.

2.2 Διαφορά θερμοκρασίας

Μετά τα παραπάνω, οδηγούμαστε σε μείωση των απαιτήσεών μας από τα υλικά. Έτσι θα θέλαμε να υπάρχουν υλικά τα οποία να έχουν την ιδιότητα:

Από το υλικό μπορεί να περάσει μόνο μέχρι 2 Wh την ώρα ή ισχύς 2W.

Δυστυχώς τα υλικά (και η φύση) δεν λειτουργεί έτσι. Ας υποθέσουμε ότι στις δύο πλευρές ενός υλικού υπάρχει $\Delta T=5^{\circ}C$ και από το υλικό περνούν $10Wh$ ανά ώρα ή ισχύς $10W$. Αν η διαφορά θερμοκρασίας διπλασιαστεί, τότε διπλασιάζεται και η ροή της ενέργειας, δηλαδή η ισχύς που διαπερνά το υλικό διπλασιάζεται και γίνεται $20W$! Αυτή η συμπεριφορά ταιριάζει και με την καθημερινότητα. Για παράδειγμα προκειμένου να κρυώσει μία μπύρα πιο γρήγορα, τη βάζουμε για

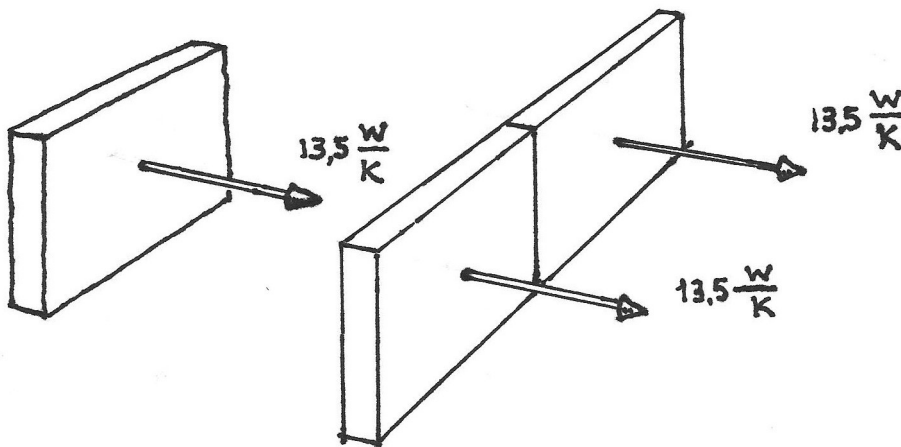
λίγη (σχετικά) ώρα στην κατάψυξη, και όχι πολύ ώρα στη συντήρηση του ψυγείου. Η μύρα κρυώνει πιο γρήγορα γιατί η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ μύρας και ψυγείου είναι πιο μεγάλη στην κατάψυξη απότι στη συντήρηση, και έτσι η ροή της ενέργειας είναι μεγαλύτερη (από τη μύρα προς το ψυγείο).

Θα μπορούσαμε να παρομοιώσουμε τη διαφορά θερμοκρασίας με το ύψος ενός καταρράκτη. Όσο πιο ψηλός είναι ο καταρράκτης, τόσο περισσότερη ορμή και ταχύτητα έχει το νερό. Αντιστοίχως, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας, τόσο και μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα (δηλαδή ενέργεια στη μονάδα χρόνου ή ισχύς) της ροής της θερμότητας.

Συνεπώς, στο προηγούμενο παράδειγμα, αν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του δωματίου και έξω ήταν 10° αντί για 5° , θα χρειαζόταν ο διπλάσιος καυστήρας και το διπλάσιο πετρέλαιο, για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του δωματίου σταθερή. Έτσι δεν έχει νόημα να λέμε ότι το υλικό διαπερνά 10Wh ανά ώρα ή 10W ισχύς, αλλά ισχύς 2W ανά 1°C διαφορά θερμοκρασία $\frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}$

2.3 Εμβαδόν επιφάνειας υλικού

Δυστυχώς ούτε αυτό αυτό που είπαμε παραπάνω ($\frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}$) είναι ακριβές. Αν φανταστούμε ένα τοίχο που έχει εμβαδόν επιφάνειας 9m^2 και έναν άλλον 18m^2 , τότε ο μεγάλος τοίχος μπορεί να θεωρηθεί ως 2 μικροί τοίχοι.



Αν περνούν $13,5 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}$ από τον μικρότερο τοίχο τότε από 2 τέτοιους τοίχους θα περνούν $13,5+13,5=27 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}$, δηλαδή σε τοίχο διπλάσιο εμβαδόν περνά διπλάσια ισχύ ανά βαθμό Κελσίου (ή Κέλβιν).

Έτσι δεν έχει νόημα η έκφραση ότι από ένα δομικό στοιχείο περνούν $13,5$ αλλά $1,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

3. Ορισμός συντελεστή θερμοπερατότητας επιφανειακού δομικού στοιχείου

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας επιφανειακού στοιχείου ορίζεται ως θερμότητα (ενέργεια) που περνά το στοιχείο ανά τη μονάδα του χρόνου, ανά τη μονάδα διαφοράς θερμοκρασίας, και ανά τη μονάδα εμβαδού. Επίσης αντί για βαθμούς Κελσίου $^\circ\text{C}$, βάζουμε βαθμούς Κέλβιν $^\circ\text{K}$. Έστω T_{1c} βαθμοί Κελσίου και T_{2c} βαθμοί Κελσίου. Τότε:

$$\Delta T_{\text{Κέλβιν}} = T_{2c} - T_{1c} = (T_{2c} + 273) - (T_{1c} + 273) = T_{2c} - T_{1c} = \Delta T_c$$

Έτσι:

$$U = \frac{E}{t \cdot A \cdot \Delta T} \quad \text{ή} \quad U = \frac{P}{A \cdot \Delta T}$$

όπου:

E= ενέργεια ή θερμότητα που διαπερνά το επιφανειακό δομικό στοιχείο σε χρόνο t

t= χρόνος που χρειάζεται για να διαπεράσει η ενέργεια E το δομικό στοιχείο

A=εμβαδόν επιφανειακού δομικού στοιχείου

ΔT =διαφορά θερμοκρασίας σε °K (ή °C) στις δύο επιφάνειες του δομικού στοιχείου

P=ισχύς

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μετρείται σε $\frac{W}{m^2 K}$, όπου:

W=Watt=Joule/sec

K=βαθμός Κέλβιν

m²=τετραγωνικά μέτρα

4. Παράδειγμα 1

Γραφείο (ένα δωμάτιο) διαστάσεων κάτοψης 4,00×5,00 m και μικτού ύψους 2,80 m περιβάλλεται από τοίχους δύο στρώσεων οπτοπλίνθων και διάκενο 5 cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου είναι $1,17 \frac{W}{m^2 K}$. Θεωρώντας σταθερή εσωτερική θερμοκρασία 21 °C και εξωτερική 5 °C,

να υπολογισθούν η ισχύς θερμικών απωλειών, καθώς επίσης και η θερμική ενέργεια που χάνεται σε 8 ώρες λειτουργίας γραφείου. Η οροφή και το πάτωμα θεωρείται ότι έχουν αμελητέες θερμικές απώλειες.

Λύση

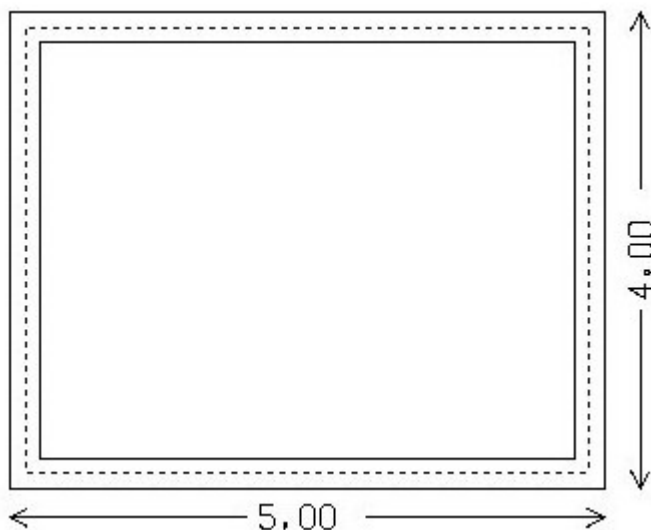
Ο τοίχος αποτελείται από μία εσωτερική στρώση σοβά (1 cm), μία σειρά οπτόπλινθων (9 cm), διάκενο (5 cm), δεύτερη σειρά οπτόπλινθων (9 cm) και εξωτερική στρώση σοβά (1 cm). Πάχος τοίχου: $d=0,01 + 0,09 + 0,05 + 0,09 + 0,01 = 0,25m$.

Κανονικά πρέπει να υπολογίζουμε το μέσο μήκος των τοίχων:

$$b_x = 5,00 - \frac{0,25}{2} - \frac{0,25}{2} = 4,75 \text{ m}$$

$$b_y = 4,00 - \frac{0,25}{2} - \frac{0,25}{2} = 3,75 \text{ m}$$

$$\text{Περίμετρος } L = 2(3,75 + 4,75) = 17,00 \text{ m}$$



Όμως ο ΚΕνΑΚ για λόγους ευκολίας και πρακτικότητας επιτρέπει να παίρνουμε τις εξωτερικές διαστάσεις:

$$b_x = 5,00 \text{ m}, b_y = 4,00 \text{ m} \text{ και } L = 2(4,00 + 5,00) = 18,00 \text{ m}$$

Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη περίμετρος δίνει μεγαλύτερο εμβαδόν και οδηγεί σε υπολογισμό μεγαλύτερων θερμικών απωλειών από τις πραγματικές. Δηλαδή ο ΚΕνΑΚ υπερεκτιμά τις απώλειες από τα επιφανειακά στοιχεία. Αυτή την υπερεκτίμηση διορθώνει ο ΚΕνΑΚ (εν μέρει) με τεχνητή μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας στις θερμογέφυρες, όπως περιγράφεται αργότερα.

Παρεμπιπτόντως, ως θερμικές απώλειες Θ_A ενός δομικού στοιχείου του κελύφους ονομάζουμε την ισχύ που διαπερνά το στοιχείο ανά βαθμό Κέλβιν (διαφορά θερμοκρασίας):

$$\Theta_A: \frac{W}{K}$$

Σε ένα επιφανειακό δομικό στοιχείο εμβαδού A ισχύει:

$$\Theta_A = U \cdot A \quad \text{μονάδες: } \frac{W}{m^2 K} m^2 = \frac{W}{K}$$

Από την άλλη μεριά, ισχύς θερμικών απωλειών είναι η ισχύς P που διαπερνά το στοιχείο. Σε επιφανειακό στοιχείο εμβαδού A και διαφορά θερμοκρασίας ΔT στην δύο επιφάνειές του:

$$P = \Theta_A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{μονάδες: } \frac{W}{m^2 K} m^2 K = W$$

Κατ' αντιστοιχία, ενέργεια θερμικών απωλειών σε χρόνο t ορίζεται η ενέργεια (θερμότητα) που διαπερνά το επιφανειακό δομικό στοιχείο σε χρόνο t :

$$Q = P \cdot \Delta t = U \cdot A \cdot \Delta T \cdot t \quad \text{μονάδες: } \frac{W}{m^2 K} m^2 K \cdot sec = W \cdot sec = \text{Joule}$$

Στο παράδειγμα το εμβαδόν των τοίχων είναι (θεωρώντας πλάκα μόνο στην οροφή):

$$A = 18,00 \cdot 2,80 = 50,40 \text{ m}^2$$

Η ισχύς θερμικών απωλειών είναι:

$$P = U \cdot A \cdot \Delta T = 1,17 \frac{W}{m^2 K} \cdot 50,40 m^2 \cdot (21 - 5) K = 944 W = 0,944 kW$$

Η ενέργεια θερμικών απωλειών είναι:

$$Q = P \cdot t = 0,944 W \cdot 8 h = 7,55 kWh$$

5. Παράδειγμα 2

Στο γραφείο προηγούμενου παραδείγματος τοποθετείται μόνωση στο διάκενο των 5 cm και συντελεστής θερμοπερατότητας γίνεται:

$$U = 0,44 \frac{W}{m^2 K}$$

Θεωρώντας θέρμανση με ηλεκτρικό καλοριφέρ (που πρακτικά έχει απόδοση 100%), για 3 μήνες και κόστος ΔΕΗ 0,13 €/kWh, να υπολογιστεί η οικονομία που γίνεται με την μόνωση.

Λύση

Ισχύς θερμικών απωλειών με τη μόνωση:

$$P_1 = U \cdot A \cdot \Delta T = 0,44 \frac{W}{m^2 K} \cdot 50,4 m^2 K \cdot (21 - 5) K = 355 W = 0,355 kW$$

Ενέργεια θερμικών απωλειών:

$$Q_1 = P_1 \cdot t = 0,355 kW \cdot 8 h = 2,84 kWh$$

Θεωρώντας 25 εργάσιμες ανά μήνα, έχουμε $3 \cdot 25 = 75$ εργάσιμες μέρες στους 3 μήνες.

Οικονομία σε kWh στους 3 μήνες:

$$Q_3 = 75(Q - Q_1) = 75 \cdot (7,55 - 2,84) = 353,3 \text{ kWh}$$

Οικονομία σε χρήματα:

$$X = 0,13 \cdot 353,3 = 46 \text{ €}$$

6. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κάθε δομικού στοιχείου

Θα πρέπει η θερμοπερατότητα κάθε δομικού στοιχείου να είναι μικρότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοπερατότητα για κάθε κλιματική ζώνη:

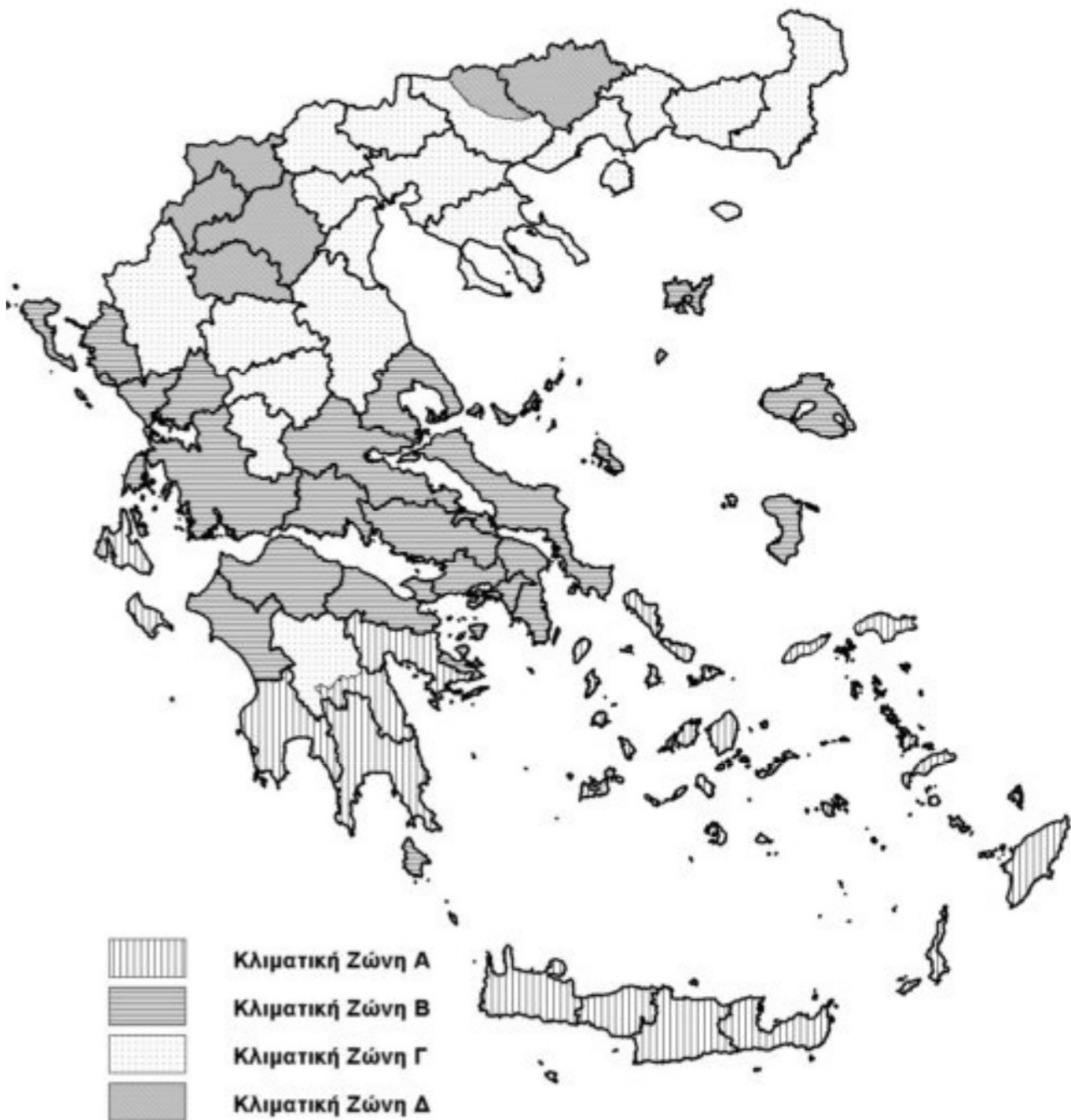
$$U_i \leq U_{i, \text{max}, \text{ζώνης}}$$

Η Ελλάδα είναι χωρισμένη σε 4 κλιματικές ζώνες ανάλογα με το κρύο που επικρατεί σε κάθε μέρος όπως φαίνεται στο Σχήμα 1 και Πίνακα 1. Η κλιματική ζώνη Α περιλαμβάνει τα θερμότερα μέρη της Ελλάδας (π.χ. Κρήτη) και ζώνη Δ τα ψυχρότερα (π.χ. ν. Δράμας).

Πίνακας 1. Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας και Ιθάκης, Κυθήρων και νησιών Σαρωνικού (Αττικής), και πεδινής Αρκαδίας.
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων και νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Ορεινής Αρκαδίας, Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Περίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός βορειανατολικού τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (βορειανατολικό τμήμα), Δράμας.

Σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ, αν ένα κτίριο βρίσκεται σε υψόμετρο >500 m, η ζώνη του αυξάνεται κατά 1. Δηλαδή αν είναι στη ζώνη Α, τότε γίνεται ζώνη Β, η ζώνη Β γίνεται Γ και η ζώνη Γ γίνεται Δ. Η Δ παραμένει ως έχει. Εξαιρέση του ανώτερου κανόνα, αποτελεί το κεντρικό τμήμα του ν. Αρκαδίας (ζώνη Γ) και το ΒΑ τμήμα του ν. Σερρών (ζώνη Δ) τα οποία έχουν υψόμετρο >500m και η αύξηση της ζώνης έχει ήδη ενσωματωθεί στον κανονισμό.



Σχήμα 1. Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.

Γενικά στη ζώνη Α βρίσκεται η νότια Πελοπόννησος, η Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου νότια της Χίου και τα νησιά του Ιονίου νότια της Λευκάδας. Στη ζώνη Β βρίσκεται η βόρεια Πελοπόννησος, η Στερεά Ελλάδα, η Ήπειρος, η Χίος, η Λέσβος, η Λήμνος, η Λευκάδα και η Κέρκυρα. Στη ζώνη Γ βρίσκεται η υπόλοιπη Ελλάδα εκτός από ορεινούς νομούς της Μακεδονίας που βρίσκονται στη ζώνη Δ.

Η έννοια είναι ότι σε πιο ψυχρά κλίματα η ανάγκη για μόνωση είναι μεγαλύτερη, αφού ο εξωτερικός χώρος είναι ψυχρότερος, δηλαδή οι θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στις δύο επιφάνειες ενός δομικού στοιχείου είναι μεγαλύτερες και συνεπώς η ροή της θερμότητας είναι μεγαλύτερη. Έτσι οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας μειώνονται καθώς πηγαίνουμε από τη ζώνη Α στη ζώνη Δ (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας U δομικών στοιχείων

Είδος δομικού στοιχείου	Σύμβολο	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Οροφές (με αέρα)	U_R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι (αέρα)	U_T	0,60	0,50	0,45	0,40
Εξωτερικοί τοίχοι (έδαφος)	U_{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα (πλοτές)	U_{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα (έδαφος)	U_{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα	U_w	3,20	3,00	2,80	2,60

7. Παράδειγμα 3

Μονώροφο κτίριο κάτοψης $10,00 \times 10,00$ m και καθαρού ύψους 2,80 m, βρίσκεται στο νομό Αττικής σε υψόμετρο 150m και διαθέτει τα παρακάτω επιφανειακά στοιχεία κελύφους:

α) Εξωτερικοί τοίχοι με μόνωση: $U_T = 0,44 \frac{W}{m^2 K}$

β) Μονωμένη οροφή από σκυρόδεμα: $U_R = 0,371 \frac{W}{m^2 K}$

γ) Δάπεδο από σκυρόδεμα με μόνωση σε πλοτή: $U_{FA} = 0,382 \frac{W}{m^2 K}$

δ) Δύο μπαλκονόπορτες αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα διαστάσεων $2,00 \times 2,20$ m:

$$U_w = 2,8 \frac{W}{m^2 K}$$

Οι τοίχοι διαθέτουν περίδεσμο ενίσχυσης (σενάζ) πάχους 10 cm πάνω από το πρέκι (υπέρθυρο) των κουφωμάτων. Να ελεγχθεί αν το κτίριο έχει θερμομονωτική επάρκεια κατά ΚΕνΑΚ. Προς το παρόν να αγνοηθεί ο έλεγχος του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας.

Λύση

Το κτίριο βρίσκεται στο νομό Αττικής και έτσι υπάγεται στην κλιματική ζώνη Β. Επειδή $h = 150$ m $<$ 500 m δεν αλλάζουμε κλιματική ζώνη. Για τη ζώνη Β ισχύουν τα παρακάτω όρια για το συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων:

Οροφές (με αέρα): $U_{R,max} = 0,45 \frac{W}{m^2 K}$

Εξωτερικοί τοίχοι (με αέρα): $U_{T,max} = 0,50 \frac{W}{m^2 K}$

Δάπεδα (με αέρα – πλοτή): $U_{FA,max} = 0,45 \frac{W}{m^2 K}$

Κουφώματα: $U_{w,max} = 3 \frac{W}{m^2 K}$

Έλεγχος:

$$U_R = 0,371 < U_{R,max} = 0,45 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{εντάξει}$$

$$U_T = 0,44 < U_{T,max} = 0,50 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{εντάξει}$$

$$U_{FA} = 0,382 < U_{FA,max} = 0,45 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{εντάξει}$$

$$U_w = 2,8 < U_{w,max} = 3 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{εντάξει}$$

8. Έλεγχος μέσης θερμοπερατότητας όλου του κελύφους του κτιρίου

Εκτός από τη θερμοπερατότητα κάθε δομικού στοιχείου, πρέπει να ελέγχεται και η μέση τιμή της θερμοπερατότητας όλου του κελύφους του κτιρίου, η οποία πρέπει να είναι μικρότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της εκάστοτε κλιματικής ζώνης:

$$U_m \leq U_{m,max, \text{ζώνης}}$$

8.1 Υπολογισμός μέσης θερμοπερατότητας κελύφους κτιρίου χωρίς θερμογέφυρες

Αν αγνοηθούν οι θερμογέφυρες (που περιγράφονται παρακάτω), η μέση θερμοπερατότητα του κτιρίου δίνεται:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j U_j b_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

όπου:

$U_m \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$ είναι ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας,

j είναι το εκάστοτε επιφανειακό δομικό στοιχείο του κελύφους του κτιρίου,

A_j, U_j είναι το εξωτερικό εμβαδόν και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου j ,

b_j είναι μειωτικός συντελεστής (συνήθως $b_j=1$)

Οι μειωτικοί συντελεστές είναι ίσοι με 1, εκτός αν το δομικό στοιχείο συνορεύει με θερμομονωμένους χώρους του ίδιου κτιρίου (π.χ. σε περίπτωση προσθήκης δωματίου), οπότε $b=0,5$. Στον τύπο λαμβάνονται όλα τα δομικά επιφανειακά στοιχεία που βρίσκονται στους κελύφους του κτιρίου: τοίχοι, κουφώματα, υποστυλώματα, δοκοί, σενάζ, πλάκες (οροφή), δαπεδα. Επίσης δομικά επιφανειακά στοιχεία που συνορεύουν με αίθριους χώρους, φωταγωγούς (μη θερμαινόμενους) που βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου.

Ο χώρος που περικλείεται από τα ως άνω επιφανειακά δομικά στοιχεία, ογκομετρείται και όγκος του χρησιμεύει για τον υπολογισμό του συντελεστή $\frac{A}{V}$ που χρειάζεται για τον υπολογισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής της μέσης θερμοπερατότητας. Γενικώς στον όγκο του κτιρίου δεν συνυπολογίζονται χώροι που δεν θερμαίνονται.

8.2 Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κελύφους κτιρίου

Εκτός από τη κλιματική ζώνη, η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας εξαρτάται και από το λόγο εμβαδού κελύφους προς όγκο του κτιρίου $\frac{A}{V}$. Αν

το εμβαδόν είναι μικρό σε σχέση με τον όγκο του κτιρίου, δεν υπάρχει μεγάλη επιφάνεια για να διαφεύγει (ή να εισέρχεται το καλοκαίρι) θερμότητα, και έτσι δεν χρειάζεται μεγάλη μόνωση. Αν όμως το κτίριο έχει μεγάλο εμβαδόν κελύφους σε σχέση με τον όγκο του, η ροή θερμότητας που διαπερνά το κέλυφος είναι μεγάλη, και έτσι το κτίριο χρειάζεται μεγάλη μόνωση (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κελύφους κτιρίου

Λόγος A/V (m ⁻¹)	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Έτσι παρατηρούμε ότι μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m,max}$ μικραίνει όσο μεγαλώνει λόγος A/V (m⁻¹) σε κάθε ζώνη. Οι τιμές του Πίνακα 3 αντιστοιχούν στις παρακάτω σχέσεις:

$$\text{Ζώνη Α: } U_{m,max}\left(\frac{A}{V}\right) = 1,373 - 0,57 \frac{A}{V} + 0,003 \left(\frac{A}{V}\right)^2$$

$$\text{Ζώνη Β: } U_{m,max}\left(\frac{A}{V}\right) = 1,25 - 0,557 \frac{A}{V} + 0,04 \left(\frac{A}{V}\right)^2$$

$$\text{Ζώνη Γ: } U_{m,max}\left(\frac{A}{V}\right) = 1,142 - 0,47 \frac{A}{V} - 0,01 \left(\frac{A}{V}\right)^2$$

$$\text{Ζώνη Δ: } U_{m,max}\left(\frac{A}{V}\right) = 1,054 - 0,457 \frac{A}{V}$$

Για όλες τις παραπάνω σχέσεις ισχύουν:

$$\alpha) \text{ Αν } \frac{A}{V} < 0,2 \quad \text{τότε θέτουμε } \frac{A}{V} = 0,2$$

$$\beta) \text{ Αν } \frac{A}{V} > 1 \quad \text{τότε θέτουμε } \frac{A}{V} = 1$$

γ) Το αποτέλεσμα που δίνουν οι τύποι στρογγυλεύεται στα δύο δεκαδικά.

Ένας εμπειρικός γενικός τύπος που δίνει το $U_{m,max}$ για όλες τις ζώνες είναι:

$$U_{m,max}\left(\zeta, \frac{A}{V}\right) = 1,412 - 0,504 \frac{A}{V} - 0,084 \zeta$$

όπου $\zeta=1,2,3$ ή 4 για τις ζώνες Α, Β, Γ ή Δ αντίστοιχα και ισχύουν οι παραπάνω προϋποθέσεις α), β) και γ). Ο τύπος έχει μέσο τετραγωνικό σφάλμα 1.5 %.

9. Παράδειγμα 4

Μονώροφο κτίριο κάτοψης 10,00 × 10,00 m και καθαρού ύψους 2,80 m, βρίσκεται στο νομό Αττικής σε υψόμετρο 150 m και διαθέτει τα παρακάτω επιφανειακά στοιχεία κελύφους:

$$\alpha) \text{ Εξωτερικοί τοίχοι με μόνωση: } U_T = 0,44 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\beta) \text{ Μονωμένη οροφή από σκυρόδεμα: } U_R = 0,371 \frac{W}{m^2 K}$$

γ) Δάπεδο από σκυρόδεμα με μόνωση σε πιλοτή: $U_{FA} = 0,382 \frac{W}{m^2 K}$

δ) Δύο μπαλκονόπορτες αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα διαστάσεων $2,00 \times 2,20$ m:

$$U_w = 2,8 \frac{W}{m^2 K}$$

Οι τοίχοι διαθέτουν περίδεσμο ενίσχυσης (σενάζι) πάχους 10 cm πάνω από το πρέκι (υπέρθυρο) των κουφωμάτων. Να ελεγχθεί αν το κτίριο έχει θερμομονωτική επάρκεια κατά ΚΕνΑΚ. Προς το παρόν να αγνοηθούν οι θερμογέφυρες στον έλεγχο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας.

Λύση

Ο έλεγχος των επιμέρους επιφανειακών δομικών στοιχείων έχει γίνει στο παράδειγμα 3. Το ύψος του κτιρίου μαζί με τις πλάκες της οροφής και του πατώματος είναι $2,80+0,20+0,20=3,20$ m. Για τον έλεγχο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κελύφους κτιρίου (χωρίς τις θερμογέφυρες) συντάσσεται ο παρακάτω πίνακας:

α/α	Δομικό Στοιχείο	Διαστάσεις (m)	A_i (m^2)	U_i ($W/(m^2K)$)	$A_i U_i$ (W/K)
1	Οροφή	10×10	100,00	0,371	37,1
2	Δάπεδο	10×10	100,00	0,382	38,2
3	Κουφώματα: 2 μπαλκονόπορτες	$2 \times 2,20$	$2 \cdot 4,40=8,80$	2,8	24,64
4	Τοίχοι	$10 \times 3,20$	$2 \cdot 32=64,00$	0,44	28,16
5	Τοίχοι με μπαλκονόπορτες	$10 \times 3,20 -$ $2 \times 2,20$	$2 \cdot 27,6=55,20$	0,44	24,29
Αθροίσματα:			328		152,39

Οι διορθωτικοί συντελεστές $b_j=1$ διότι κανένα δομικό στοιχείο δεν συνορεύει με θερμαινόμενο χώρο. Η μέση θερμοπερατότητα είναι:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j U_j b_j}{\sum_{j=1}^n A_j} = \frac{152,39 \frac{W}{K}}{328 m^2} = 0,465 \frac{W}{m^2 K}$$

Ο όγκος του περικλείεται από την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου είναι:

$$V = 10,00 \cdot 10,00 \cdot 3,20 = 320,00 m^3$$

Ο λόγος εμβαδού προς όγκο είναι:

$$\frac{A}{V} = \frac{328}{320} = 1,025 > 1 \Rightarrow \frac{A}{V} = 1$$

Η ζώνη Β αντιστοιχεί σε $\zeta=2$ και από τον εμπειρικό τύπο η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας προκύπτει:

$$U_{m,max} = 1,412 - 0,504 \frac{A}{V} - 0,084 \zeta = 1,412 - 0,504 \cdot 1 - 0,084 \cdot 2 = 0,74 \frac{W}{m^2 K}$$

Έτσι:

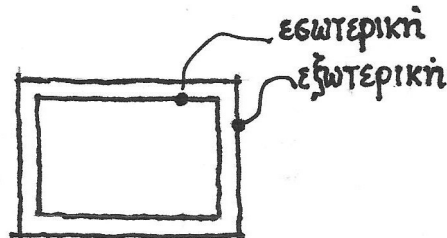
$$U_m = 0,465 < U_{m,max} = 0,74 \quad \text{εντάξει}$$

Ας σημειωθεί ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας που δίνει ο Πίνακας 3, για κλιματική ζώνη Β είναι:

$$U_{m,max} = 0,73$$

10. Θερμογέφυρες

Πριν προχωρήσουμε στον ακριβέστερο υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας, πρέπει να αναφερθούν οι θερμογέφυρες και ο υπολογισμός της επιφάνειας του κελύφους. Σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ, το εμβαδόν της επιφάνειας του κελύφους υπολογίζεται πάντα στην εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου:



Η εξωτερική επιφάνεια όμως έχει μεγαλύτερο εμβαδόν από την εσωτερική και έτσι η ισχύς της ροής της θερμότητας που υπολογίζεται είναι λίγο μεγαλύτερη από την πραγματική. Αυτό το σφάλμα διορθώνεται (εν μέρει) με κατάλληλες τιμές του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας στις θερμογέφυρες.

10.1 Ορισμός θερμογέφυρας

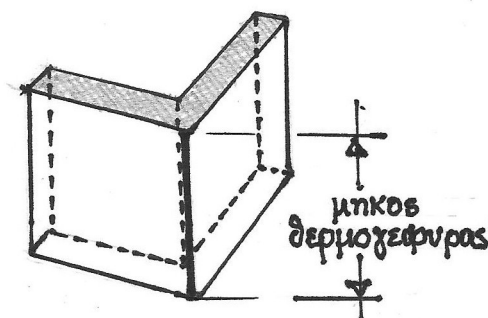
Θερμογέφυρες ονομάζονται τα σημεία του κελύφους του κτιρίου, στα οποία αλλάζει η θερμοπερατότητα των δομικών στοιχείων, είτε γιατί αλλάζει μονωτικό υλικό, είτε λόγω αλλαγής στη γεωμετρία (π.χ. γωνίες).

Οι θερμογέφυρες αποτελούν ασθενή σημεία στο κέλυφος του κτιρίου από τα οποία μπορεί να περάσει μη αμελητέα ροή θερμότητας. Μπορούν να αυξήσουν τις θερμικές απώλειες του κτιρίου

$\left(\frac{W}{K}\right)$ από 5% έως και 30% ανάλογα με τη γεωμετρία του κτιρίου (δηλαδή με το πλήθος

θερμογεφυρών). Στα σημεία θερμογεφυρών αναπτύσσεται συνήθως συμπύκνωση υδρατμών και υγρασία που μπορούν να οδηγήσουν σε αστοχίες.

Οι θερμικές μπορεί να είναι γραμμικές ή σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες εκτείνονται κατά μήκος τομής δυο επιφανειακών δομικών στοιχείων του κελύφους, όπως για παράδειγμα δύο τοίχοι που τέμνονται σε μία γωνιακή ακμή:



Η διάδοση της θερμότητας κατά μήκος της θερμογέφυρας είναι δισδιάστατη (και όχι μονοδιάστατη όπως στα επιφανειακά δομικά στοιχεία).

Σημειακές θερμογέφυρες είναι η τομή δύο γραμμικών θερμογεφυρών όπου η ροή της θερμότητας είναι τρισδιάστατη. Οι σημειακές θερμογέφυρες προκαλούν αμελητέα θερμική ροή και αγνοούνται.

10.2 Γραμμικές θερμογέφυρες

Κατά αντιστοιχία με το συντελεστή θερμοπερατότητας των επιφανειακών δομικών στοιχείων του κελύφους, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ ορίζεται ως η θερμότητα (ενέργεια) που διαπερνά μία θερμογέφυρα ανά τη μονάδα του χρόνου, ανά τη μονάδα διαφοράς θερμοκρασίας, ανά τη μονάδα μήκους:

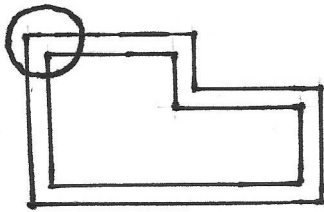
$$\Psi = \frac{E}{t \cdot L \cdot \Delta T} = \frac{P}{L \cdot \Delta T} \quad \text{μονάδες: } \frac{W}{m \cdot K}$$

Ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ είναι θετική ποσότητα. Όμως προκειμένου να διορθώσουμε το σφάλμα που γίνεται από την υπερεκτίμηση των θερμικών απωλειών που γίνεται επειδή χρησιμοποιούμε την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου, μειώνουμε τεχνητά τον Ψ , και μερικές φορές η μείωση είναι τόσο μεγάλη που ο Ψ γίνεται αρνητικός αριθμός.

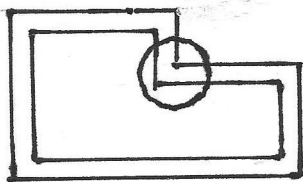
Οι γραμμικές θερμογέφυρες χωρίζονται σε κατακόρυφες (συναρμογές κατακόρυφων δομικών στοιχείων), σε οριζόντιες (συναρμογές οριζόντιων δομικών στοιχείων), και σε θερμογέφυρες κουφωμάτων (συναρμογή κουφωμάτων με τοίχους).

10.3 Κατακόρυφες γραμμικές θερμογέφυρες

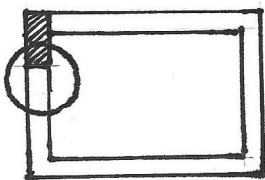
1) Εξωτερικών γωνιών



2) Εσωτερικών γωνιών



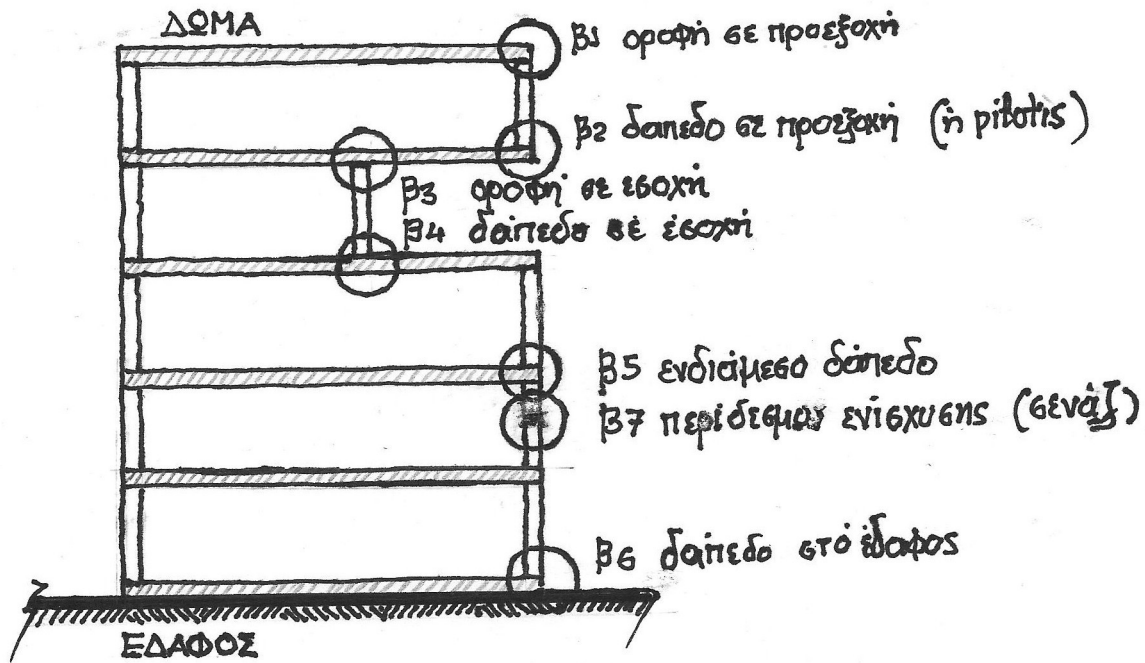
3) Ένωση Δομικών στοιχείων (π.χ. τοίχος πλήρωσης με τοίχιο από σκυρόδεμα)



10.4 Οριζόντιες γραμμικές θερμογέφυρες

Στο παρακάτω σχήμα διακρίνουμε οριζόντιες θερμογέφυρες σε:

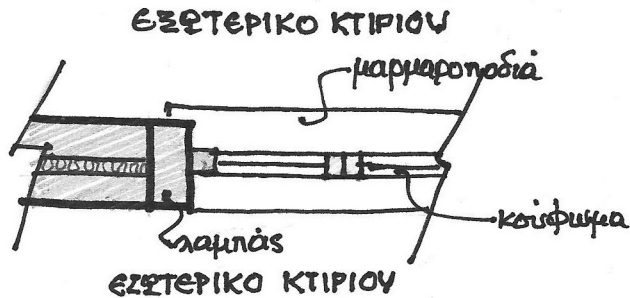
- 1) Οροφή σε προεξοχή
- 2) Δάπεδο σε προεξοχή
- 3) Οροφή σε εσοχή
- 4) Δάπεδο σε εσοχή
- 5) Ενδιάμεσο δάπεδο
- 6) Δάπεδο σε έδαφος
- 7) Περίδεσμος ενίσχυσης (σενάζ)



10.5 Θερμογέφυρες κουφωμάτων

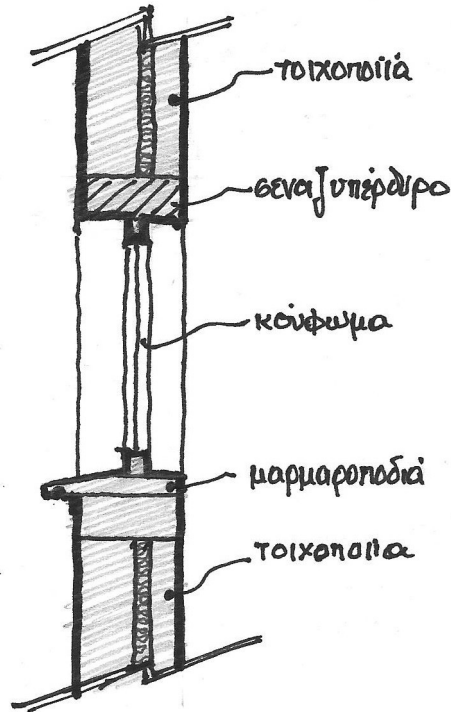
Διακρίνονται σε:

- 1) θερμογέφυρες στο λαμπά (κατακόρυφες)



ΚΑΤΟΨΗ (ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ)

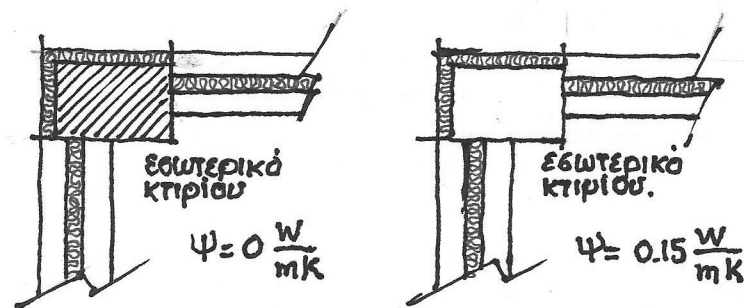
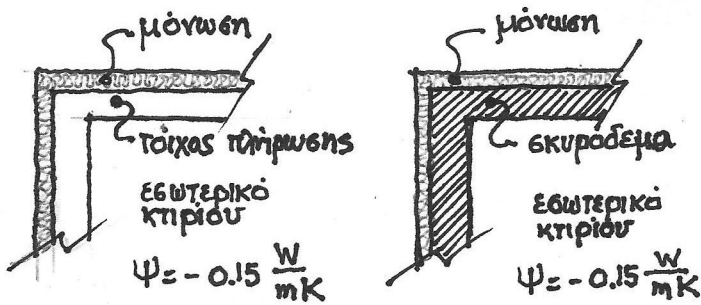
2) θερμογέφυρες στο ανώκασι και στο κατωκασί (οριζόντιες)



ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΤΟΜΗ

10.6 Επιλογή θερμογεφυρών

Ο υπολογισμός της γραμμικής θερμοπερατότητας μίας θερμογέφυρας είναι δύσκολος και για αυτό το λόγο ο ΚΕΝΑΚ περιέχει πίνακα με συνηθισμένες περιπτώσεις θερμογεφυρών τις οποίες μπορούμε να πάρουμε έτοιμες. Για παράδειγμα για κατακόρυφη θερμογέφυρα εξωτερικής γωνίας υπάρχουν οι παρακάτω που διαφέρουν στη γεωμετρία, στη θέση της μόνωσης και στο υλικό (σκυρόδεμα ή τοιχοποιία):



Παρατηρούμε ότι όπου διακόπτεται η συνέχεια της μόνωσης, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ αυξάνει (δηλαδή αυξάνουν οι απώλειες).

10.7 Υπολογισμός μέσης θερμοπερατότητας κελύφους κτιρίου με θερμογέφυρες

Με τις θερμογέφυρες η μέση θερμοπερατότητα του κτιρίου δίνεται:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j U_j b_j + \sum_{i=1}^v L_i \Psi_i b_i}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

όπου:

$U_m \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$ είναι ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας,

j είναι το εκάστοτε επιφανειακό δομικό στοιχείο του κελύφους του κτιρίου,

A_j, U_j είναι το εξωτερικό εμβαδόν και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου j ,

b_j είναι μειωτικός συντελεστής (συνήθως $b_j=1$),

L_i, Ψ_i είναι το μήκος και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας i ,

b_i είναι μειωτικός συντελεστής (συνήθως $b_i=1$).

Οι μειωτικοί συντελεστές είναι ίσοι με 1, εκτός αν το δομικό στοιχείο συνορεύει με θερμομονωμένους χώρους του ίδιου κτιρίου (π.χ. σε περίπτωση προσθήκης δωματίου), οπότε $b=0,5$.

11. Παράδειγμα 5

Μονώροφο κτίριο κάτοψης $10,00 \times 10,00$ m και καθαρού ύψους 2,80 m, βρίσκεται στο νομό Αττικής σε υψόμετρο 150m και διαθέτει τα παρακάτω επιφανειακά στοιχεία κελύφους:

α) Εξωτερικοί τοίχοι με μόνωση: $U_T = 0,44 \frac{W}{m^2 K}$

β) Μονωμένη οροφή από σκυρόδεμα: $U_R = 0,371 \frac{W}{m^2 K}$

γ) Δάπεδο από σκυρόδεμα με μόνωση σε πιλοτή: $U_{FA} = 0,382 \frac{W}{m^2 K}$

δ) Δύο μπαλκονόπορτες αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα διαστάσεων $2,00 \times 2,20$ m:

$$U_W = 2,8 \frac{W}{m^2 K}$$

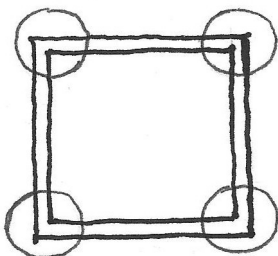
Οι τοίχοι διαθέτουν περιδεσμο ενίσχυσης (σενάζ) πάχους 10 cm πάνω από το πρέκι (υπέρθυρο) των κουφωμάτων. Να ελεγχθεί αν το κτίριο έχει θερμομονωτική επάρκεια κατά ΚΕνΑΚ.

Λύση

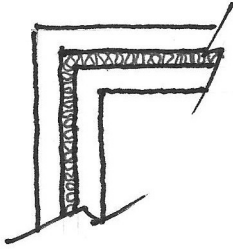
Ο έλεγχος των επιμέρους επιφανειακών δομικών στοιχείων έχει γίνει στο παράδειγμα 3. Για τον έλεγχο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας πρέπει να βρεθούν οι θερμογέφυρες.

11.1 Κατακόρυφες θερμογέφυρες

Τις ψάχνουμε στην κάτοψη του κτιρίου:



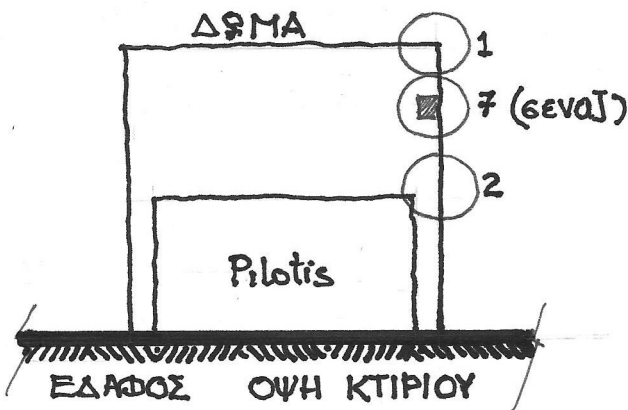
11.1.1 Εξωτερικές γωνίες περίπτωση ΕΞΓ-11:



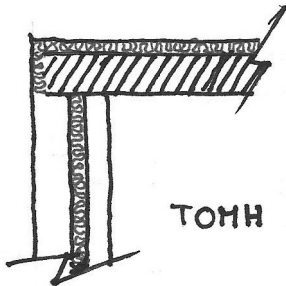
$$\Psi = -0,20 \frac{W}{mK} \quad L = 3.2 m$$

11.2 Οριζόντιες θερμογέφυρες

Τις ψάχνουμε στην όψη ή τομή του κτιρίου:

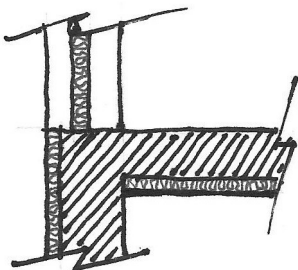


11.2.1 Οροφή σε προεξοχή (1) περίπτωση Δ-28:



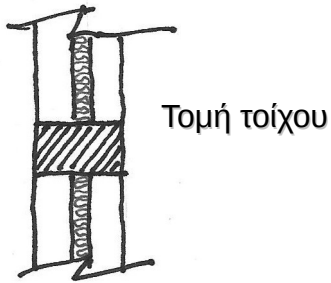
$$\Psi = 0,10 \frac{W}{mK} \quad L = 10 m \quad \text{και έχουμε 4 τέτοιες θερμογέφυρες.}$$

11.2.2 Δάπεδο σε προεξοχή ή πιλοτή (2) περίπτωση ΔΠ-11:



$$\Psi = 0,65 \frac{W}{mK} \quad L = 10 m \quad \text{Έχουμε 4 τέτοιες θερμογέφυρες.}$$

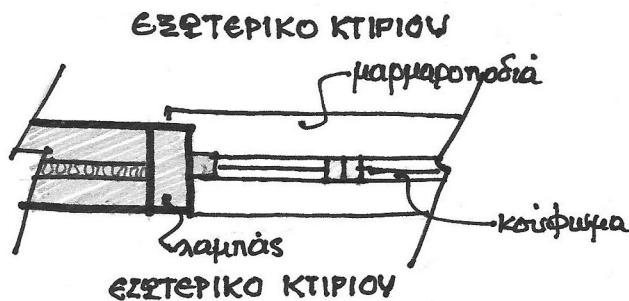
11.2.3. Περίδεσμος ενίσχυσης (7) περίπτωση ΠΡ-4:



$$\Psi = 0,50 \frac{W}{mK} \quad L = 10 m \quad \text{και έχουμε 4 τέτοιες θερμογέφυρες.}$$

11.3 Θερμογέφυρας κουφωμάτων

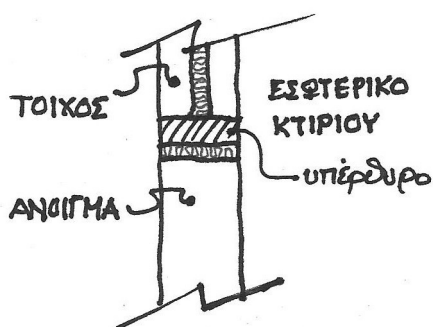
11.3.1. Λαμπάς κουφώματος περίπτωση Λ-5:



Λαμβάνεται η περίπτωση Λ-5 ως πιο κοντινή του σχήματος της μπαλκονόπορτας (κάτοψη).

$\Psi = 0,00 \frac{W}{mK}$, $L = 2,20 m$ και έχουμε $2 \cdot 2 = 4$ τέτοιες θερμογέφυρες (δύο σε κάθε μπαλκονόπορτα).

11.3.2 Ανωκάσι κουφώματος, περίπτωση ΑΚ-5



Τομή τοίχου πάνω από το κούφωμα

Λαμβάνεται η περίπτωση ΑΚ-5 ως κοντινή του σχήματος της μπαλκονόπορτας (σε τομή) και ως δυσμενέστερη:

$$\Psi = 0,55 \frac{W}{mK} \quad , \quad L = 2m \quad \text{και έχουμε 2 τέτοιες θερμογέφυρες.}$$

11.3.3 Κατωκάσι κουφώματος, περίπτωση ΑΚ-5:

Λαμβάνεται η περίπτωση ΑΚ-5 ως κοντινή του σχήματος της μπαλκονόπορτας (σε τομή) και ως

δυσμενέστερη:

$$\Psi = 0,55 \frac{W}{mK}, \quad L=2 \quad \text{και έχουμε 2 τέτοιες θερμογέφυρες.}$$

11.4 Υπολογισμός μέσης θερμοπερατότητας

Για τον έλεγχο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κελύφους κτιρίου συντάσσονται οι παρακάτω πίνακες:

Επιφανειακά δομικά στοιχεία

α/α	Δομικό Στοιχείο	Διαστάσεις (m)	A_i (m^2)	U_i ($W/(m^2K)$)	Θερμικές απώλειες $A_i U_i$ (W/K)
1	Οροφή	10 × 10	100,00	0,371	37,1
2	Δάπεδο	10 × 10	100,00	0,382	38,2
3	Κουφώματα: 2 μπαλκονόπορτες	2 × 2,20	2·4,40=8,80	2,8	24,64
4	Τοίχοι	10 × 3,20	2·32=64,00	0,44	28,16
5	Τοίχοι με μπαλκονόπορτες	10 × 3,20 - 2 × 2,20	2·27,6=55,20	0,44	24,29
Αθροίσματα:			328		152,39

Θερμογέφυρες

α/α	Θερμογέφυρα	Μήκος L_i (m)	Ψ_i ($W/(m K)$)	Θερμικές απώλειες $L_i \Psi_i$ (W/K)
1	ΕΕΓ-11	4 × 3,20= 12,80	-0,20	-2,56
2	Δ-28	4 × 10,00=40,00	0,10	4
3	ΔΠ-11	4 × 10,00=40,00	0,65	26
4	ΠΡ-4	4 × 10,00=40,00	0,50	20
5	Λ-5	4 × 2,20=8,80	0,00	0,00
6	ΑΚ-5	2 × 2,00=4,00	0,55	2,20
7	ΑΚ-5	2 × 2,00=4,00	0,55	2,20
Αθροισμα				51,84

Οι διορθωτικοί συντελεστές $b_j=1$ διότι κανένα δομικό στοιχείο δεν συνορεύει με θερμαινόμενο χώρο. Η μέση θερμοπερατότητα είναι:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j U_j b_j + \sum_{i=1}^v L_i \Psi_i b_i}{\sum_{j=1}^n A_j} = \frac{152,39 \frac{W}{K} + 51,84 \frac{W}{K}}{328 m^2} = 0,623 \frac{W}{m^2 K}$$

Ο όγκος του περικλείεται από την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου είναι:

$$V = 10,00 \cdot 10,00 \cdot 3,20 = 320,00 m^3$$

Ο λόγος εμβαδού προς όγκο είναι:

$$\frac{A}{V} = \frac{328}{320} = 1,025 > 1 \Rightarrow \frac{A}{V} = 1$$

Η ζώνη Β αντιστοιχεί σε $\zeta=2$ και από τον εμπειρικό τύπο η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας προκύπτει:

$$U_{m,max} = 1,412 - 0,504 \frac{A}{V} - 0,084 \zeta = 1,412 - 0,504 \cdot 1 - 0,084 \cdot 2 = 0,74 \frac{W}{m^2 K}$$

Έτσι:

$$U_m = 0,623 < U_{m,max} = 0,74 \quad \text{εντάξει}$$

Ας σημειωθεί ότι η μέγιστη τιμή του η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας που δίνει ο Πίνακας 3, για κλιματική ζώνη Β είναι:

$$U_{m,max} = 0,73$$

12. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας επιφανειακού δομικού στοιχείου από το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας υλικού

Πολλές φορές ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός επιφανειακού δομικού στοιχείου του κελύφους του κτιρίου, δίνεται από τον κατασκευαστή του. Σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να έχει το σήμα CE (European Community work) το οποίο δηλώνει ότι ο κατασκευαστής έχει εξασφαλίσει ότι το δομικό στοιχείο έχει την αναγραφόμενη θερμοπερατότητα. Αρκετές φορές όμως, δεν είναι γνωστός ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου, και πρέπει να υπολογιστεί.

Για διευκόλυνση του υπολογισμού ορίζουμε ως θερμική αντίσταση R τον αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας U:

$$R = \frac{1}{U} \quad , \quad \text{μονάδες:} \quad \frac{m^2 K}{W}$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική αντίσταση R ενός δομικού στοιχείου, τόσο μικρότερη θερμική ισχύς διαπερνά το στοιχείο, δηλαδή το στοιχείο προβάλλει “αντίσταση” στη διάδοση της θερμότητας. Για να υπολογίσουμε τη θερμική αντίσταση ενός δομικού στοιχείου, ας θεωρήσουμε πλάκα από σκυρόδεμα πάχους $d=10$ cm. Επειδή οι άλλες διαστάσεις της πλάκας είναι μεγάλες σε σχέση με το πάχος της, η διάδοση της θερμότητας πρακτικά γίνεται κάθετα στο επίπεδο της πλάκας και παράλληλα προς το πάχος της.

Είναι κοινή γνώση ότι όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος, τόσο δυσκολότερη είναι η διάδοση της θερμότητας μέσα από αυτή, όπως ακριβώς ένα χονδρό παλτό μονώνει καλύτερα από ένα λεπτό πουκάμισο. Μάλιστα ισχύει ότι η θερμική αντίσταση είναι ανάλογη του πάχους της πλάκας d:

$$R = \frac{1}{\lambda} \cdot d$$

όπου η σταθερά αναλογίας $\frac{1}{\lambda}$ είναι χαρακτηριστική σταθερά του υλικού (του σκυροδέματος στην

προκειμένη περίπτωση). Η σταθερά $\frac{1}{\lambda}$ λέγεται ειδική αντίσταση και η σταθερά λ ($\frac{W}{mK}$)

λέγεται συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ κάθε υλικού μπορεί να βρεθεί στον πίνακα 2 της Τεχνικής Οδηγίας 20701-02/2010 του ΤΕΕ.

13. Παράδειγμα 6

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του σκυροδέματος είναι $\lambda = 2 \frac{W}{mK}$. Να υπολογιστεί ο

συντελεστής θερμοπερατότητας πλάκας από σκυρόδεμα πάχους $d=10$ cm, $d=20$ cm, $d=30$ cm, $d=40$ cm, $d=50$ cm.

Λύση

Για $d = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$ έχουμε:

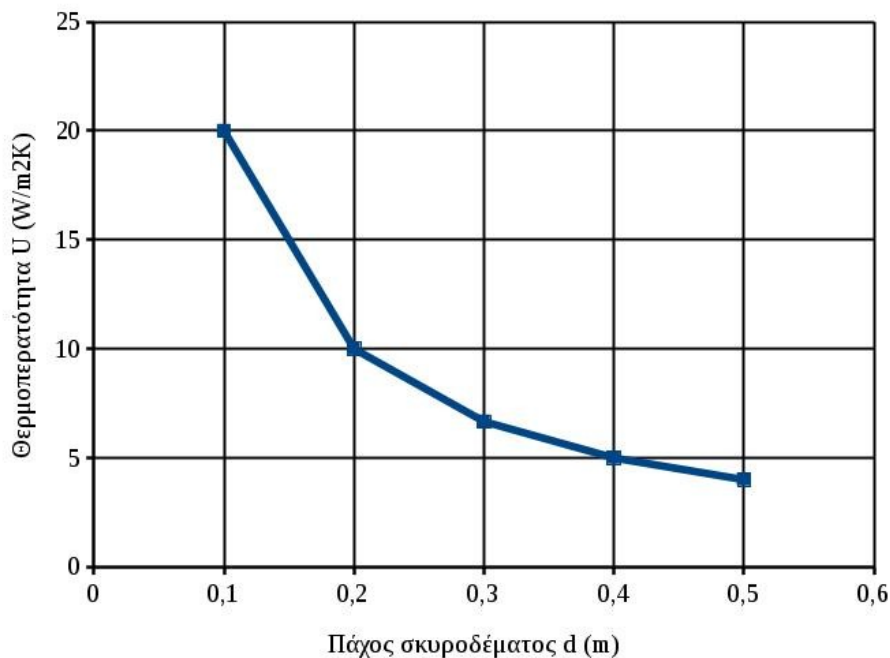
$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,1 \text{ m}}{2 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} = 0,05 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \quad \text{και}$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,05} = 20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Ομοίως φτιάχνουμε τον πίνακα:

Πάχος d (m)	Αντίσταση R ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)	Θερμοπερατότητα U ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)	Μείωση $U_{i-1} - U_i$ ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)
0,10	0,05	20,00	-
0,20	0,10	10,00	10,00
0,30	0,15	6,67	3,33
0,40	0,20	5,00	1,67
0,50	0,25	4,00	1,00

Στην τέταρτη στήλη αναγράφουμε τη μείωση στη θερμοπερατότητα που επιτυγχάνουμε με κάθε αύξηση του πάχους του υλικού κατά 10cm. Στην αρχή παρατηρούμε μία θεαματική μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας, η οποία αμέσως μετά γίνεται μικρότερη, μέχρι που στην τελευταία αύξηση του πάχους γίνεται το ένα δέκατο της αρχικής μείωσης. Το ίδιο φαίνεται και στο διάγραμμα:

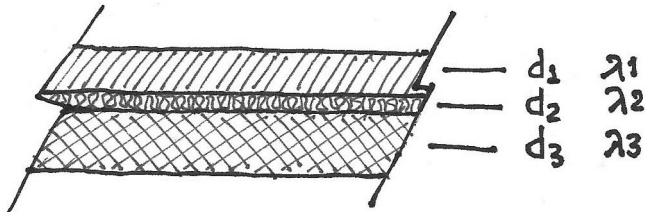


Συνεπώς, τουλάχιστον για το σκυρόδεμα, δεν είναι πρακτική λύση η αύξηση του πάχους του προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητικά μικρή θερμοπερατότητα. Και επειδή δεν μπορεί να αποφευχθεί η χρήση του σκυροδέματος αφού αποτελεί το υλικό των φερόντων στοιχείων, θα πρέπει να συνδυαστεί με άλλο υλικό το οποίο να έχει μεγαλύτερη ειδική θερμική αντίσταση, ή ισοδύναμα

μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

14. Υπολογισμός συντελεστής θερμοπερατότητας πολυστρωματικού επιφανειακού δομικού στοιχείου

Εάν έχουμε ένα επιφανειακό δομικό στοιχείο που αποτελείται από στρώσεις πολλών διαφορετικών ή και ίδιων υλικών:



τότε η θερμική αντίσταση του πολυστρωματικού ισούται με το άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων του:

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} ,$$

όπου n το πλήθος των στρώσεων. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου είναι:

$$U_{ολ} = \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}}$$

15. Παράδειγμα 7

Να υπολογιστεί το πάχος μόνωσης από πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) με $\lambda = 0,035 \frac{W}{mK}$ προκειμένου δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 10 cm, και $\lambda = 2 \frac{W}{mK}$ εδραζόμενο σε έδαφος να έχει θερμομονωτική επάρκεια κατά ΚΕνΑΚ, σε ζώνη Γ.

Λύση

Για ζώνη Γ και δάπεδο σε επαφή με έδαφος πρέπει:

$$U_{FB} \leq U_{FB,max} = 0,75 \frac{W}{m^2 K}$$

Έστω d_1, λ_1 το πάχος και θερμική αγωγιμότητα του σκυροδέματος και d_2, λ_2 το τα αντίστοιχα της διογκωμένης πολυστερίνης.

$$U_{FB} = \frac{1}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2}} \leq U_{FB,max} \Rightarrow \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \geq \frac{1}{U_{FB,max}} \Rightarrow \frac{d_2}{\lambda_2} \geq \frac{1}{U_{FB,max}} - \frac{d_1}{\lambda_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d_2 \geq \frac{\lambda_2}{U_{FB,max}} - \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot d_1$$

Αντικαθιστώντας αριθμητικές τιμές:

$$d_2 \geq \frac{0,035 \frac{W}{mK}}{0,75 \frac{W}{m^2 K}} - \frac{0,035 \frac{W}{mK}}{2 \frac{W}{mK}} \cdot 0,10 m = 0,0467 m - 0,00175 m$$

$$\Rightarrow d_2 \geq 0,0449 \text{ m } \text{ ή } 4,49 \text{ cm}$$

Επειδή οι πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης πωλούνται σε πάχος 3cm, θα τοποθετηθούν δύο στρώσεις πάχους 3cm, δηλαδή $d=6\text{cm}$. Τότε:

$$U_{FB} = \frac{1}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{0,10}{2} + \frac{0,06}{0,035}} = \frac{1}{0,05 + 1,714} = 0,567 \frac{W}{m^2 K} < U_{FB, \max} = 0,75 \frac{W}{m^2 K}$$

Αν αγνοήσουμε, επί το δυσμενέστερο, το σκυρόδεμα:

$$U_{FB} = \frac{1}{\frac{d_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{0,06}{0,035}} = 0,583 \frac{W}{m^2 K} \approx 0,567 \frac{W}{m^2 K}$$

δηλαδή το σκυρόδεμα ελάχιστα συμβάλει στη μείωση της θερμοπερατότητας.

Ας σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια οι πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης πωλούνται σε διάφορα πάχη, συμπεριλαμβανομένου του πάχους 5 cm.

16. Ακριβέστερος υπολογισμός θερμοπερατότητας πολυστρωματικού επιφανειακού δομικού στοιχείου

Στις δύο επιφάνειές του, το επιφανειακό δομικό στοιχείο έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Μεταξύ του αέρα και της επιφάνειας, αναπτύσσεται το λεγόμενο οριακό στρώμα, το οποίο είναι χαρακτηριστική ιδιότητα όλων των ρευστών και το οποίο είναι μια στρώση του ρευστού πολύ κοντά στην επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Στο οριακό στρώμα η ταχύτητα του ρευστού (του αέρα) είναι ιδιαίτερα μειωμένη σε σχέση με το υπόλοιπο ρευστό. Στην περίπτωση μας το οριακό στρώμα προβάλλει αντίσταση στην ανάμιξη του αέρα και συνεπώς και στη διάδοση της θερμότητας. Έτσι το οριακό στρώμα διαθέτει ισοδύναμη θερμική αντίσταση. Διακρίνουμε:

R_i = ισοδύναμη θερμική αντίσταση στην εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου

R_a = ισοδύναμη θερμική αντίσταση στην εξωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου

Στην περίπτωση που το δομικό στοιχείο έχει επαφή με το έδαφος, δεν υπάρχει αέρας στην εξωτερική επιφάνεια και έτσι $R_a = 0$.

Οι τιμές των R_i , R_a λαμβάνονται από τον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Ισοδύναμες θερμικές αντιστάσεις αέρα

Δομικό στοιχείο	R_i (m^2K/W)	R_a (m^2K/W)
Εξωτερικοί τοίχοι, παράθυρα με αέρα	0,13	0,04
Τοίχος με έδαφος	0,13	0
Οροφή (στέγη, δώμα)	0,10	0,04
Δάπεδο πάνω από πιλοτή	0,17	0,04
Δάπεδο σε έδαφος	0,17	0

Ο τύπος υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας πολυστρωματικού στοιχείου γίνεται:

$$U_{oi} = \frac{1}{R_i + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_a}$$

Αν το επιφανειακό δομικό στοιχείο συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο προς τα έξω, αλλά κλειστό χώρο, τότε η αντίσταση R_α παίρνει την τιμή της αντίστασης R_i :

$$R_\alpha = R_i$$

17. Παράδειγμα 8

Στην προηγούμενο παράδειγμα (7) να ληφθούν υπόψη οι θερμικές αντιστάσεις του οριακού στρώματος R_i και R_α .

Λύση

Για δάπεδο εδραζόμενο στο έδαφος, από πίνακα 4:

$$R_i = 0,17 \frac{m^2 K}{W}, \quad R_\alpha = 0$$

$$U_{FB} = \frac{1}{R_i + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_\alpha} = \frac{1}{0,17 + \frac{0,10}{2} + \frac{0,06}{0,035} + 0} = 0,517 \frac{W}{m^2 K}$$

Παρατηρούμε ότι η συμβολή της θερμικής αντίστασης του οριακού στρώματος στη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι μικρή όταν έχουμε στρώση από καλό μονωτικό υλικό. Στο προηγούμενο παράδειγμα ο συντελεστής θερμοπερατότητας ήταν 0,567 ενώ με το οριακό στρώμα έγινε 0,517 (μικρή μείωση).

Η μείωση είναι όμως σημαντική όταν δεν υπάρχει στρώση από καλό μονωτικό υλικό (το σκυρόδεμα δεν είναι καλό μονωτικό υλικό):

$$U_{FB, \text{σκυρ}} = \frac{1}{\frac{d_1}{\lambda_1}} = \frac{1}{\frac{0,10}{2}} = 20 \frac{W}{m^2 K}$$

$$U_{FB, \text{σκυρ}, \text{ορ}} = \frac{1}{R_i + \frac{d_1}{\lambda_1} + R_\alpha} = \frac{1}{0,17 + \frac{0,10}{2} + 0} = 4,54 \frac{W}{m^2 K}$$

18. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας πολυστρωματικού επιφανειακού δομικού στοιχείου με εσωτερικό διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις

Αν ανάμεσα στις στρώσεις ενός επιφανειακού δομικού στοιχείου υπάρχει διάκενο, και ο αέρας στο διάκενο είναι (πρακτικά) ακίνητος (δηλαδή όταν δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον), ο αέρας αυτός έχει ισοδύναμη θερμική αντίσταση R_δ . Η R_δ υπολογίζεται:

18.1 Μη ανακλαστικές επιφάνειες ($\epsilon=0,80$)

α) Οριζόντια ροή:

$$R_\delta(d) = 0,063 + 0,011 d - 0,00026 d^2 \leq 0,18$$

β) Κατακόρυφη ροή κάτω προς τα πάνω:

$$R_\delta(d) = 0,04 + 0,017 d - 0,0006 d^2 \leq 0,16$$

γ) Κατακόρυφη ροή πάνω προς τα κάτω:

$$R_\delta(d) = 1,09 + 1,09 d^{0,1} + 0,187 \ln(d) \leq 0,23$$

όπου $\ln()$ είναι ο φυσικός λογάριθμος (με βάση το $e=2,718$).

18.2 Ανακλαστική επιφάνεια: ($\epsilon=0,05$) στην μία πλευρά του διάκενου)

α) Οριζόντια ροή:

$$R_{\delta}(d) = -0,043 + 0,0496d - 0,0008d^2 \leq 0,67$$

β) Κατακόρυφη ροή, κάτω προς τα πάνω:

$$R_{\delta}(d) = -0,057 + 0,0566d - 0,0015d^2 \leq 0,45$$

γ) Κατακόρυφη ροή, πάνω προς τα κάτω:

$$R_{\delta}(d) = 0,0067 + 0,0379d - 0,00024d^2 \leq 0,80$$

όπου το πάχος του διακένου d είναι σε mm και ισχύει:

$$d \leq \frac{d_i}{10}, \quad d \leq \frac{d_a}{10}$$

όπου d_i , d_a το πάχος των στρώσεων εκατέρωθεν του διάκενου. Το πάχος d_i είναι το πάχος του επιφανειακού δομικού στοιχείου από το διάκενο προς το εσωτερικό του κτιρίου, και το πάχος d_a από το διάκενο προς το εξωτερικό του κτιρίου.

Αν το διάκενο επικοινωνεί με τον εξωτερικό χώρο, όλες οι στρώσεις μεταξύ διάκενου και εξωτερικού χώρου (το d_a) αγνοούνται στον υπολογισμό της θερμοπερατότητας και θέτουμε $R_{\delta}=R_{\alpha}$. Επίσης αγνοείται η R_{α} .

Αν το διάκενο επικοινωνεί με τον εσωτερικό χώρο όλες οι στρώσεις μεταξύ διάκενου και εσωτερικού χώρου (το d_i) αγνοούνται στον υπολογισμό της θερμοπερατότητας και θέτουμε $R_{\delta}=R_i$. Επίσης αγνοείται η R_i .

Αν το διάκενο επικοινωνεί και με τον εσωτερικό και με τον εξωτερικό χώρο, το επιφανειακό δομικό στοιχείο δεν συνεισφέρει τίποτα στη θερμομόνωση και θέτουμε $R=0$.

Με το διάκενο ο τύπος για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας πολυστρωματικού στοιχείου γίνεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{\delta} + R_{\alpha}}$$

18.3 Διάκενο σε κεκλιμένες στέγες

Σε περίπτωση κεκλιμένης στέγης πάνω από οριζόντια πλάκα, υπάρχει πρόσθετο διάκενο με ισοδύναμη θερμική αντίσταση R_u . Στην R_u συμπεριλαμβάνονται οι θερμικές αντιστάσεις των δομικών στοιχείων της κεκλιμένης στέγης:

α) Κεραμοσκεπής σε τεγίδες χωρίς σανίδωμα και μεμβράνη: $R_u = 0,06 \frac{m^2 K}{W}$

β) Κεραμοσκεπής ή φυλλοειδής με σανίδωμα ή μεμβράνη: $R_u = 0,20 \frac{m^2 K}{W}$

γ) Κεραμοσκεπής ή φυλλοειδής με σανίδωμα ή μεμβράνη, και επικάλυψη φύλλων αλουμινίου:

$$R_u = 0,30 \frac{m^2 K}{W}$$

δ) Κεραμοσκεπής ή φυλλοειδής με σανίδωμα και μεμβράνη: $R_u = 0,30 \frac{m^2 K}{W}$

Στην περίπτωση της κεκλιμένης στέγης ο τύπος για τη θερμοπερατότητα πολυστρωματικού στοιχείου γίνεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{\delta} + R_u + R_{\alpha}}$$

Αν το διάκενο μεταξύ άνω πλάκας και κεκλιμένης στέγης είναι θερμαινόμενο, τότε η πλάκα δεν αποτελεί δομικό στοιχείο του κελύφους του κτιρίου, και η στέγη υπολογίζεται:

α) Ως εξωτερικός τοίχος αν κλίση $q > 30\%$

β) Ως οροφή αν $q \leq 30\%$

18.4 Διάκενο μεταξύ υαλοπινάκων

Σε περίπτωση κουφωμάτων με διπλό (ή τριπλό, ή τετραπλό) υαλοπίνακα, ο αέρας μεταξύ των υαλοπινάκων είναι πρακτικά ακίνητος, και έχει ισοδύναμη θερμική αντίσταση $R_{\delta,w}$ που δίνεται στον πίνακα 5. Οι τιμές του πίνακα ισχύουν για κατακόρυφα κουφώματα, στα οποία η ροή της θερμότητας είναι οριζόντια.

Πίνακας 5. Θερμική αντίσταση διάκενου μεταξύ υαλοπινάκων

Πάχος Διάκενου (mm)	Θερμική αντίσταση διάκενου υαλοπινάκων $R_{\delta,w}$ (m^2K/W)		
	Χωρίς επίστρωση	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ίσης με:	
		0,20	0,10
6	0,127	0,191	0,211
9	0,154	0,259	0,299
12	0,173	0,316	0,377
15	0,186	0,364	0,447
50	0,179	0,336	0,406

19. Παράδειγμα 9

Να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας μπατικού τοίχου που αποτελείται από δύο παράλληλους δομικούς τοίχους με διάκενο 4cm και ασβεστοκονίαμα εκατέρωθεν πάχους 2cm.

Λύση

Πάχος στρώσεων μεταξύ εσωτερικού και διάκενου και μεταξύ εξωτερικού και διάκενου:

$$d_i = d_{\delta\rho} + d_{\text{κονιαμ}} = 0,09 \text{ m} + 0,02 \text{ m} = 0,11 \text{ m}$$

$$d_a = d_{\delta\rho} + d_{\text{κονιαμ}} = 0,09 \text{ m} + 0,02 \text{ m} = 0,11 \text{ m}$$

$$d_{\text{διακ}} = d = 0,04 \text{ m} > \frac{0,11 \text{ m}}{10} \Rightarrow d = \frac{0,11 \text{ m}}{10} = 0,011 \text{ m} = 11 \text{ mm}$$

Για μη ανακλαστικές επιφάνειες και οριζόντια ροή:

$$R_{\delta} = 0,063 + 0,011 d - 0,00026 d^2 \leq 0,18 \Rightarrow R_{\delta} = 0,063 + 0,011 \cdot 11 - 0,00026 \cdot 11^2 = 0,153 \frac{m^2 K}{W} < 0,18$$

Ο μπατικός τοίχος είναι πάντα εξωτερικός (ή μεταξύ δύο διαμερισμάτων στον ίδιο όροφο, όπου το ένα διαμέρισμα θεωρείται μη θερμαινόμενο επί το δυσμενέστερο). Για εξωτερικούς τοίχους, από πίνακα 4:

$$R_i = 0,13 \frac{m^2 K}{W}, \quad R_a = 0,04 \frac{m^2 K}{W}$$

Από πίνακα για υλικά (πίνακας 1, εδάφιο 1.7.2.2 της Τεχνικής Οδηγίας 20701-02/2010 του ΤΕΕ), λαμβάνουμε τοιχοποιία από οπτόπλινθους πυκνότητας 1200 kg/m^3 που συμπεριλαμβάνουν συνδετικό κονίαμα αλλά όχι επίχρισμα:

$$\lambda = 0,45 \frac{W}{mK}$$

Για επίχρισμα από ασβεστοκονίαμα (εδάφιο 1.4.1):

$$\lambda = 0,87 \frac{W}{mK}$$

Το πάχος δομικού τοίχου είναι $d_2 = d_3 = 0,09 m$ και των επιχρισμάτων $d_1 = d_4 = 0,02 m$

Έτσι:

$$\begin{aligned} U_T &= \frac{1}{R_i + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_\delta + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + R_\alpha} = \\ &= \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,09}{0,45} + 0,153 + \frac{0,09}{0,45} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04} = \\ &= \frac{1}{0,13 + 0,023 + 0,20 + 0,153 + 0,20 + 0,023 + 0,04} = 1,30 \frac{W}{m^2 K} \end{aligned}$$

Παρατηρούμε $U_T = 1,30 > 0,60 \frac{W}{m^2 K}$ για τη ζώνη Α που είναι η ευμενέστερη. Δηλαδή ο μπατικός τοίχος με διάκενο (και όχι μονωτικό υλικό) δεν έχει θερμομονωτική επάρκεια κατά ΚενΑΚ.

20. Υπολογισμός θερμοπερατότητας στοιχείων σε επαφή με το έδαφος

Τα στοιχεία που έρχονται σε επαφή με το έδαφος έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας που υπολογίζεται κανονικά όπως σε όλα τα άλλα στοιχεία. Αυτή η τιμή που υπολογίζεται λέγεται ονομαστική τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας, διότι η επαφή με το έδαφος μεγαλώνει τη θερμική αντίσταση (ή μικραίνει τη θερμοπερατότητα) του στοιχείου.

Παρόλα αυτά, ο ΚΕνΑΚ απαιτεί τον έλεγχο του δομικού στοιχείου με την ονομαστική τιμή του, επί το δυσμενέστερο.

Για τον υπολογισμό της μέσης θερμοπερατότητας του κτιρίου U_m , ο ΚΕνΑΚ επιτρέπει τη χρήση του (μειωμένου) ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας U' που προκύπτει από την επίδραση του εδάφους. Γενικώς η πολυπλοκότητα υπολογισμού του U' κάνει το υπολογισμό του ασύμφορο αφού επιτυγχάνει πολύ μικρή μείωση του U_m , και γίνεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις (πχ υφιστάμενα κτίρια που οριακά δεν έχουν θερμική επάρκεια). Στις υπόλοιπες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η ονομαστική τιμή.

21. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας σε κουφώματα

Το κούφωμα είναι ένα σύνθετο επιφανειακό δομικό στοιχείου του οποίου ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_m , όταν δεν δίνεται από τον κατασκευαστή του κουφώματος, υπολογίζεται όπως ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου:

$$U_m = \frac{A_f U_f + A_g U_g + L_g \Psi_g}{A_f + A_g} \quad \text{μονάδες} \quad \frac{W}{m^2 K}$$

όπου A_f , U_f το εμβαδόν (όψης) του πλαισίου/κάσας, A_g , U_g το εμβαδόν και η θερμοπερατότητα των υαλοπινάκων, και L_g , Ψ_g το μήκος και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στη συναρμογή του υαλοπίνακα και του πλαισίου (δηλαδή το μήκος της περιμέτρου του υαλοπίνακα). Οι ισοδύναμες θερμικές αντιστάσεις οριακού στρώματος R_i , R_α και διάκενου R_δ συνυπολογίζονται στον U_g .

Οι θερμοπερατότητες U_f , U_g και Ψ_g λαμβάνονται από πίνακες της Τεχνικής Οδηγίας 20701-02/2010

του ΤΕΕ. Ειδικά για τους υαλοπίνακες, η θερμοπερατότητα A_g μπορεί να υπολογιστεί αναλυτικά:

$$U_g = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n-1} R_{\delta,j} + R_\alpha}$$

όπου η είναι το πλήθος των υαλοπινάκων και $R_{\delta,j}$ τα διάκενα μεταξύ των υαλοπινάκων που είναι προφανώς $n-1$.

Σε περίπτωση που έχουμε και (αδιαφανή) πετάσματα στο κούφωμα (π.χ. κάτω μέρος μπαλκονόπορτας), πρέπει να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό της θερμοπερατότητας του κουφώματος:

$$U_m = \frac{A_f U_f + A_g U_g + L_g \Psi_g + A_p U_p + L_p \Psi_p}{A_f + A_g + A_p}$$

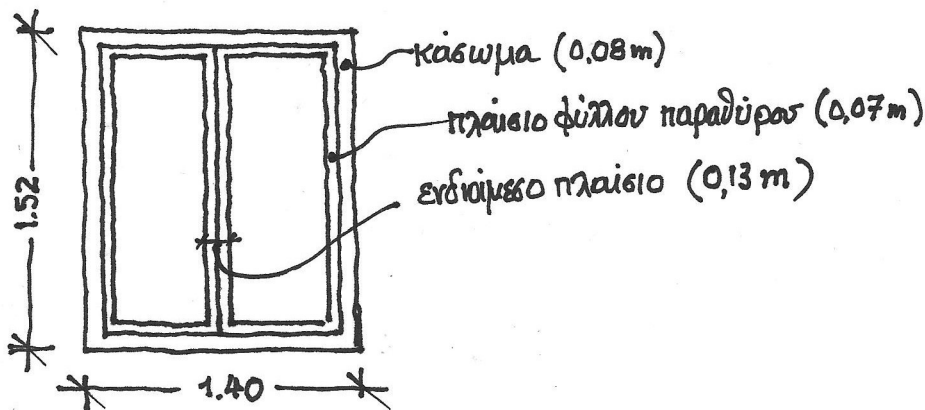
όπου A_p , U_p το εμβαδόν και η θερμοπερατότητα των πετασμάτων, και L_p , Ψ_p το μήκος και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας στη συναρμογή πετασμάτων και πλαισίου (δηλαδή L_p είναι το μήκος της περιμέτρου του πετάσματος).

22. Παράδειγμα 10

Να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_m διπλού κουφώματος διαστάσεων $b=1,40$ m και $h=1,52$ m (μαζί με το κάσωμα), πλάτους κάσας $b_k=0,08$ m, πλάτους πλαισίου φύλλου παραθύρου $b_\pi=0,07$ m, πλάτους ενδιάμεσου πλαισίου $b_{\pi\epsilon}=0,13$ m, όπως φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Τα αντίστοιχα πάχη είναι $d_k=0,07$ m και $d_\pi=d_{\pi\epsilon}=0,06$ m.

Ο υπολογισμός να γίνει για ένα υαλοπίνακα πάχους $d_g=0,004$ m, και επίσης για διπλό υαλοπίνακα 4-12-4 (πάχος $d_g=0,004$ m και διάκενο $d_\delta=0,012$ m).

Να ελεγχθεί αν το κούφωμα έχει θερμομονωτική επάρκεια κατά ΚΕνΑΚ, στην ορεινή Αρκαδία.



όψη κουφώματος

Λύση

22.1. Με διπλό υαλοπίνακα

22.1.1 Θερμοπερατότητα για το πλαίσιο/κάσα

Από πίνακα 11 της Τεχνικής Οδηγίας 20701-02/2010 του ΤΕΕ, για ξύλινο πλαίσιο μαλακής ξυλείας βρίσκουμε της εξής δύο τιμές:

$$U_f = 2,0 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{για πάχος } d = 5 \text{ cm}$$

$$U_f = 1,5 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{για πάχος } d = 10 \text{ cm}$$

Το μέσο πάχος πλαισίου/κάσας του κουφώματος του παραδείγματος είναι: $d_f = \frac{6+7}{2} = 6,5 \text{ cm}$.

Επειδή δεν υπάρχει τιμή της θερμοπερατότητας για $d=6.5 \text{ cm}$, λαμβάνουμε επί το δυσμενέστερο:

$$U_f = 2,0 \frac{W}{m^2 K}$$

Εναλλακτικά, για μεγαλύτερη ακρίβεια κάνουμε γραμμική παρεμβολή στις θερμικές αντιστάσεις (όχι στις θερμοπερατότητες):

$$R = \frac{1}{2,0} = 0,5 \frac{m^2 K}{W} \quad \text{για πάχος } d=5 \text{ cm}$$

$$R = \frac{1}{1,5} = 0,667 \frac{m^2 K}{W} \quad \text{για πάχος } d=10 \text{ cm}$$

Γραμμική παρεμβολή δίνει:

$$R_f = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) = 0,5 + \frac{0,667 - 0,5}{10 - 5} (6,5 - 5) = 0,55 \frac{m^2 K}{W}$$

και έτσι:

$$U_f = \frac{1}{R_f} = \frac{1}{0,55} = 1,82 \frac{W}{m^2 K}$$

22.1.2 Θερμοπερατότητα για τους υαλοπίνακες

Από πίνακα 12 της Τεχνικής Οδηγίας 20701-02/2010 του ΤΕΕ, χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής και διαστάσεις 4-12-4, διπλού υαλοπίνακα με αέρα βρίσκουμε:

$$U_g = 2,8 \frac{W}{m^2 K}$$

22.1.3 Θερμογέφυρα συναρμογής υαλοπινάκων με πλαίσιο

Από πίνακα 13 της Τεχνικής Οδηγίας 20701-02/2010 του ΤΕΕ, για ξύλινο πλαίσιο χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής βρίσκουμε:

$$\Psi_g = 0,06 \frac{W}{mK}$$

22.1.4 Υπολογισμός εμβαδών, μηκών

Πλάτος υαλοπινάκων:	$b_g = b - b_k - b_\pi - b_{\pi\epsilon} - b_\pi - b_k = 1,40 - 0,08 - 0,07 - 0,13 - 0,07 - 0,08 = 0,97 \text{ m}$
Ύψος υαλοπινάκων:	$h_g = h - b_k - b_\pi - b_\pi - b_k = 1,52 - 0,08 - 0,07 - 0,07 - 0,08 = 1,22 \text{ m}$
Εμβαδόν υαλοπινάκων:	$A_g = 0,97 \cdot 1,22 = 1,18 \text{ m}^2$
Εμβαδό πλαισίου/κάσας:	$A_f = 1,40 \cdot 1,52 - 1,18 = 0,94 \text{ m}^2$
Μήκος θερμογέφυρας L_g (περίμετρος υαλοπινάκων):	$L_g = 2 b_g + 4 h_g = 2 \cdot 0,97 + 4 \cdot 1,12 = 6,82 \text{ m}$

22.1.5 Υπολογισμός θερμοπερατότητας κουφώματος

$$U_w = \frac{A_f U_f + A_g U_g + L_g \Psi_g}{A_f + A_g} = \frac{0,94 \text{ m}^2 \cdot 1,82 \frac{W}{m^2 K} + 1,18 \text{ m}^2 \cdot 2,8 \frac{W}{m^2 K} + 6,82 \cdot 0,06 \frac{W}{mK}}{0,94 \text{ m}^2 + 1,18 \text{ m}^2} =$$

$$= \frac{5,440 \frac{W}{K}}{2,12 \text{ m}^2} = 2,56 \frac{W}{m^2 K}$$

Για το κεντρικό τμήμα του ν. Αρκαδίας η κλιματική ζώνη είναι Γ, και από τον Πίνακα 2 για

κουφώματα $U_{w,max} = 2,80 \frac{W}{m^2 K}$ και:

$$U_w = 2,56 < 2,80 \frac{W}{m^2 K} = U_{w,max} \quad \text{εντάξει}$$

22.2 Υπολογισμός με μονό υαλοπίνακα

22.2.1 Υπολογισμός θερμοπερατότητας υαλοπίνακα

Ο πίνακας 12 της Τ.Ο. του ΤΕΕ δεν έχει τιμές U_g για μονούς υαλοπίνακες και έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_g υπολογίζεται αναλυτικά:

$$U_g = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n-1} R_{\delta,j} + R_a}$$

Από πίνακα 2 εδάφιο 3.1.1 της Τ.Ο. του ΤΕΕ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υαλοπίνακα είναι:

$$\lambda_g = 1,0 \frac{W}{m K}$$

Από πίνακα 4 η ισοδύναμη θερμική αντίσταση των οριακών στρωμάτων εξωτερικούς τοίχους και παράθυρα είναι:

$$R_i = 0,13 \frac{m^2 K}{W} \quad \text{και} \quad R_a = 0,04 \frac{m^2 K}{W}$$

Από πίνακα 5 η ισοδύναμη θερμική αντίσταση διάκενου υαλοπίνακα πάχους $d=12\text{mm}$ χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής είναι:

$$R_{\delta} = 0,173 \frac{m^2 K}{W}$$

Για πλήθος υαλοπινάκων $n=1$ και πάχους υαλοπινάκων $d_g=0,004 \text{ mm}$, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα υπολογίζεται:

$$U_g = \frac{1}{0,13 \frac{W}{m^2 K} + 1 \cdot \frac{0,004 m}{1,0 \frac{W}{m K}} + 0 \cdot 0,173 \frac{m^2 K}{W} + 0,04 \frac{m^2 K}{W}} = 5,75 \frac{W}{m^2 K}$$

22.2.2 Υπολογισμός θερμοπερατότητας κουφώματος

Η θερμοπερατότητα του κουφώματος υπολογίζεται:

$$U_w = \frac{A_f U_f + A_g U_g + L_g \Psi_g}{A_f + A_g} = \frac{0,94 \cdot 1,82 + 1,18 \cdot 5,75 + 6,82 \cdot 0,06}{0,94 + 1,18} = \frac{8,928}{2,13} = 4,19 \frac{W}{m^2 K} > 2,80 \frac{W}{m^2 K} = U_{w,max} \quad \text{για την ορεινή (κεντρική) Αρκαδία.}$$

Παρατηρούμε ότι τα κουφώματα με μόνο υαλοπίνακα δεν επαρκούν ούτε για την ευμενέστερη κλιματική ζώνη Α: $U_{w,max} = 3,2 \frac{W}{m^2 K}$

22.3 Αναλυτικός υπολογισμός U_g για πλήθος υαλοπινάκων $n=2$

Είναι χρήσιμο να επαληθεύσουμε τον πίνακα 12 της Τ.Ο. του ΤΕΕ με αναλυτικό υπολογισμό για $n=2$. Έχουμε:

$$U_g = \frac{1}{0,13 + 2 \cdot \frac{0,004}{1,0} + 1 \cdot 0,173 + 0,04} = 2,85 \frac{W}{m^2 K} \simeq 2,8 \quad \text{του πίνακα 12 της Τ.Ο. του ΤΕΕ.}$$

Με αυτή την τιμή ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος υπολογίζεται:

$$U_w = \frac{0,94 \cdot 1,82 + 1,18 \cdot 2,85 + 6,82 \cdot 0,06}{0,94 + 1,18} = 2,58 \frac{W}{m^2 K} \simeq 2,56 \text{ που υπολογίσαμε προηγουμένως.}$$

22.4 Σύγκριση με πίνακα 10 της Τ.Ο του ΤΕΕ

Είναι χρήσιμο να συγκρίνουμε τη θερμότητα $U_w = 2,56 \frac{W}{m^2 K}$ που υπολογίσαμε αναλυτικά, με τις έτοιμες θερμοπερατότητες κουφωμάτων που δίνει ο πίνακας 10 της Τ.Ο. του ΤΕΕ. Οι κοντινότερες διαστάσεις κουφώματος του πίνακα είναι $1,23 \times 1,48$ (πίνακας 10α) με συνθετικό ή ξύλινο πλαίσιο και πλάτος πλαισίου/κάσας $12,5 \text{ cm}$.

Για $U_f = 1,8 \frac{W}{m^2 K}$ και $U_g = 2,8 \frac{W}{m^2 K}$ βρίσκουμε θερμοπερατότητα $U_w = 2,86 \frac{W}{m^2 K}$ η οποία είναι λογικά κοντά στο $2,56$, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές στις διαστάσεις και στο ποσοστό πλαισίου ($\frac{0,94}{0,94 + 1,18} = 44\% \neq 41\%$ του πίνακα 10α).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1

- Πίνακας 2 Τ.Ο. ΤΕΕ: Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας για διάφορα δομικά υλικά
- Πίνακες 10-14 Τ.Ο. ΤΕΕ: Συντελεστές θερμοπερατότητας για κουφώματα
- Πίνακες 26 Τ.Ο. ΤΕΕ: Συντελεστές γραμμικής θερμοπερατότητας για θερμογέφυρες

4. ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΙΜΩΝ

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ	
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c _p J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
1. Ανόργανα δομικά υλικά					
1.1. Φυσικοί λίθοι και γαίες					
1.1.1. Συμπαγείς λίθοι					
1.1.1.1 Κρηματογενή πετρώματα (σκληρά)	2600	2,300	1 000	250	200
1.1.1.2 Ομογενής βράχος		3,500			
1.1.1.3 Βασάλτης	2700 - 3000	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.4 Γνεύσιος	2400 - 2700	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.5 Γρανίτης	2500 - 2700	2,800	1 000	10 000	10 000
1.1.1.6 Μάρμαρο	2800	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.7 Σχιστόλιθος	2000 - 2800	2,200	1 000	1 000	800
1.1.1.8 Ασβεστόλιθος πολύ σκληρός	2600	2,300	1 000	250	200
σκληρός	2200	1,700	1 000	200	150
ημίσκληρος	2000	1,400	1 000	50	40
1.1.2. Παρώδεις λίθοι					
1.1.2.1 Ασβεστόλιθος μαλακός	1800	1,100	1 000	40	25
πολύ μαλακός	1600	0,850	1 000	30	20
1.1.2.2 Ψαμμίτης	2600	2,300	1 000	40	30
1.1.2.3 Κρηματογενή πετρώματα (μαλακά)	1500	0,850	1 000	30	20
1.1.2.4 Κίσηρη υπό μορφή πέτρας, λάβα, πορώδης λάβα	1600	0,550	800	20	15
1.1.2.5 Ελαφρόπετρα, θηραϊκή γη	400	0,120	1 000	8	6
1.1.2.6 Γλάκες τύπου Μάλτας (μαλτεζόπλακες)		1,050			
1.2. Γαϊώδη υλικά και υλικά πλήρωσης διακένων δαπέδων, οροφών, τοίχων κ.τ.λ.					
1.2.1. Χώμα συμπαγές	1800	2,000			
1.2.2. Άργιλος / ιλύς	1200 - 1800	1,500	1 670 - 2 500	50	50
1.2.3. Ιλυώδης άμμος (υγρή)	1700	1,500	1 800	—	
1.2.4. Τύρφη (σε ξηρή κατάσταση)	400	0,200	1 000		
(σε υγρή κατάσταση)	900	0,500	1 500		
1.2.5. Άμμος διαμέτρου κόκκου < 5 mm	1520	0,350	800		
1.2.6. Αμμοχάλικο	2200	2,000	910 - 1180	50	50
1.2.7. Χονδρόκοκκη κίσηρη		0,190		40	180
1.2.8. Διογκωμένος περλίτης	50 - 130	0,070	900	1 - 2	
1.2.9. Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 50-10 mm συλλεκτές και θραυστές		0,810			
1.2.10. Θραύσματα οπτόπλινθων και κεραμιδιών	1400	0,410			
1.3. Κατεργασμένη άργιλος (πηλός)					
1.3.1. Ελαφρός πηλός (κίσηρη + πηλός)	760	0,230	1 000	6	
1.3.2. Πηλός μπ αγδαί		0,470			
1.3.3. Πηλός, λάσπη	1200 - 1800	1,500	1670 - 2500	50	50
1.3.4. Ωμόπ λινθοί συμπαγείς	1990	0,800	1 000	10	
1.3.5. Ωμόπ λινθοί με π ρόσμειξη άχυρου	300	0,100	1 500	5	
	660	0,190	1 500	5	
	1400	0,700			
1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών					
1.4.1. Ασβεστοκονίαμα	1800	0,870	1 000	15	
1.4.2. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1800	0,870	1 000	25 - 35	
	1900	1,000	1 100	35	
1.4.3. Τιμεντοκονίαμα, επίστρωση τιμέντου	2000	1,400	1 100	25 - 35	
1.4.4. Ασβεστογυμοκονίαμα	1400	0,700	1 000	10	
1.4.5. Γυμοκονίαμα χωρίς συμπλήρωμα άμμου	1200	0,350	900	10	6
με συμπλήρωμα άμμου	1600	0,800	900	10	6
1.4.6. Θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά)	250	0,080	1 100	10	
	350	0,100	1 100	10	
	500	0,140	1 100	10	
1.4.7. Συνθετικά κονιάματα	1800	0,870	1 100	80 - 250	
1.4.8. Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2300	0,900		∞	

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά. (συνέχεια)

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		λ		μ	
	ρ kg/m ³	W/(m·K)	c_p J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
1.5. Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε πλάκες μεγάλου μεγέθους)					
1.5.1. Σκυροδέμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας	1800	1,150	1 000	100	60
	2000	1,350	1 000	100	60
	2200	1,650	1 000	120	70
υψηλής πυκνότητα	2400	2,000	1 000	130	80
1.5.2. Οπλισμένο σκυροδέμα χαμηλής ποιότητας (παιαίου τύπου Β120)		1,510			
1.5.3. Οπλισμένο σκυροδέμα (1% σίδηρος)	2300	2,300	1 000	130	80
(≥2% σίδηρος)	2400	2,500	1 000	130	80
1.5.4. Γαρμπιλοσκυρόδεμα, γαρμπιλόδεμα	1500	0,640		20	
	1700	0,810		25	
	1900	1,100		35	
1.5.5. Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0,200		5 - 20	
	600	0,220		5 - 20	
	800	0,280		5 - 20	
	1000	0,350		5 - 20	
	1200	0,460		5 - 20	
1.5.6. Σύμμεικτα Ελαφροσκυρόδεμα με διογκωμένη πολυστερίνη	200	0,065		11	
	250	0,070		12	
	300	0,080		12	
	350	0,110		22	
1.5.7. Κυβελωτό σκυρόδεμα σκληρυμένο με ατμό	400	0,140	1 000	3	
	500	0,190	1 000	4	
	600	0,230	1 000	4	
	800	0,290	1 000	5	
	1000	0,350	1 000	6	
1.5.8. Περλιτόδεμα (το ειδικό βάρος εξεργτάται από την κατ' όγκον αναλογία τσιμέντου : περλίτη)					
1.5.8.1 Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα	350	0,130			
	450	0,140			
	500	0,160			
	600	0,200			
1.5.8.2 Περλιτόδεμα με τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα	350	0,094			
	450	0,110			
	500	0,116			
	600	0,140			
1.5.9. Ελαφροβαρείς πλάκες					
1.5.9.1. Πλάκες από κισηρόδεμα	800	0,280		5 - 10	
1.5.9.2. Πλάκες από ελαφρό σκυρόδεμα με ανάμεικτα αδρανή	1400	0,580		10 - 25	
1.5.10. Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες					
1.5.10.1 Γυψοσανίδες	700	0,210	1 000	10	4
	900	0,250	1 000	10	4
	1150	0,360	1 000	10	
1.5.10.2 Τσιμεντοσανίδες	1200 - 1300	0,28 - 0,32		20 - 30	
1.5.10.3 Ισοπλισμένες τσιμεντόπλακες	2000	0,480	1 100	60	
1.6. Λιθοσώματα					
1.6.1. Τεχνητοί λίθοι	1750	1,300	1 000	50	40
1.7. Τοιχοποιίες από λιθοσώματα, συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιάματος των αρμών⁽¹⁾					
1.7.1. Τοιχοποιία από πλίνθους τσιμεντοειδούς βάσης					
1.7.1.1. Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (ασβέστη - άμ)	1200	0,560	1 000	8 - 10	
	1400	0,700	1 000	8 - 10	
	1600	0,790	1 000	15 - 25	
	1800	0,990	1 000	15 - 25	
	2000	1,100	1 100	15 - 25	
	2200	1,300	1 100	15 - 25	
1.7.1.2. Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι (ελαφροτσιμεντόλιθοι)	400	0,110	1 000	3 - 5	
	500	0,130	1 000	4 - 6	
	600	0,160	1 000	5 - 7	
	700	0,190	1 000	6 - 8	
	800	0,220	1 000	8 - 10	

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		λ		μ	
		ρ kg/m ³		c_p J/(kg·K)	ξηρό
1.7.1.3. Διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	800	0,350	1 000	5 - 10	
	800	0,470	1 000	5 - 10	
	1000	0,650	1 000	5 - 10	
	1200	0,770	1 000	5 - 10	
	1400	0,910	1 000	5 - 10	
	1600	1,000	1 000	5 - 10	
1.7.1.4. Κισηρόλιθοι (πλίνθοι από φυσική ελαφρόπετρα)	500	0,170	1 000	5 - 10	
	600	0,200	1 000	5 - 10	
	700	0,220	1 000	5 - 10	
	800	0,260	1 000	5 - 10	
1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπιχρίστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πάχους 12 mm					
1.7.2.1. Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1200	0,490	1 000	10 - 25	
	1500	0,600	1 000	10 - 25	
	1700	0,680	1 000	10 - 25	
	1900	0,780	1 000	10 - 25	
1.7.2.2. Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	1200 ⁽²⁾	0,450	1 000	5 - 10	
	1500 ⁽²⁾	0,510	1 000	5 - 10	
	1700 ⁽²⁾	0,580	1 000	5 - 10	
	1900 ⁽²⁾	0,640	1 000	5 - 10	
1.7.2.3. Πορώδεις αργιλικές οπτοπλίνθοι (πορώδη τούβλα)	940	0,260	1 000	10	
1.7.2.4. Οξύμαχες οπτοπλίνθοι (κλίνκερ)	1800	1,800	900	100	
1.8. Γαλότουβλα	2500	1,400	840	∞	
1.9. Κεραμίδια					
1.9.1. Κεραμίδια		0,400			
1.9.2. Αργιλικά πλακίδια επιστεύσεως	2000	1,000	800	40	30
2. Ξύλα					
2.1. Συμπαγής ξυλεία					
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1 600	50	20
	500	0,130	1 600	50	20
	700	0,180	1 600	200	50
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0,140	1 600	50	20
2.1.3. Οξιά	800	0,170	1 600	200	50
2.1.4. Δρυς (βελανιδιά)	800	0,210	1 600	200	50
2.1.5. Ξύλινα τεμάχια παρκέτου		0,210	1 600		
2.2. Προϊόντα ξύλου					
2.2.1. Μορισσανίδες	300	0,100	1 700	50	10
	600	0,140	1 700	50	15
	900	0,180	1 700	50	20
2.2.2. Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)	300	0,090	1 600	150	50
	500	0,130	1 600	200	70
	700	0,170	1 600	220	90
	1000	0,240	1 600	250	110
2.2.3. Σκληρές πλάκες ινώδους ξύλου, ινοσανίδες (MDF)	250	0,070	1 700	5	3
	400	0,100	1 700	10	5
	600	0,140	1 700	20	12
	800	0,180	1 700	30	20
3. Μέταλλα και γυαλί					
3.1. Γυαλί					
3.1.1. Γυαλί, υαλοπίνακας	2 500	1,00	750	∞	∞
3.1.2. Ψηφιδωτό γυαλί, υαλογράφημα	2 000	1,20	750	∞	∞
3.2. Μέταλλα					
3.2.1. Σίδηρος, χυτός	7 500	50,00	450	∞	∞
3.2.2. Χάλυβας (ασάλι)	7 800	50,00	450	∞	∞
3.2.3. Ανοξειδωτος χάλυβας	7 900	17,00	500	∞	∞
3.2.4. Χαλκός	8 900	380,00	380	∞	∞
3.2.5. Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)	8 400	120,00	380	∞	∞
3.2.6. Μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσίτερου)	8 700	65,00	380	∞	∞
3.2.7. Μόλυβδος	11 300	35,00	130	∞	∞
3.2.8. Ψευδάργυρος	7 200	110,00	380	∞	∞
3.2.9. Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου	2 800	160,00	880	∞	∞
3.2.10. Φύλλο αλουμινίου των 125 kg/m ² (ως φράγμα υδρατμών)	2 500	54,00		∞	∞
3.2.11. Φύλλο λαμαρίνας		58,00		∞	∞

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ	
				ξηρό	υγρό
ρ	λ	c _p			
kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)			
4. Υλικά υποστρώματων και επιστρώσεων					
4.1. Λινέλαιο	1 200	0,170	1 400	1 000	800
4.2. Υποστρώματα					
4.2.1. Υπόστρωμα από τσόχα, πύλημα	120	0,050	1 300	20	15
4.2.2. Υπόστρωμα από κυπαρίνη, καουτσούκ ή πλαστικό	270	0,100	1 400	10 000	10 000
4.2.3. Υπόστρωμα από λινάτσα	200	0,060	1 300	20	15
4.2.4. Υπόστρωμα φελλού	< 200	0,050	1 500	20	10
4.2.5. Υαλοφάσμα, υαλόνημα, γεωφάσμα	60 - 140	0,040	1 030	2	2
	> 140	0,045	1 030	2	2
4.2.6. Πεπλεγμένες ορυκτές ίνες	200 - 400	0,060	1 030	10	10
4.3. Πλακίδια φελλού					
4.3.1. Απλά πλακίδια φελλού	100 - 150	0,042	1 560	10 - 30	
	> 400	0,065	1 500	40	20
4.3.2. Πλακίδια φελλού, σπλισμένα με ψαθυρή ύφανση	100 - 150	0,046	1 560	10 - 30	
4.4. Μοκέτα	200	0,060	1 300	5	5
4.5. Καουτσούκ, λάστιχο					
4.5.1. Φυσικό καουτσούκ	910	0,130	1 100	10 000	10 000
4.5.2. Νεοπρένιο (συνθετικό καουτσούκ)	1 240	0,230	2 140	10 000	10 000
4.5.3. Βουτυλικό καουτσούκ	1 200	0,240	1 400	200 000	200 000
4.5.4. Διογκωμένο καουτσούκ (αφρώδες, σπιογγώδες, λατέξ)	60 - 80	0,060	1 500	7 000	7 000
4.5.5. Σκληρυμμένο (σκληρό) καουτσούκ (εβονίτης)	1 200	0,170	1 400	∞	∞
4.5.6. Μονομερές αιθυλένιο-πρωπυλένιο-διένιο (EPDM)	1 150	0,250	1 000	6 000	6 000
4.5.7. Πολυισοβουτυλένιο	930	0,200	1 100	10 000	10 000
4.5.8. Πολυσουλφιδια	1 700	0,400	1 000	10 000	10 000
4.5.9. Βουταδιένιο	980	0,250	1 000	100 000	100 000
4.6. Ασφαλτικά υλικά					
4.6.1. Καθαρή ασφάλτος, μαστήρη ασφάλτου, πίσσα	1 050	0,170	1 700	50 000	50 000
4.6.2. Ασφαλτικά μείγματα με αδρανή, ασφαλτικό σκυρόδεμα	2 100	0,700	1 000	50 000	50 000
4.6.3. Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900	920	50 000	50 000
4.6.4. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόχαρτα)	1 100	0,190	1 000	50 000	50 000
4.6.5. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1 100	0,230	1 000	50 000	50 000
4.7. Κεραμικά υλικά και υλικά με βάση το τσιμέντο					
4.7.1. Πλακίδια επίστρωσης τοίχων	2 000	1,050		250	
4.7.2. Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2 000	1,840	840	250	
4.7.3. Κεραμικά πλακίδια με επυάλωση / πορσελάνες	2 300	1,300	840	∞	∞
4.7.4. Μωσαϊκό	1 900	1,200			
4.8. Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	1 000	0,200	1 000	10 000	10 000
4.9. Πλάκες πεζοδρομίου	2 100	1,500	1 000	100	60
5. Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες					
5.1. Πλαστικά					
5.1.1. Πολυκαρβονικά φύλλα	1 200	0,200	1 200	5 000	5 000
5.1.2. Φύλλο πολυαιθυλένιο (υψηλής πυκνότητας)	980	0,500	1 800	100 000	100 000
	(χαμηλής πυκνότητας)	920	0,330	2 200	100 000
5.1.3. Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC)	1 390	0,170	900	50 000	50 000
5.1.4. Πολυπροπυλένιο (PP)	910	0,220	1 800	10 000	10 000
5.1.5. Πολυστυρένιο (PS)	1 050	0,160	1 300	100 000	100 000
5.1.6. Ακρυλικά	1 050	0,200	1 500	10 000	10 000
5.1.7. Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE)	2 200	0,250	1 000	10 000	10 000
5.1.8. Πολυακετόνη	1 410	0,300	1 400	100 000	100 000
5.1.9. Πολυαμιδιο	1 150	0,250	1 600	50 000	5 000
5.1.10. Πολυουρεθάνη	1 200	0,250	1 800	6 000	6 000
5.1.11. Αφρός πολυουρεθάνης (ως σφραγιστικό υλικό)	70	0,050	1 500	60	60
5.2. Ρητίνες					
5.2.1. Εποξειδική (εποξειδική) ρητίνη	1 200	0,200	1 400	10 000	10 000
5.2.2. Φενολική ρητίνη	1 300	0,300	1 700	100 000	100 000
5.2.3. Πολυεστερική ρητίνη	1 400	0,190	1 200	10 000	10 000
5.3. Σιλικόνες					
5.3.1. Καθαρή σιλικόνη	1 200	0,350	1 000	5 000	5 000
5.3.2. Γέμισμα σιλικόνης	1 450	0,500	1 000	5 000	5 000
5.3.3. Σιλικονόχουχος αφρός	750	0,120	1 000	10 000	10 000
5.3.4. Κόκκοι οξειδίου του πυριτίου, πηκτική πυριτίου (silica gel)	720	0,130	1 000	∞	∞

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		λ		μ	
	ρ kg/m ³	W/(m·K)	c_p J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
6. Θερμομονωτικά υλικά					
6.1. Ινώδη ανόργανα υλικά					
6.1.1. Υαλοβάμβακας					
6.1.1.1 Υαλοβάμβακας σε μορφή π απ λώματος	13 - 50	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.1.2 Υαλοβάμβακας σε μορφή π λακών	20 - 110	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2. Πετροβάμβακας					
6.1.2.1 Πετροβάμβακας σε μορφή π απ λώματος	40 - 100	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2.2 Πετροβάμβακας σε μορφή π λακών	50 - 180	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3. Ορυκτοβάμβακας					
6.1.3.1 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή π απ λώματος		0,039 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3.2 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή π λακών		0,037 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.2. Ανόργανα υλικά κυψελωτής δομής					
6.2.1. Αφρώδεις γυαλί	125 - 140	0,040 - 0,052	1 000	100 000	100 000
6.2.2. Τρίμματα θηραϊκής γης	150 - 230	0,060 - 0,080	1 000		
6.3. Συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής					
6.3.1. Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό d < 25 mm	570	0,150	1 470	2 - 5	
d ≥ 25 mm	360 - 480	0,090 - 0,100	1 470	2 - 5	
6.3.2. Φελλός					
6.3.2.1 Σκληρά π λακίδια απ ό φελλό	> 400	0,065	1 500	40	20
6.3.2.2 Φύλλα και π λάκες απ ό φελλό	100 - 150	0,042 - 0,046	1 560	10 - 30	
6.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη					
6.3.3.1 Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους		0,033 - 0,038	1 450		
6.3.3.2 Διογκωμένη πολυστερίνη σε π λάκες		0,033 - 0,038	1 500	20 - 100	
6.3.3.3 Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφή, σε π λάκες		0,030 - 0,032	1 550	30 - 80	
6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη					
6.3.4.1 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε π λάκες	30-40	0,031 - 0,038	1 450	80 - 250	
6.3.4.2 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με άνθρακα, σε π λάκες		0,030 - 0,032	1 451	80 - 250	
6.3.5. Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε αφρό ή π λάκες)	30 - 80	0,023 - 0,030 ⁽³⁾	1400 - 1500	50 - 100	
6.3.6. Φαινολικός αφρός	40 - 50	0,026 - 0,038	1 400	50	50
6.4. Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης					
6.4.1. Πλάκες ή μπάλες π επ ιεσμένου άχυρου	200	0,040 - 0,070		2	
6.4.2. Φύκια θαλάσσης	75 - 80	0,045 - 0, 050		2	
6.4.3. Πλάκες απ ό καλάμια	120 - 230	0,065 - 0,090	1 200		
6.4.4. Κυτταρίνη (κολλώδης)	120 - 220	0,040 - 0,060	800 - 1100		
(ινώδης)	30 - 80	0,040 - 0,45	1700 - 2100		
6.4.5. Λινάρι	20 - 80	0,038 - 0,045	1300 - 1600		
6.4.6. Βαμβάκι	20 - 60	0,040	840 - 1300		
6.4.7. Μαλλί π ροβάτου	25 - 30	0,040 - 0,050	960 - 1300		
7. Αέρια					
7.1. Ξηρός αέρας (στους 20°C)	1,23	0,025	1 008	1	
7.2. Διοξειδιο του άνθρακα	1,95	0,014	820	1	
7.3. Αργό	1,70	0,017	519	1	
7.4. Κρπτό	3,56	0,009	245	1	
7.5. Ξένο	5,68	0,0054	160	1	
8. Νερό					
8.1. Νερό σε υγρή φάση					
8.1.1. Νερό στους 10°C	1000	0,600	4 187	— —	
8.1.2. Νερό στους 40°C	990	0,630	4 190	— —	
8.1.3. Νερό στους 80°C	970	0,670	4 190	— —	
8.2. Νερό σε στερεά φάση					
8.2.1. Πάγος στους -10°C	920	2,300	2 000	— —	
8.2.2. Πάγος στους 0°C	900	2,200	2 000	— —	
8.2.3. Φρέσκο χόνι (π άχος στρώσης < 30 mm)	100	0,050	2 000	— —	
8.2.4. Χόνι, μαλακό (π άχος στρώσης 30 έως 70 mm)	200	0,120	2 000	— —	
8.2.5. Χόνι, ελαφρώς συμπ ιεσμένο (π άχος στρώσης 70 έως 100 mm)	300	0,230	2 000	— —	
8.2.6. Χόνι, συμπ ιεσμένο (π άχος στρώσης < 200 mm)	500	0,600	2 000	— —	

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

(1) Οι πυκνότητες που αναγράφονται σ' αυτήν την κατηγορία, εφόσον δεν ορίζονται αλλιώς αναφέρονται στα στοιχεία (λίθους, π λίνθους) και όχι στον το

(2) Η π υκνότητα αναφέρεται στο υλικό κατασκευής του στοιχείου και όχι σε ολόκληρο το στοιχείο (π λίνθο).

(3) Η αναγραφόμενη τιμή του λ της πολυουρεθάνης αντιστοιχεί σε π ολυουρεθάνη 40 kg/m³. Όμως με την π άροδο του χρόνου αυτή η τιμή αυξάνεται και τότε σταδιακά μπορεί να π λησιάσει την τιμή των συνηθισμένων αφρωδών θερμομονωτικών υλικών αντίστοιχης π υκνότητας.

Πίνακας 10α. Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,23 m \times 1,48 m$. Συνθετικό / ξύλινο πλαίσιο.

	U_f $W/(m^2 \cdot K)$	δίπλός υαλοπίνακας			δίπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_g $W/(m^2 \cdot K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαisiού= 26% ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 7,5cm	2,8	3,59	3,44	3,21	3,21	3,05	2,76	2,46	2,16	1,86
	2,6	3,53	3,39	3,16	3,15	3,00	2,70	2,41	2,11	1,81
	2,4	3,48	3,33	3,11	3,10	2,95	2,65	2,36	2,06	1,76
	2,2	3,43	3,28	3,06	3,05	2,90	2,60	2,30	2,01	1,71
	2,0	3,38	3,23	3,01	3,00	2,85	2,55	2,25	1,96	1,66
	1,8	3,33	3,18	2,96	2,95	2,80	2,50	2,20	1,90	1,61
	1,6	3,28	3,13	2,91	2,90	2,75	2,45	2,15	1,85	1,56
	1,4	3,23	3,08	2,86	2,84	2,70	2,40	2,10	1,80	1,50
	1,2	3,18	3,03	2,80	2,79	2,64	2,35	2,05	1,75	1,45
	1,0	3,13	2,98	2,75	2,74	2,59	2,30	2,00	1,70	1,40
ποσοστό πλαisiού= 33% ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 10cm	2,8	3,57	3,44	3,24	3,25	3,11	2,85	2,58	2,31	2,05
	2,6	3,50	3,37	3,17	3,18	3,05	2,78	2,51	2,25	1,98
	2,4	3,44	3,30	3,10	3,12	2,98	2,71	2,45	2,18	1,91
	2,2	3,37	3,24	3,04	3,05	2,92	2,65	2,38	2,11	1,85
	2,0	3,30	3,17	2,97	2,98	2,85	2,58	2,31	2,05	1,78
	1,8	3,24	3,10	2,90	2,92	2,78	2,52	2,25	1,98	1,71
	1,6	3,17	3,04	2,84	2,85	2,72	2,45	2,18	1,91	1,65
	1,4	3,10	2,97	2,77	2,78	2,65	2,38	2,12	1,85	1,58
	1,2	3,04	2,90	2,70	2,72	2,58	2,32	2,05	1,78	1,51
	1,0	2,97	2,84	2,64	2,65	2,52	2,25	1,98	1,72	1,45
ποσοστό πλαisiού= 41% ισοδύναμο πλάτος πλαisiού= 12,5cm	2,8	3,56	3,44	3,26	3,30	3,18	2,94	2,70	2,46	2,23
	2,6	3,48	3,36	3,18	3,22	3,10	2,86	2,62	2,38	2,15
	2,4	3,40	3,28	3,10	3,14	3,02	2,78	2,54	2,30	2,06
	2,2	3,32	3,20	3,02	3,05	2,94	2,70	2,46	2,22	1,98
	2,0	3,24	3,12	2,94	2,97	2,85	2,62	2,38	2,14	1,90
	1,8	3,15	3,04	2,86	2,89	2,77	2,54	2,30	2,06	1,82
	1,6	3,07	2,95	2,78	2,81	2,69	2,45	2,22	1,98	1,74
	1,4	2,99	2,87	2,69	2,73	2,61	2,37	2,14	1,90	1,66
	1,2	2,91	2,79	2,61	2,65	2,53	2,29	2,05	1,82	1,58
	1,0	2,83	2,71	2,53	2,57	2,45	2,21	1,97	1,74	1,50

Πίνακας 10β. Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,48 m \times 2,18 m$. Συνθετικό/ ξύλινο πλαίσιο.

	U_f $W/(m^2 \cdot K)$	Διπλός υαλοπίνακας			Διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_g $W/(m^2 \cdot K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου = 19% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 7,5 cm	2,8	3,51	3,34	3,10	3,04	2,88	2,56	2,24	1,91	1,59
	2,6	3,47	3,31	3,06	3,00	2,84	2,52	2,20	1,88	1,55
	2,4	3,43	3,27	3,03	2,97	2,80	2,48	2,16	1,84	1,51
	2,2	3,39	3,23	2,99	2,93	2,77	2,44	2,12	1,80	1,48
	2,0	3,35	3,19	2,95	2,89	2,73	2,40	2,08	1,76	1,44
	1,8	3,31	3,15	2,91	2,85	2,69	2,37	2,04	1,72	1,40
	1,6	3,27	3,11	2,87	2,81	2,65	2,33	2,00	1,68	1,36
	1,4	3,23	3,07	2,83	2,77	2,61	2,29	1,97	1,64	1,32
	1,2	3,20	3,03	2,79	2,73	2,57	2,25	1,93	1,60	1,28
	1,0	3,16	3,00	2,75	2,69	2,53	2,21	1,89	1,57	1,24
ποσοστό πλαισίου = 25% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 10 cm	2,8	3,49	3,34	3,12	3,07	2,92	2,62	2,33	2,03	1,73
	2,6	3,44	3,29	3,06	3,02	2,87	2,57	2,27	1,98	1,68
	2,4	3,39	3,24	3,01	2,97	2,82	2,52	2,22	1,93	1,63
	2,2	3,34	3,19	2,96	2,92	2,77	2,47	2,17	1,87	1,58
	2,0	3,28	3,14	2,91	2,87	2,72	2,42	2,12	1,82	1,53
	1,8	3,23	3,08	2,86	2,82	2,67	2,37	2,07	1,77	1,47
	1,6	3,18	3,03	2,81	2,77	2,62	2,32	2,02	1,72	1,42
	1,4	3,13	2,98	2,76	2,72	2,57	2,27	1,97	1,67	1,37
	1,2	3,08	2,93	2,71	2,66	2,52	2,22	1,92	1,62	1,32
	1,0	3,03	2,88	2,66	2,61	2,46	2,17	1,87	1,57	1,27
ποσοστό πλαισίου = 31% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 12,5 cm	2,8	3,47	3,33	3,13	3,10	2,96	2,69	2,41	2,14	1,86
	2,6	3,41	3,27	3,07	3,04	2,90	2,62	2,35	2,07	1,80
	2,4	3,35	3,21	3,00	2,98	2,84	2,56	2,29	2,01	1,74
	2,2	3,29	3,15	2,94	2,91	2,78	2,50	2,22	1,95	1,67
	2,0	3,22	3,09	2,88	2,85	2,71	2,44	2,16	1,89	1,61
	1,8	3,16	3,02	2,82	2,79	2,65	2,38	2,10	1,82	1,55
	1,6	3,10	2,96	2,75	2,73	2,59	2,31	2,04	1,76	1,49
	1,4	3,04	2,90	2,69	2,66	2,53	2,25	1,98	1,70	1,42
	1,2	2,97	2,84	2,63	2,60	2,46	2,19	1,91	1,64	1,36
	1,0	2,91	2,77	2,57	2,54	2,40	2,13	1,85	1,58	1,30

Πίνακας 10γ. Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,23 m \times 1,48 m$. Μεταλλικό πλαίσιο.

	U_f $W/(m^2 \cdot K)$	Διπλός υαλοπίνακας			Διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_g $W/(m^2 \cdot K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου = 26% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 7,5 cm	7,0	4,38	4,23	4,01	4,07	3,92	3,62	3,32	3,03	2,73
	3,8	3,98	3,83	3,61	3,66	3,52	3,22	2,92	2,62	2,32
	3,4	3,88	3,73	3,50	3,56	3,41	3,12	2,82	2,52	2,22
	3,0	3,77	3,63	3,40	3,46	3,31	3,01	2,72	2,42	2,12
	2,6	3,67	3,52	3,30	3,36	3,21	2,91	2,61	2,32	2,02
	2,2	3,57	3,42	3,20	3,26	3,11	2,81	2,51	2,21	1,92
	2,0	3,52	3,37	3,15	3,20	3,06	2,76	2,46	2,16	1,86
	1,8	3,47	3,32	3,10	3,15	3,00	2,71	2,41	2,11	1,81
	1,6	3,42	3,27	3,04	3,10	2,95	2,66	2,36	2,06	1,76
	1,4	3,37	3,22	2,99	3,05	2,90	2,60	2,31	2,01	1,71
	1,2	3,31	3,17	2,94	3,00	2,85	2,55	2,26	1,96	1,66
1,0	3,26	3,11	2,89	2,95	2,80	2,50	2,20	1,91	1,61	
ποσοστό πλαισίου = 33% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 10 cm	7,0	4,68	4,54	4,34	4,43	4,29	4,03	3,76	3,49	3,22
	3,8	4,05	3,91	3,71	3,80	3,67	3,40	3,13	2,86	2,60
	3,4	3,92	3,78	3,58	3,67	3,53	3,27	3,00	2,73	2,46
	3,0	3,78	3,65	3,45	3,53	3,40	3,13	2,87	2,60	2,33
	2,6	3,65	3,52	3,32	3,40	3,27	3,00	2,73	2,47	2,20
	2,2	3,52	3,38	3,18	3,27	3,13	2,87	2,60	2,33	2,07
	2,0	3,45	3,32	3,12	3,20	3,07	2,80	2,53	2,27	2,00
	1,8	3,38	3,25	3,05	3,13	3,00	2,73	2,47	2,20	1,93
	1,6	3,32	3,18	2,98	3,07	2,93	2,67	2,40	2,13	1,87
	1,4	3,25	3,12	2,92	3,00	2,87	2,60	2,33	2,07	1,80
	1,2	3,18	3,05	2,85	2,93	2,80	2,53	2,27	2,00	1,73
1,0	3,12	2,98	2,78	2,87	2,73	2,47	2,20	1,93	1,67	
ποσοστό πλαισίου = 41% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 12,5 cm	7,0	4,95	4,83	4,66	4,77	4,65	4,41	4,17	3,93	3,70
	3,8	4,12	4,00	3,82	3,93	3,81	3,58	3,34	3,10	2,86
	3,4	3,96	3,84	3,66	3,77	3,65	3,41	3,18	2,94	2,70
	3,0	3,79	3,68	3,50	3,61	3,49	3,25	3,01	2,78	2,54
	2,6	3,63	3,51	3,34	3,45	3,33	3,09	2,85	2,61	2,38
	2,2	3,47	3,35	3,17	3,29	3,17	2,93	2,69	2,45	2,21
	2,0	3,39	3,27	3,09	3,20	3,09	2,85	2,61	2,37	2,13
	1,8	3,31	3,19	3,01	3,12	3,00	2,77	2,53	2,29	2,05
	1,6	3,23	3,11	2,93	3,04	2,92	2,69	2,45	2,21	1,97
	1,4	3,15	3,03	2,85	2,96	2,84	2,60	2,37	2,13	1,89
	1,2	3,07	2,95	2,77	2,88	2,76	2,52	2,29	2,05	1,81
1,0	2,98	2,87	2,69	2,80	2,68	2,44	2,20	1,97	1,73	

Πίνακας 10δ. Συντελεστές θερμοπερατότητας U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων $1,48 m \times 2,18 m$. Μεταλλικό πλαίσιο.

	U_f $W/(m^2 \cdot K)$	Διπλός υαλοπίνακας			Διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		U_g $W/(m^2 \cdot K)$								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου = 19% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 7,5 cm	7,0	4,12	3,96	3,72	3,71	3,55	3,22	2,90	2,58	2,26
	3,8	3,80	3,64	3,40	3,39	3,23	2,91	2,58	2,26	1,94
	3,4	3,72	3,56	3,32	3,31	3,15	2,83	2,51	2,18	1,86
	3,0	3,65	3,48	3,24	3,23	3,07	2,75	2,43	2,11	1,78
	2,6	3,57	3,41	3,17	3,16	2,99	2,67	2,35	2,03	1,71
	2,2	3,49	3,33	3,09	3,08	2,92	2,59	2,27	1,95	1,63
	2,0	3,45	3,29	3,05	3,04	2,88	2,56	2,23	1,91	1,59
	1,8	3,41	3,25	3,01	3,00	2,84	2,52	2,19	1,87	1,55
	1,6	3,37	3,21	2,97	2,96	2,80	2,48	2,16	1,83	1,51
	1,4	3,34	3,17	2,93	2,92	2,76	2,44	2,12	1,79	1,47
	1,2	3,30	3,14	2,89	2,88	2,72	2,40	2,08	1,76	1,43
1,0	3,26	3,10	2,85	2,85	2,68	2,36	2,04	1,72	1,39	
ποσοστό πλαισίου = 25% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 10 cm	7,0	4,35	4,20	3,97	3,98	3,83	3,53	3,24	2,94	2,64
	3,8	3,85	3,70	3,47	3,48	3,33	3,04	2,74	2,44	2,14
	3,4	3,75	3,60	3,37	3,38	3,23	2,93	2,64	2,34	2,04
	3,0	3,64	3,49	3,27	3,28	3,13	2,83	2,53	2,24	1,94
	2,6	3,54	3,39	3,17	3,18	3,03	2,73	2,43	2,13	1,84
	2,2	3,44	3,29	3,07	3,08	2,93	2,63	2,33	2,03	1,73
	2,0	3,39	3,24	3,02	3,03	2,88	2,58	2,28	1,98	1,68
	1,8	3,34	3,19	2,97	2,97	2,83	2,53	2,23	1,93	1,63
	1,6	3,29	3,14	2,92	2,92	2,77	2,48	2,18	1,88	1,58
	1,4	3,24	3,09	2,86	2,87	2,72	2,43	2,13	1,83	1,53
	1,2	3,19	3,04	2,81	2,82	2,67	2,37	2,08	1,78	1,48
1,0	3,14	2,99	2,76	2,77	2,62	2,32	2,03	1,73	1,43	
ποσοστό πλαισίου = 31% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου = 12,5 cm	7,0	4,56	4,43	4,22	4,25	4,11	3,83	3,56	3,28	3,01
	3,8	3,89	3,76	3,55	3,58	3,44	3,16	2,89	2,61	2,34
	3,4	3,77	3,63	3,42	3,45	3,31	3,04	2,76	2,49	2,21
	3,0	3,64	3,51	3,30	3,33	3,19	2,91	2,64	2,36	2,09
	2,6	3,52	3,38	3,18	3,20	3,06	2,79	2,51	2,24	1,96
	2,2	3,39	3,26	3,05	3,08	2,94	2,66	2,39	2,11	1,84
	2,0	3,33	3,19	2,99	3,01	2,88	2,60	2,33	2,05	1,78
	1,8	3,27	3,13	2,93	2,95	2,81	2,54	2,26	1,99	1,71
	1,6	3,21	3,07	2,86	2,89	2,75	2,48	2,20	1,93	1,65
	1,4	3,14	3,01	2,80	2,83	2,69	2,41	2,14	1,86	1,59
	1,2	3,08	2,94	2,74	2,76	2,63	2,35	2,08	1,80	1,53
1,0	3,02	2,88	2,68	2,70	2,56	2,29	2,01	1,74	1,46	

Πίνακας 11. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f [$W/(m^2 \cdot K)$]
Μεταλλικό πλαισίο	Χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	Με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαισίο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0 - 2,0
Ξύλινο πλαισίο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,4
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,0
	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,7
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,5

Πίνακας 12. Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων (πηγή: EN ISO 10077-1).

Υάλωση			U_g [W/(m ² ·K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρυπτό
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,4
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

Πίνακας 13. Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου - υαλοπίνακα. (Πηγή: EN ISO 10077-1).

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ_g [W/(m·K)]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

Πίνακας 14α. Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας $\Psi_{dp,g}$ και $\Psi_{tr,g}$, που χρησιμοποιούνται σε ορθοστάτες και τραβέρσες.

Τύπος πλαισίου τοιχοπετάσματος	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων $\Psi_{dp,g}, \Psi_{tr,g}$ [W/(m·K)]	
	Δίδυμος ή τριπλός υαλοπίνακας χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Δίδυμος ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Αλουμίνιο - ξύλο για συνήθεις τύπους αποστάτη	0,08	0,11
Μέταλλο με θερμοδιακοπή για συνήθεις τύπους αποστάτη	0,15	0,19
Αλουμίνιο - ξύλο για θερμικά βελτιωμένους τύπους αποστάτη	0,06	0,08
Μέταλλο με θερμοδιακοπή για θερμικά βελτιωμένους τύπους αποστάτη	0,10	0,12

Πίνακας 14β. Τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας για αδιαφανή πετάσματα Ψ_p .

Τύπος πετάσματος	Θερμική αγωγιμότητα θερμοδιακοπής	* Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας ^a
Εσωτερική / εξωτερική επίστρωση	λ [W/(m·K)]	Ψ_p [W/(m·K)]
Θερμομονωτικό πέτασμα με στρώση διακένου αέρα		
Αλουμίνιο / γυαλί	–	0,13
Θερμομονωτικό πέτασμα χωρίς στρώση διακένου αέρα		
Αλουμίνιο / αλουμίνιο	0,2	0,20
	0,4	0,29
Αλουμίνιο / γυαλί	0,2	0,18
	0,4	0,20
Σίδηρος / γυαλί	0,2	0,14
	0,4	0,18

* Αυτή η τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν άλλες πληροφορίες από μετρήσεις ή αναλυτικούς υπολογισμούς.

Πίνακας 14γ. Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου τοιχοπετάσματος – κουφώματος για διατομές αλουμινίου και σιδήρου.

α/α	Περιγραφή	Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας * $\Psi_{dp,f}$ ή $\Psi_{tr,f}$
1	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος με την παρεμβολή διατομής αλουμινίου με θερμοδιακοπή	0,11
2	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος με την παρεμβολή μιας διατομής με υλικό χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας (π.χ. πολυαμίδιο με 25% ίνες γυαλιού)	0,05
3	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος μέσω προεξοχής της θερμοδιακοπής του κουφώματος	0,07
4	Συναρμογή του πλαισίου κουφώματος στο πλαίσιο τοιχοπετάσματος μέσω της επέκτασης διατομής αλουμινίου του εξωτερικού πλαισίου.	0,07

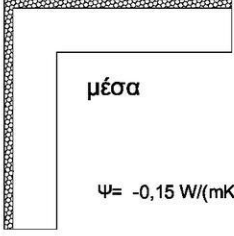
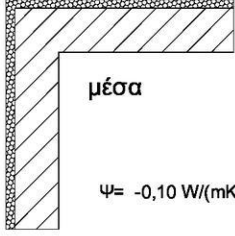
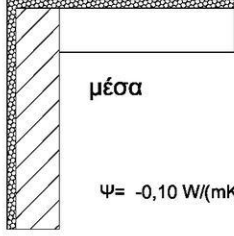
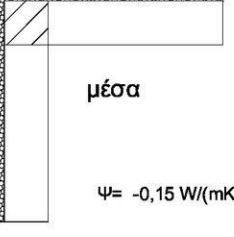
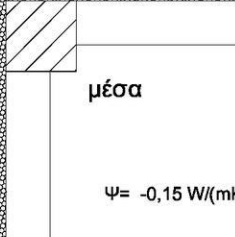
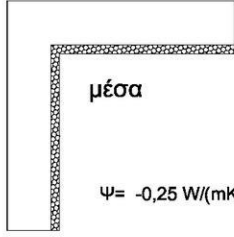
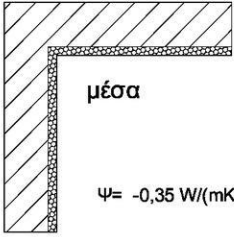
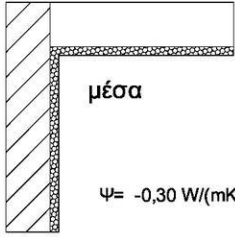
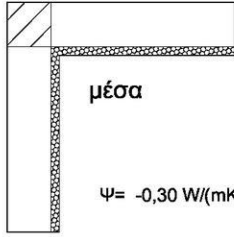
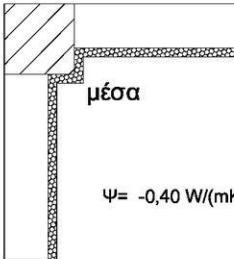
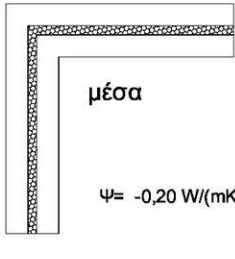
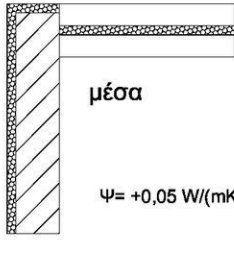
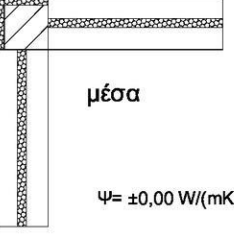
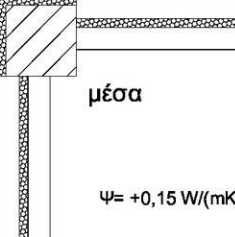
* Η τιμή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν μετρημένα ή αναλυτικά υπολογισμένες τιμές. Η τιμή είναι έγκυρη μόνο όταν το πλαίσιο του τοιχοπετάσματος καθώς και του κουφώματος έχουν θερμοδιακοπή και καμία θερμοδιακοπή δεν διακόπτεται από αγωγίμο στοιχείο του άλλου πλαισίου

Πίνακας 14δ. Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου τοιχοπετάσματος – κουφώματος για διατομές ξύλου και αλουμινίου.

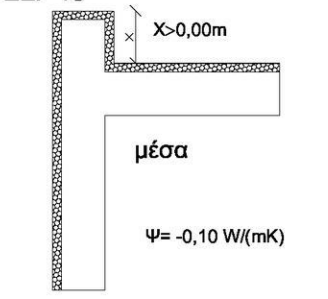
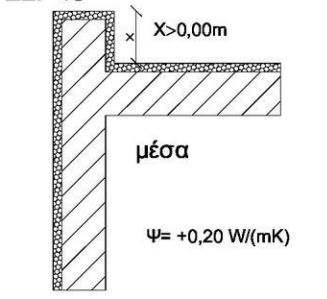
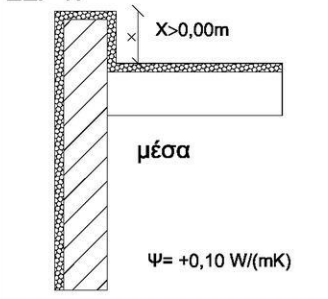
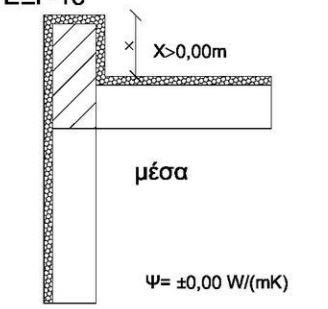
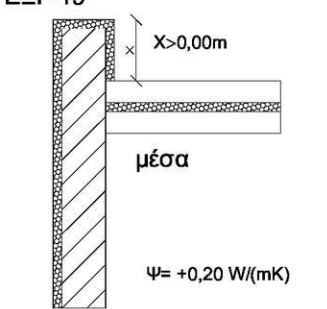
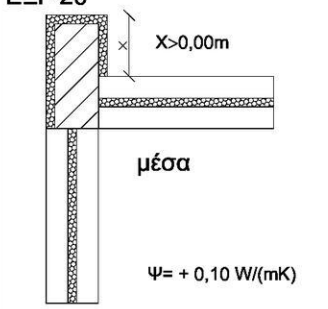
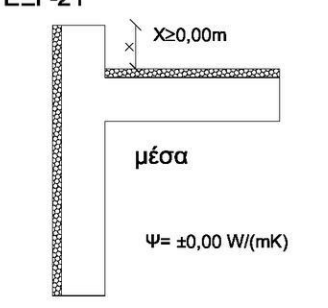
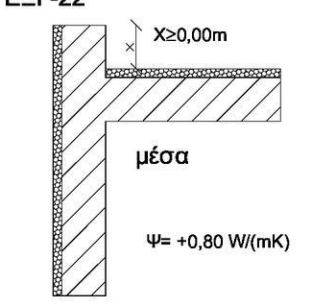
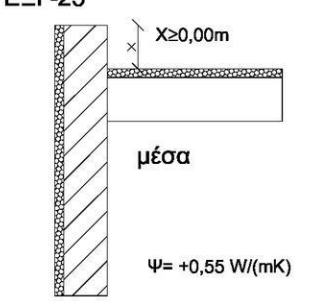
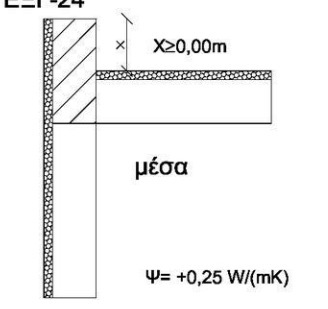
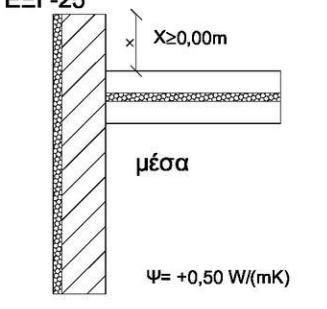
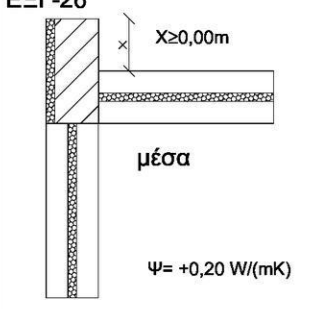
Είδος συναρμογής	Τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας * $\Psi_{dp,f}$ ή $\Psi_{tr,f}$
$U_{tr} > 2,0$ (W/(m ² ·K))	0,02
$U_{tr} \leq 2,0$ (W/(m ² ·K))	0,04

• Η τιμή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχουν μετρημένα ή αναλυτικά υπολογισμένες τιμές.

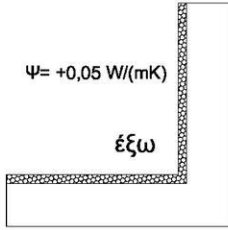
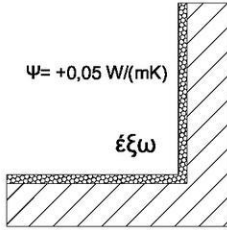
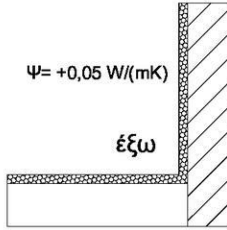
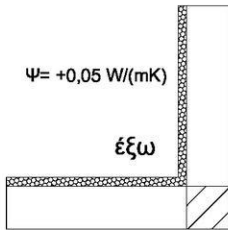
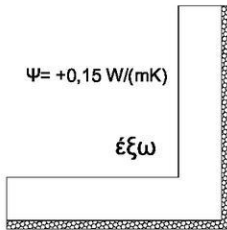
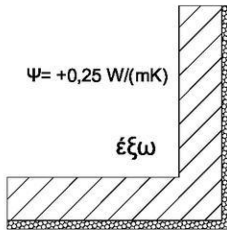
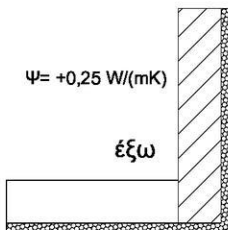
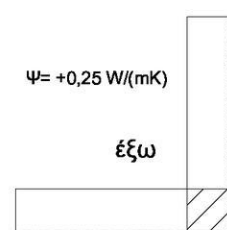
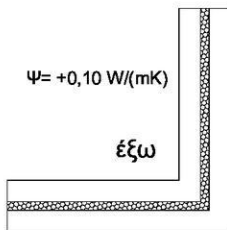
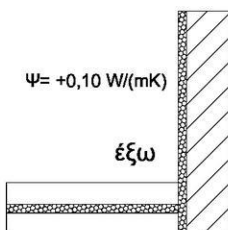
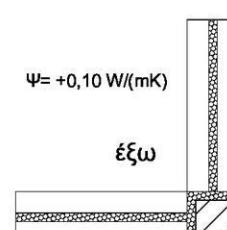
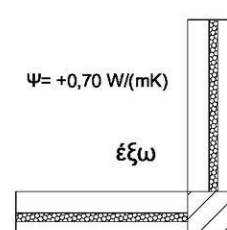
Πίνακας 16α. Θερμογέφυρες εξωτερικής γωνίας.

<p>ΕΞΓ-1</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-2</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-3</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-4</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-5</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-6</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-7</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,35 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-8</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-9</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-10</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,40 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-11</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-12</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΞΓ-13</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΞΓ-14</p>  <p>μέσα</p> <p>$\psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	

Πίνακας 16α (συνέχεια). Θερμογέφυρες εξωτερικής γωνίας.

<p>ΕΞΓ-15</p>  <p>$X > 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,10 W/(mK)$</p>	<p>ΕΞΓ-16</p>  <p>$X > 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 W/(mK)$</p>	<p>ΕΞΓ-17</p>  <p>$X > 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,10 W/(mK)$</p>
<p>ΕΞΓ-18</p>  <p>$X > 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 W/(mK)$</p>	<p>ΕΞΓ-19</p>  <p>$X > 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 W/(mK)$</p>	<p>ΕΞΓ-20</p>  <p>$X > 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,10 W/(mK)$</p>
<p>ΕΞΓ-21</p>  <p>$X \geq 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 W/(mK)$</p>	<p>ΕΞΓ-22</p>  <p>$X \geq 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,80 W/(mK)$</p>	<p>ΕΞΓ-23</p>  <p>$X \geq 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 W/(mK)$</p>
<p>ΕΞΓ-24</p>  <p>$X \geq 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,25 W/(mK)$</p>	<p>ΕΞΓ-25</p>  <p>$X \geq 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 W/(mK)$</p>	<p>ΕΞΓ-26</p>  <p>$X \geq 0,00m$</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 W/(mK)$</p>

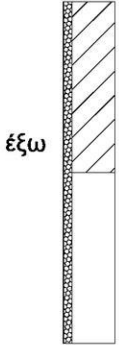
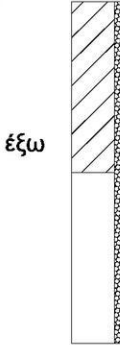
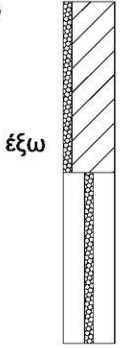
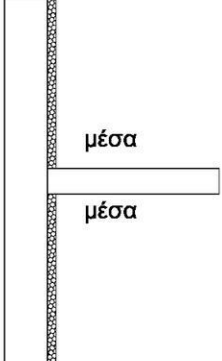
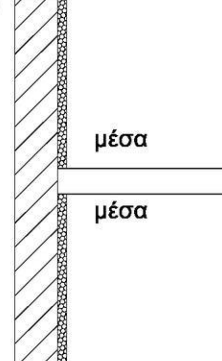
Πίνακας 16β Θερμογέφυρες εσωτερικής γωνίας.

<p>ΕΣΓ-1</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 	<p>ΕΣΓ-2</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 	<p>ΕΣΓ-3</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 
<p>ΕΣΓ-4</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 	<p>ΕΣΓ-5</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 	<p>ΕΣΓ-6</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 
<p>ΕΣΓ-7</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 	<p>ΕΣΓ-8</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 	<p>ΕΣΓ-9</p> <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 
<p>ΕΣΓ-10</p> <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 	<p>ΕΣΓ-11</p> <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 	<p>ΕΣΓ-12</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> 

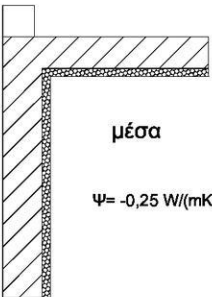
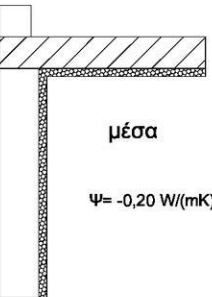
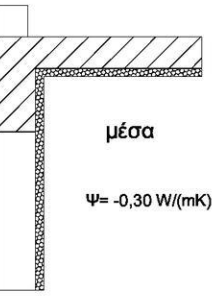
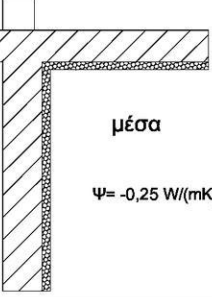
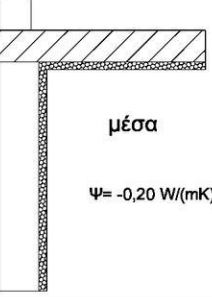
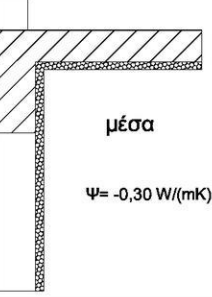
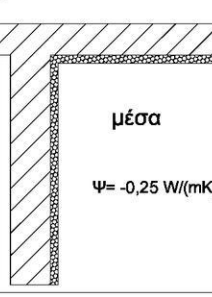
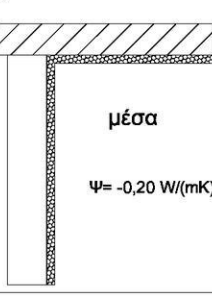
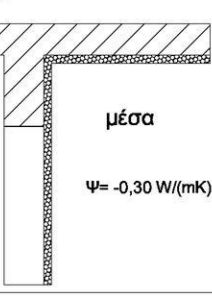
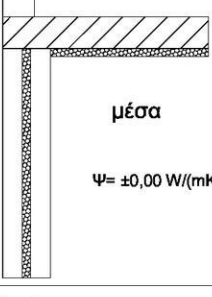
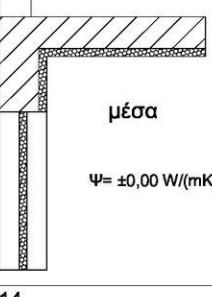
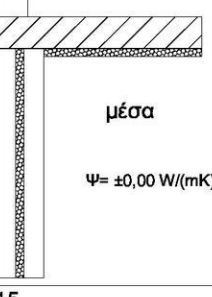
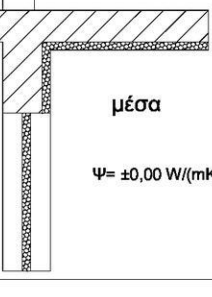
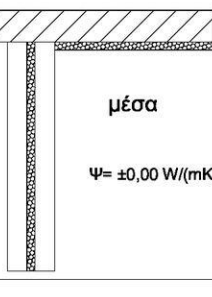
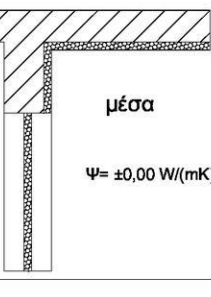
Πίνακας 16β. Θερμογέφυρες εσωτερικής γωνίας (συνέχεια)..

<p>ΕΣΓ-13</p> <p>$\Psi = +0,30 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> <p>$X \geq 0,00 \text{ m}$</p>	<p>ΕΣΓ-14</p> <p>$\Psi = +1,00 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> <p>$X \geq 0,00 \text{ m}$</p>	<p>ΕΣΓ-15</p> <p>$\Psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> <p>$X \geq 0,00 \text{ m}$</p>
<p>ΕΣΓ-16</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> <p>$X \geq 0,00 \text{ m}$</p>	<p>ΕΣΓ-17</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> <p>$X > 0,00 \text{ m}$</p>	<p>ΕΣΓ-18</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> <p>$X > 0,00 \text{ m}$</p>
<p>ΕΣΓ-19</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> <p>$X > 0,00 \text{ m}$</p>	<p>ΕΣΓ-20</p> <p>$\Psi = +0,45 \text{ W/(mK)}$</p> <p>έξω</p> <p>$X > 0,00 \text{ m}$</p>	

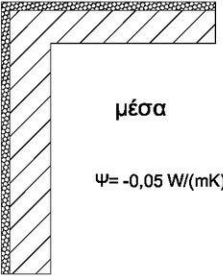
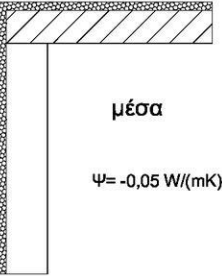
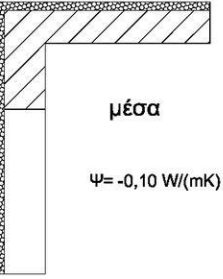
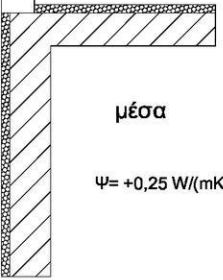
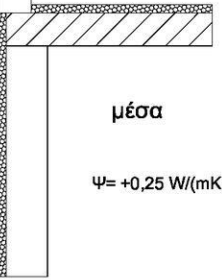
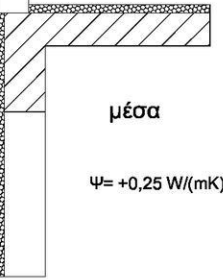
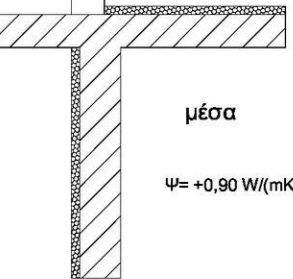
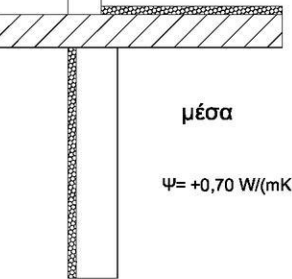
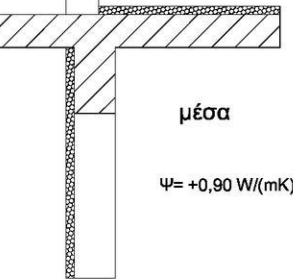
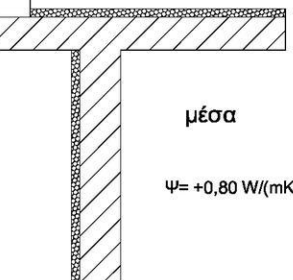
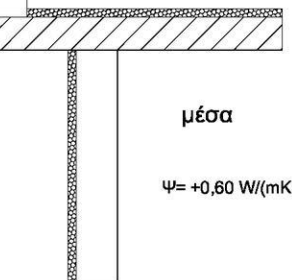
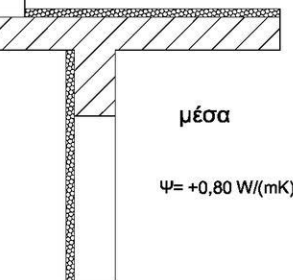
Πίνακας 16γ. Θερμογέφυρες ενώσεων δομικών στοιχείων.

<p>ΕΔΣ-1</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΣ-2</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΣ-3</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔΣ-4</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΣ-5</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>	

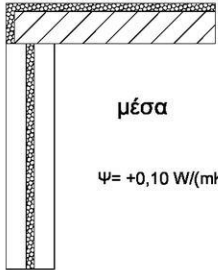
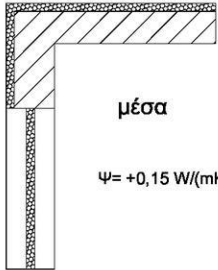
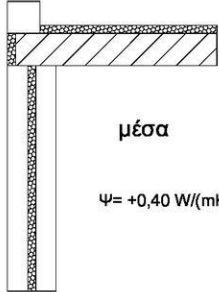
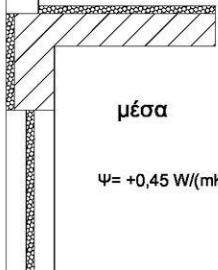
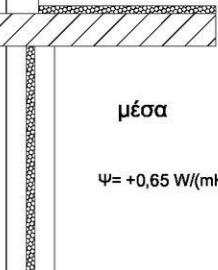
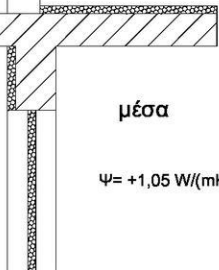
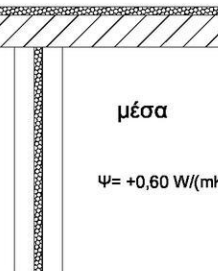
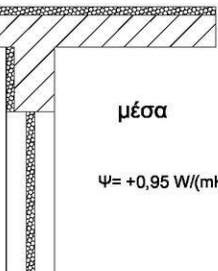
Πίνακας 16δ. Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-1</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-2</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-3</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-4</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-5</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-6</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-7</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-8</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-9</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-10</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-11</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-12</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-13</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-14</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-15</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>

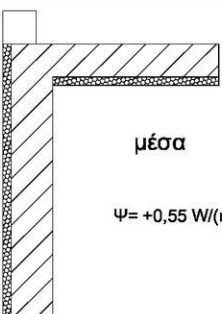
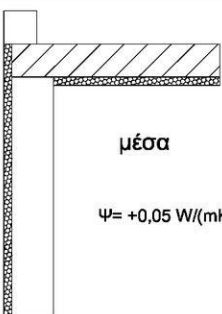
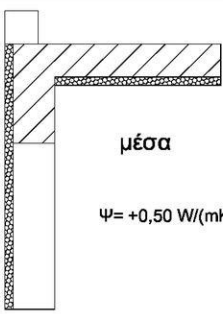
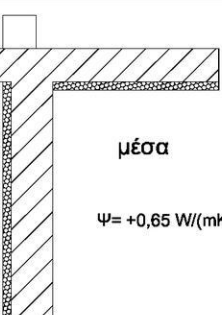
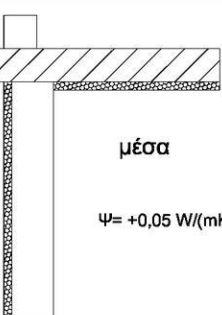
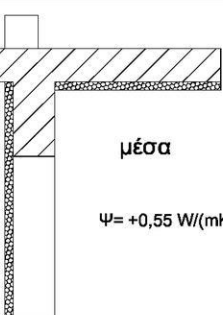
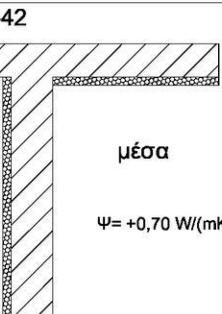
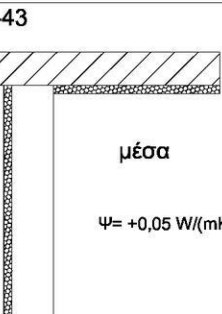
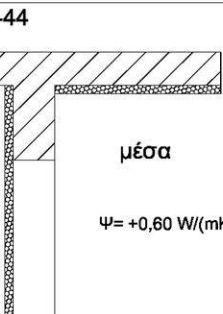
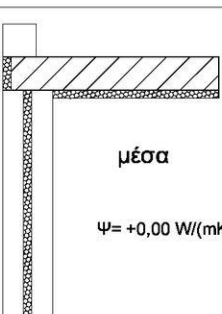
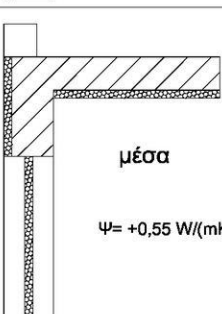
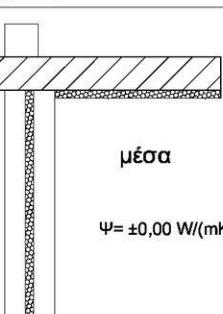
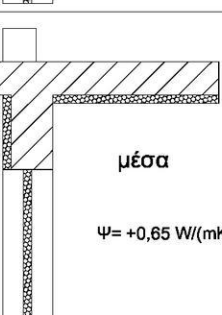
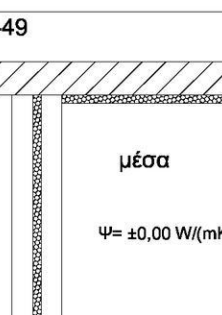
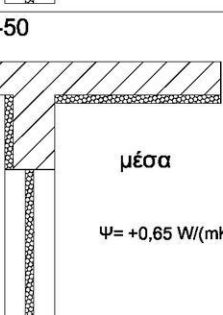
Πίνακας 16δ (συνέχεια). Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-16</p>  <p>μέσα $\psi = -0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-17</p>  <p>μέσα $\psi = -0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-18</p>  <p>μέσα $\psi = -0,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-19</p>  <p>μέσα $\psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-20</p>  <p>μέσα $\psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-21</p>  <p>μέσα $\psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-22</p>  <p>μέσα $\psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-23</p>  <p>μέσα $\psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-24</p>  <p>μέσα $\psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-25</p>  <p>μέσα $\psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-26</p>  <p>μέσα $\psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-27</p>  <p>μέσα $\psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>

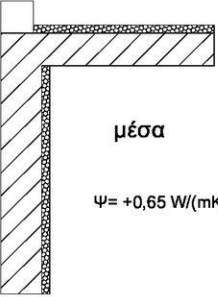
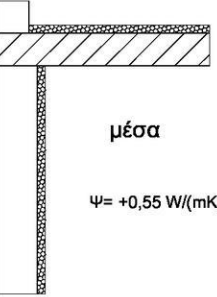
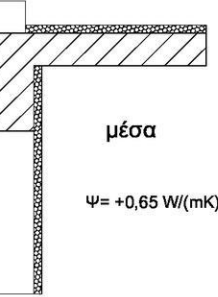
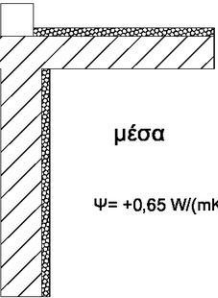
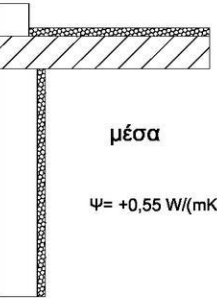
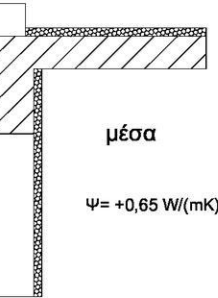
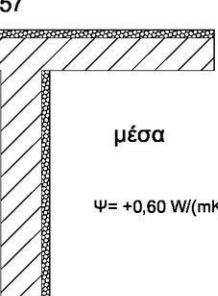
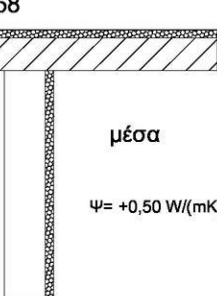
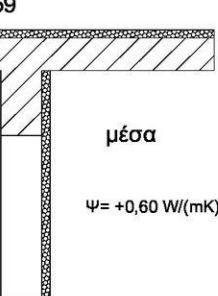
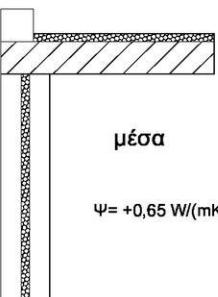
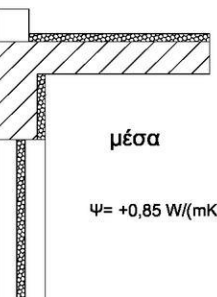
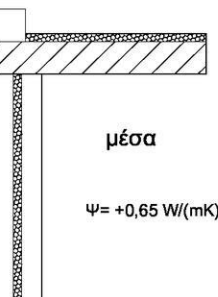
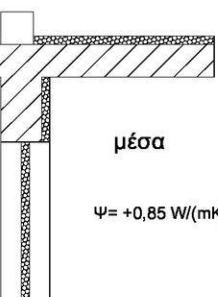
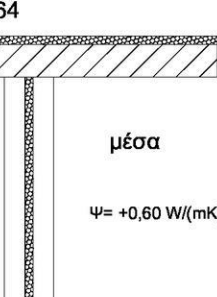
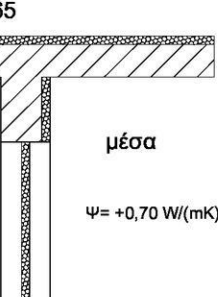
Πίνακας 16δ (συνέχεια). Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-28</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-29</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-30</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,40 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-31</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,45 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-32</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-33</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,05 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-34</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-35</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,95 \text{ W/(mK)}$</p>	

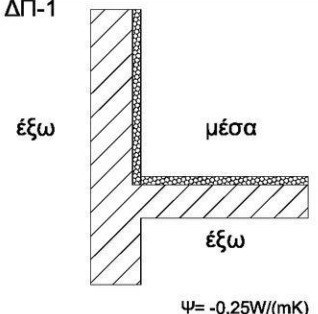
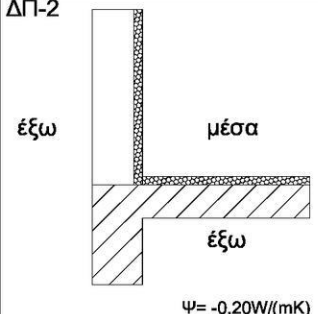
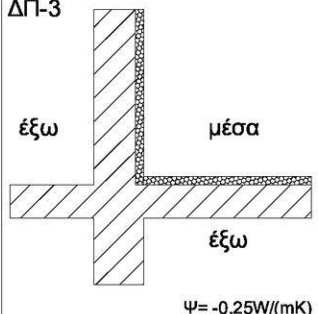
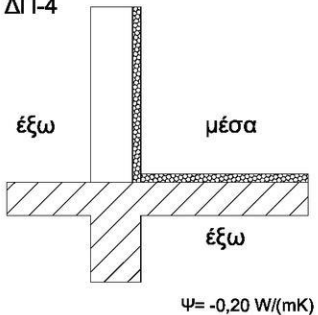
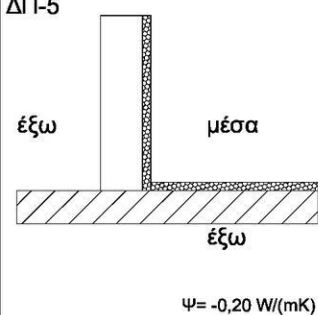
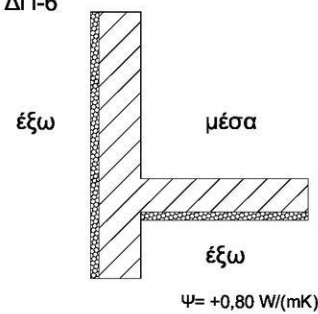
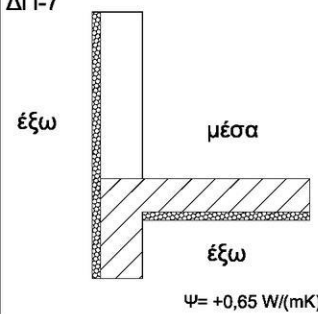
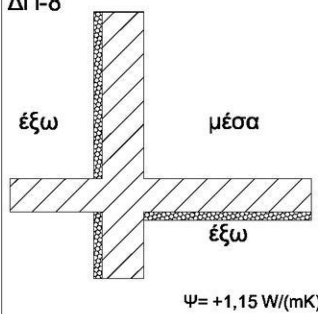
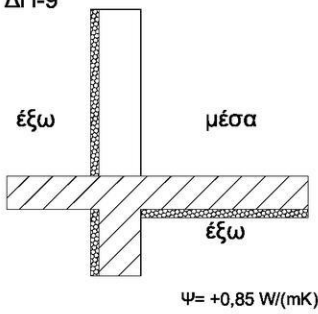
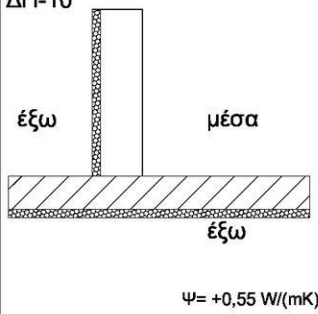
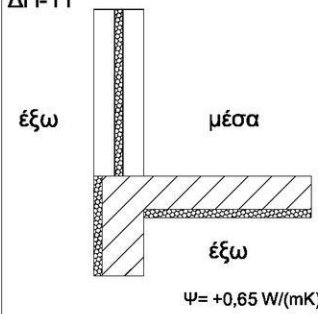
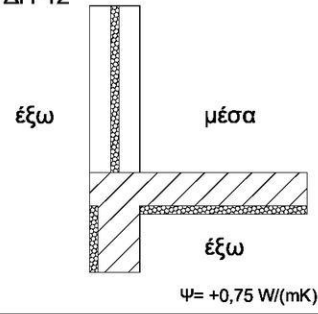
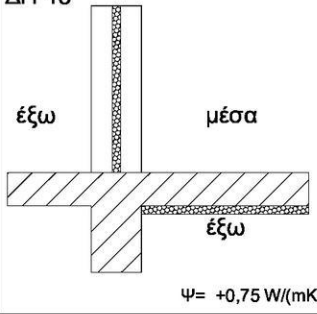
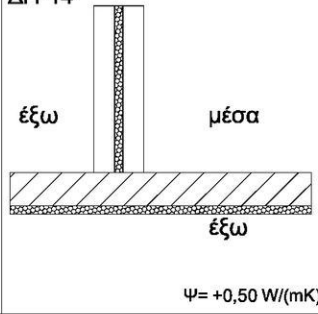
Πίνακας 16δ. (συνέχεια). Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-36</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-37</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-38</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-39</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-40</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-41</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-42</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-43</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-44</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-45</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-46</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-47</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-48</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-49</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-50</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>

Πίνακας 16δ. (συνέχεια). Θερμογέφυρες δώματος / οροφής σε προεξοχή.

<p>Δ-51</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-52</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-53</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-54</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-55</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-56</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-57</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-58</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-59</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-60</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-61</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-62</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Δ-63</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-64</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Δ-65</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>

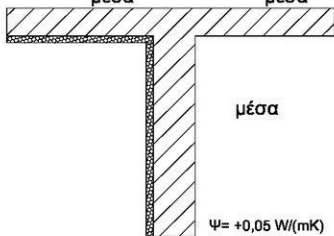
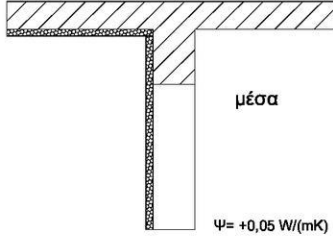
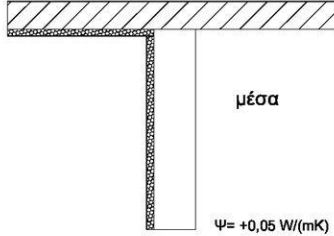
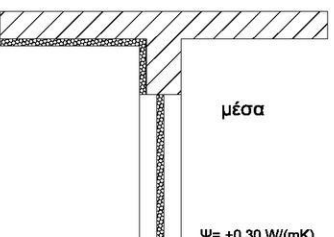
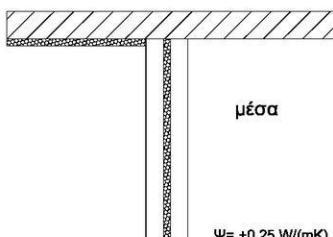
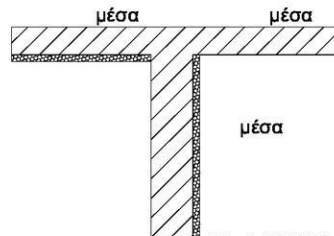
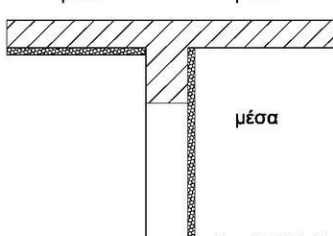
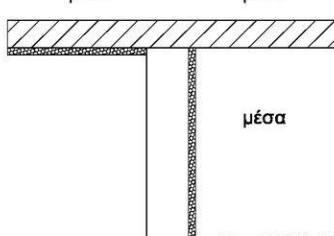
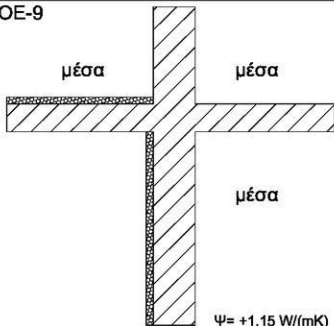
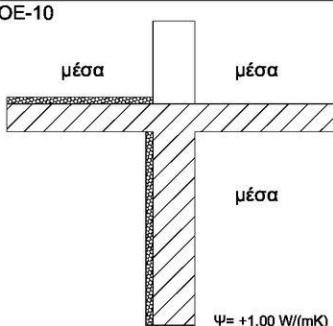
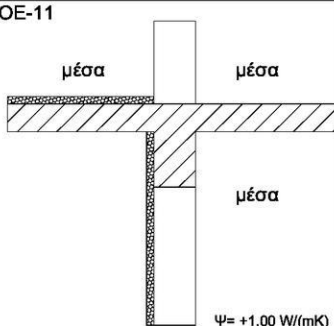
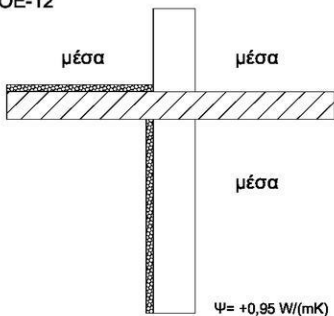
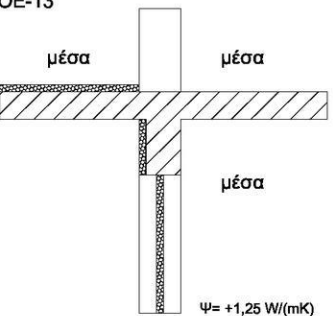
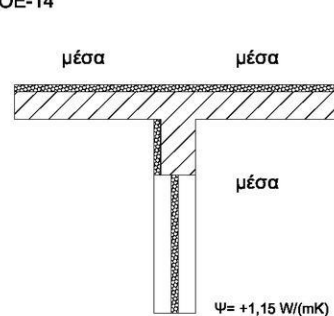
Πίνακας 16ε. Θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή / δαπέδου επάνω από πυλωτή.

<p>ΔΠ-1</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-2</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-3</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = -0,25 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-4</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-5</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = -0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	
<p>ΔΠ-6</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-7</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-8</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +1,15 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-9</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-10</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-11</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-12</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-13</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-14</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>

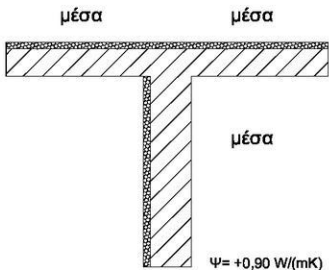
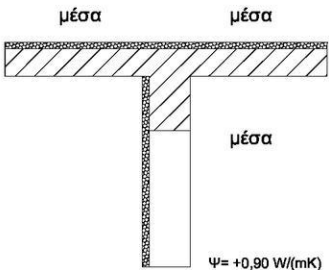
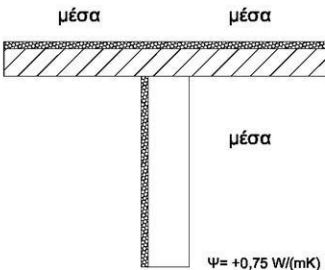
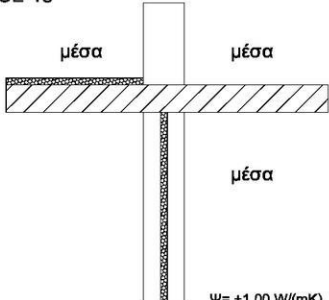
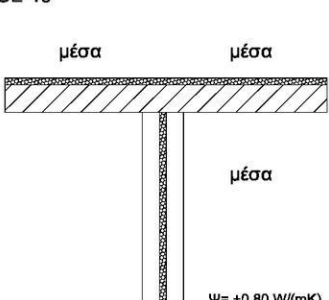
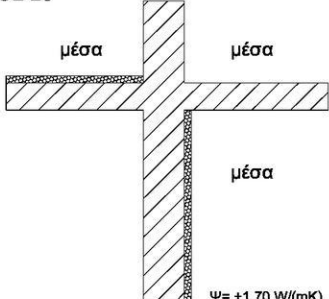
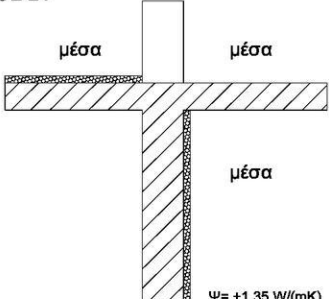
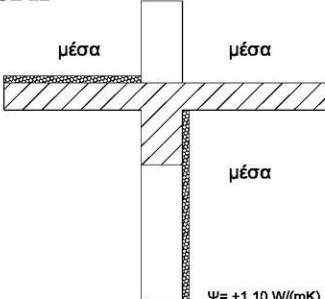
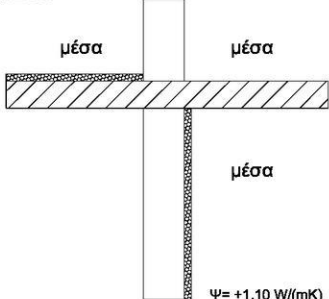
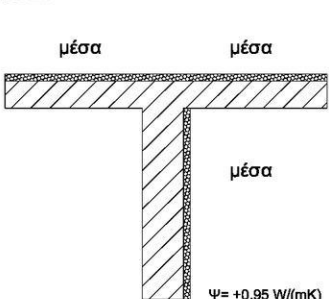
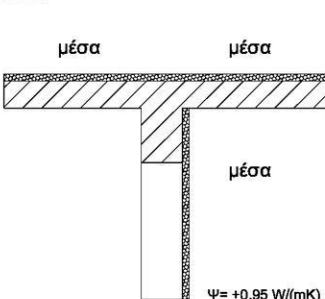
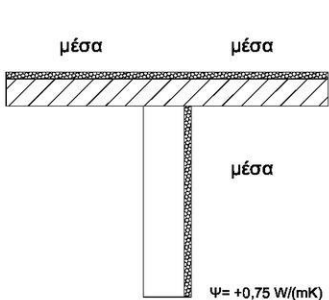
Πίνακας 16ε (συνέχεια). Θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή / δαπέδου επάνω από πυλωτή.

<p>ΔΠ-15</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-16</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-17</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = + 0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-18</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-19</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-20</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-21</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-22</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-23</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-24</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-25</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-26</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΠ-27</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΠ-28</p> <p>έξω μέσα</p> <p>έξω</p> <p>$\Psi = +0,40 \text{ W/(mK)}$</p>	

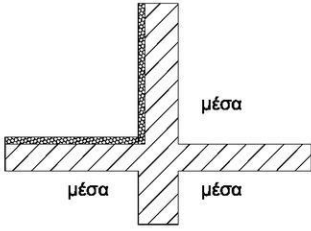
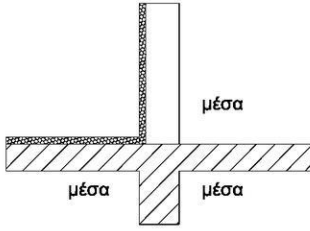
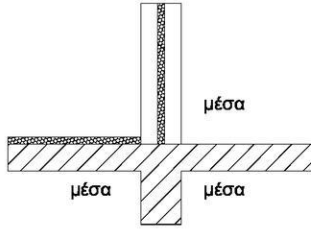
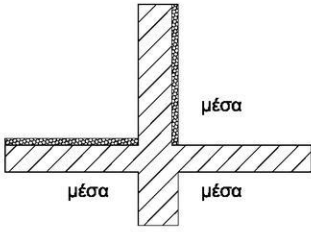
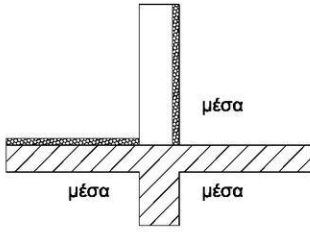
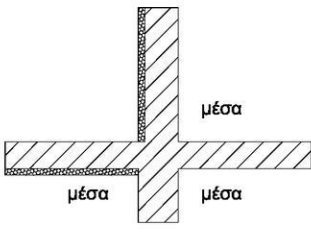
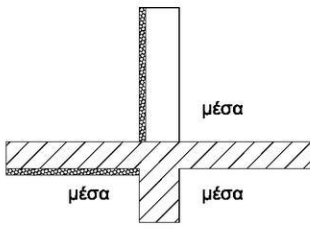
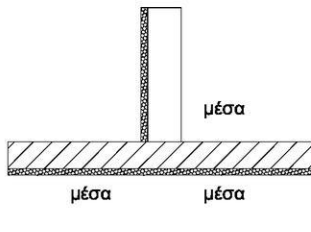
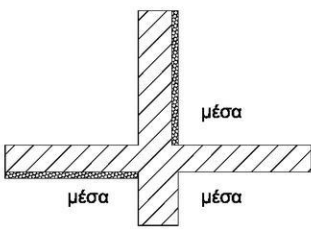
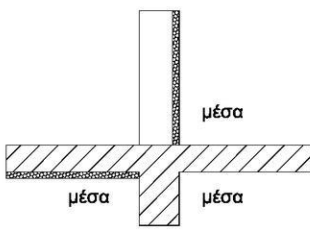
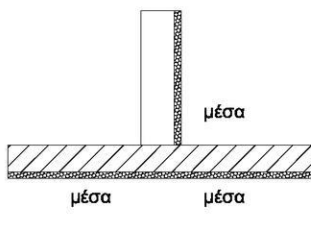
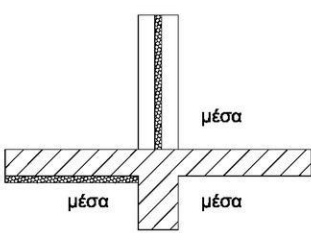
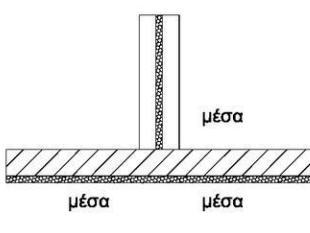
Πίνακας 16στ. Θερμογέφυρες σε οροφή σε εσοχή.

<p>OE-1</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-2</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-3</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-4</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,30 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-5</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	
<p>OE-6</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-7</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-8</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-9</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-10</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-11</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-12</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,95 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-13</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-14</p>  <p>μέσα μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,15 \text{ W/(mK)}$</p>

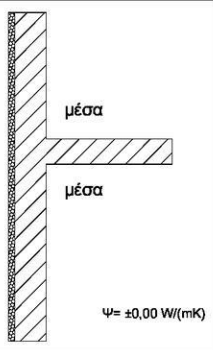
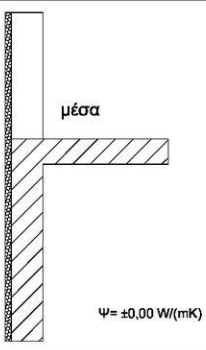
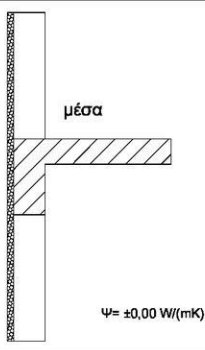
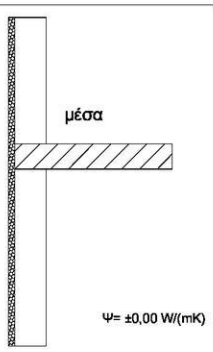
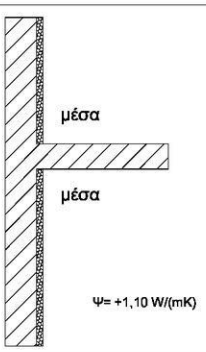
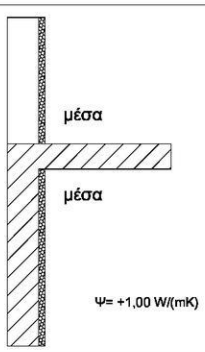
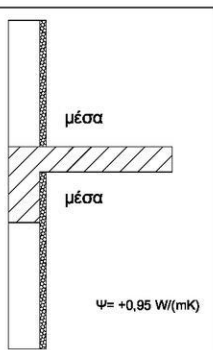
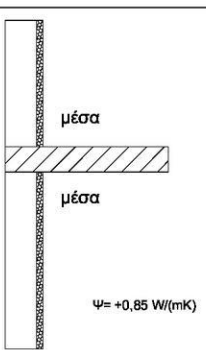
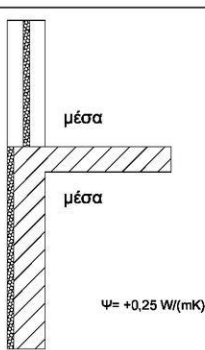
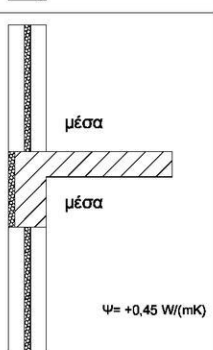
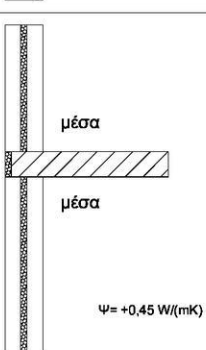
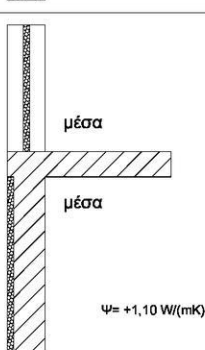
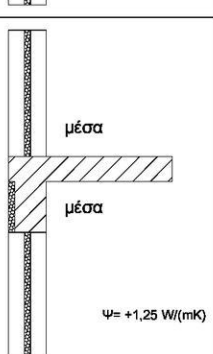
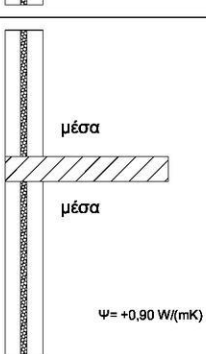
Πίνακας 16στ. (συνέχεια). Θερμογέφυρες σε οροφή σε εσοχή.

<p>OE-15</p>  <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-16</p>  <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-17</p>  <p>$\Psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-18</p>  <p>$\Psi = +1,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-19</p>  <p>$\Psi = +0,80 \text{ W/(mK)}$</p>	
<p>OE-20</p>  <p>$\Psi = +1,70 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-21</p>  <p>$\Psi = +1,35 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-22</p>  <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-23</p>  <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-24</p>  <p>$\Psi = +0,95 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>OE-25</p>  <p>$\Psi = +0,95 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>OE-26</p>  <p>$\Psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>		

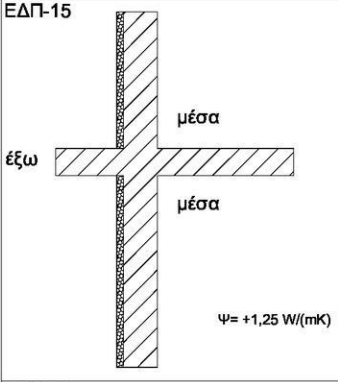
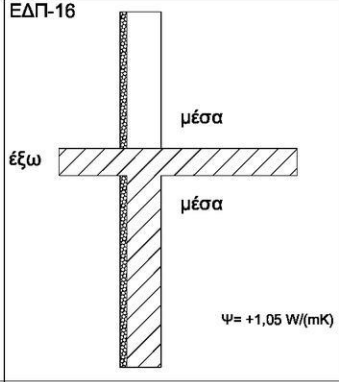
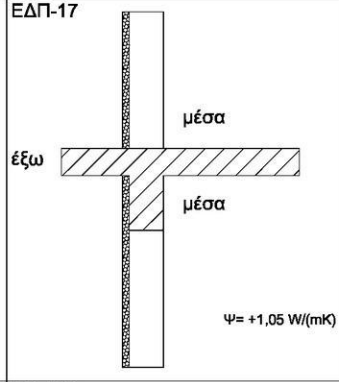
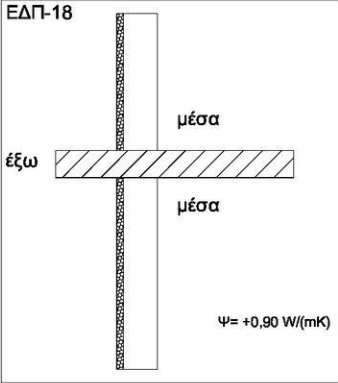
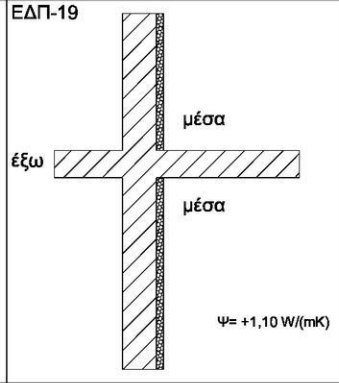
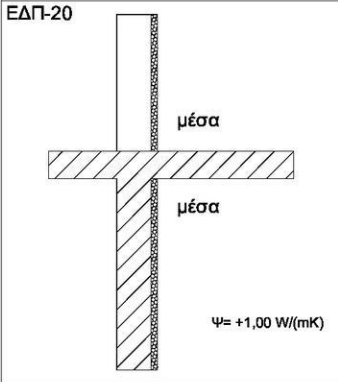
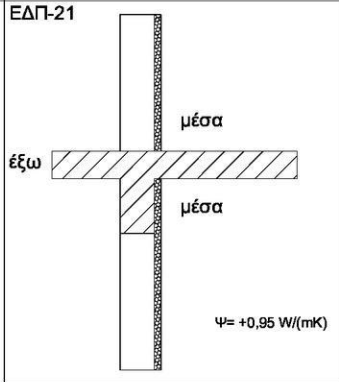
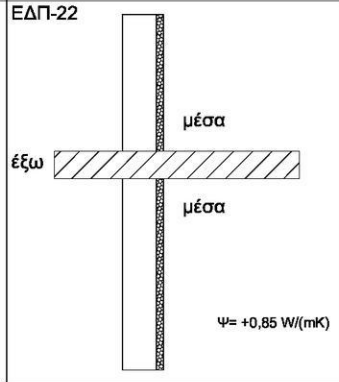
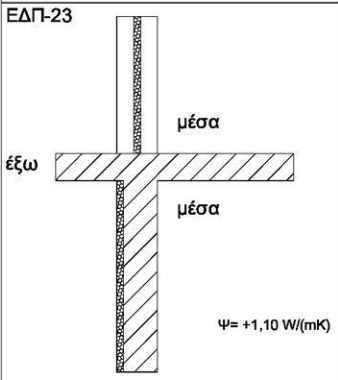
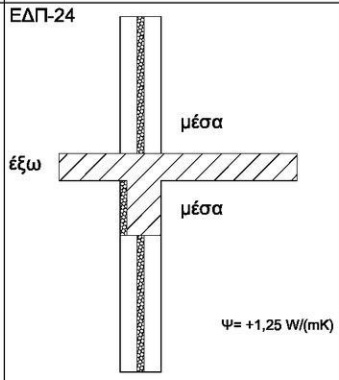
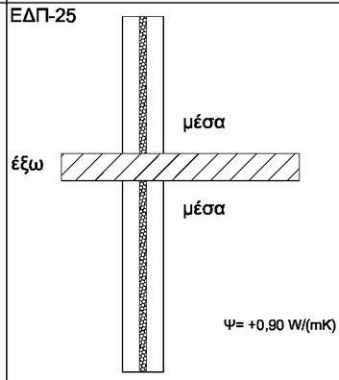
Πίνακας 16ζ. Θερμογέφυρες σε δάπεδο σε εσοχή.

<p>ΔΕ-1</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΕ-2</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΕ-3</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,40 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΕ-4</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΕ-5</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>	
<p>ΔΕ-6</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΕ-7</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΕ-8</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΕ-9</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΕ-10</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,30 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΕ-11</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΔΕ-12</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΔΕ-13</p>  <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,75 \text{ W/(mK)}$</p>	

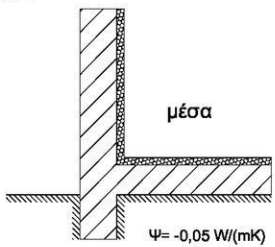
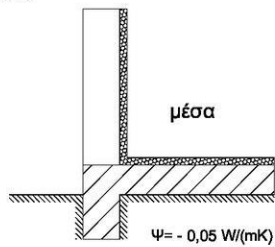
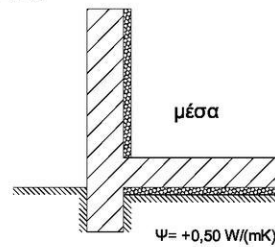
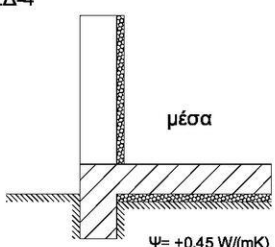
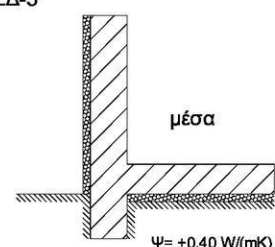
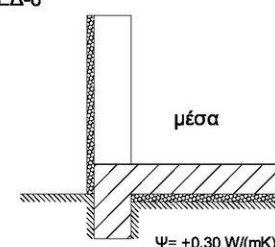
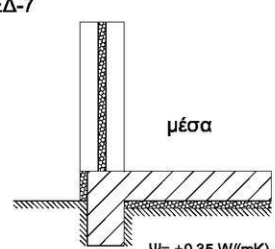
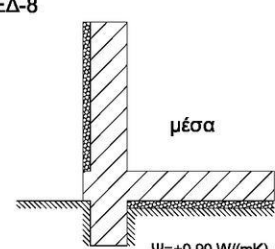
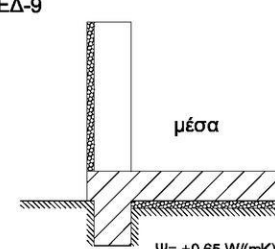
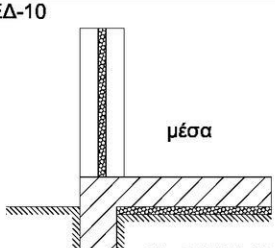
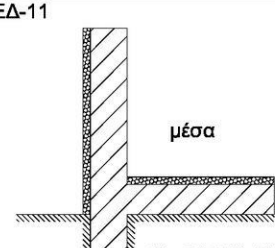
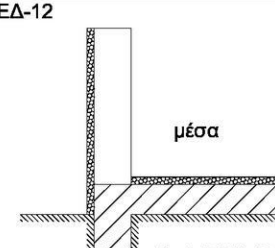
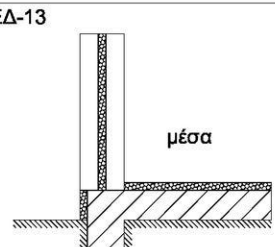
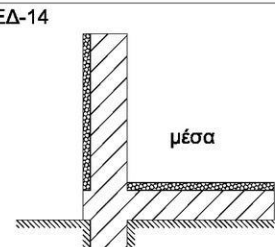
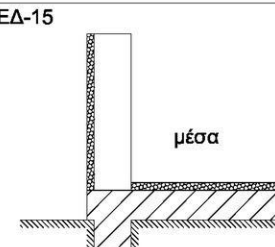
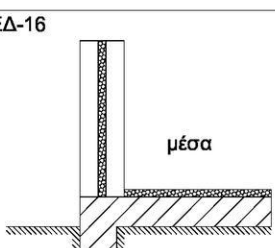
Πίνακας 16η. Θερμογέφυρες σε ενδιάμεσο δάπεδο.

<p>ΕΔΠ-1</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-2</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-3</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔΠ-4</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-5</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-6</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔΠ-7</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,95 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-8</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-9</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔΠ-10</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,45 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-11</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,45 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-12</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔΠ-13</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-14</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	

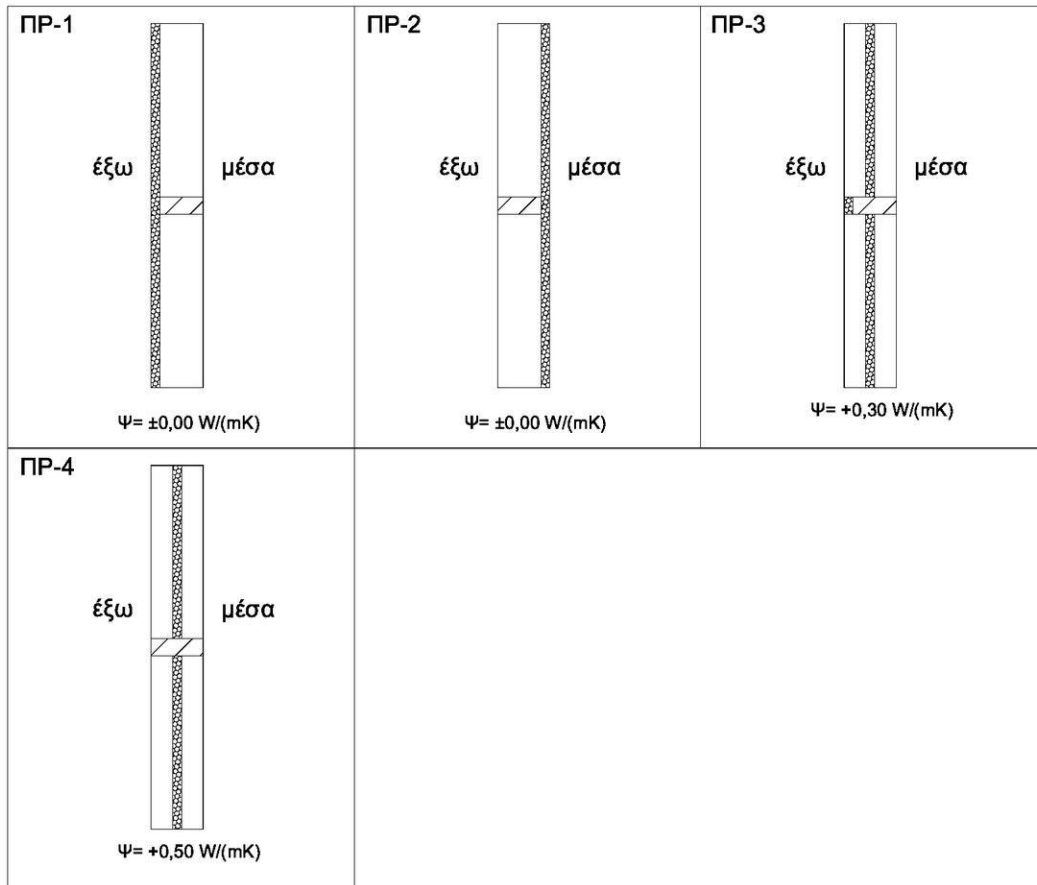
Πίνακας 16η (συνέχεια). Θερμογέφυρες σε ενδιάμεσο δάπεδο

<p>ΕΔΠ-15</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-16</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-17</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,05 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔΠ-18</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>		<p>ΕΔΠ-19</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔΠ-20</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-21</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,95 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-22</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,85 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔΠ-23</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-24</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +1,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔΠ-25</p>  <p>έξω</p> <p>μέσα</p> <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>

Πίνακας 16θ. Θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται στο έδαφος.

<p>ΕΔ-1</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = -0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-2</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = - 0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-3</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-4</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,45 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-5</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,40 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-6</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,30 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-7</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-8</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,90 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-9</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-10</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,60 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-11</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-12</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-13</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-14</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,50 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>ΕΔ-15</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>ΕΔ-16</p>  <p>μέσα</p> <p>$\Psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>		



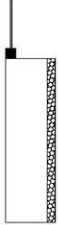


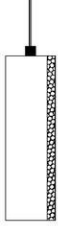


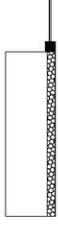


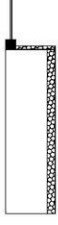
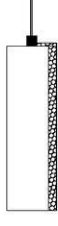


Πίνακας 16i. Θερμογέφυρες περίδεσμου ενίσχυσης.




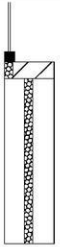
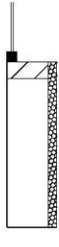

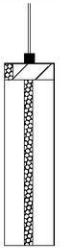
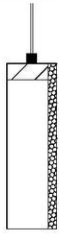

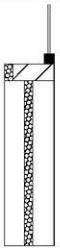
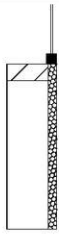

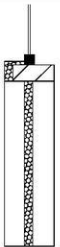
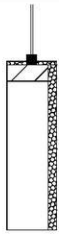

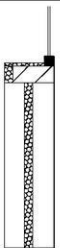
Παρατήρηση

- Στον υπολογισμό του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας του περίδεσμου ενίσχυσης έχει συμπεριληφθεί και η θεώρηση του οπλισμένου σκυροδέματος ως οπτοπλινθοδομή κατά τον υπολογισμό της μονοδιάστατης ροής θερμότητας.

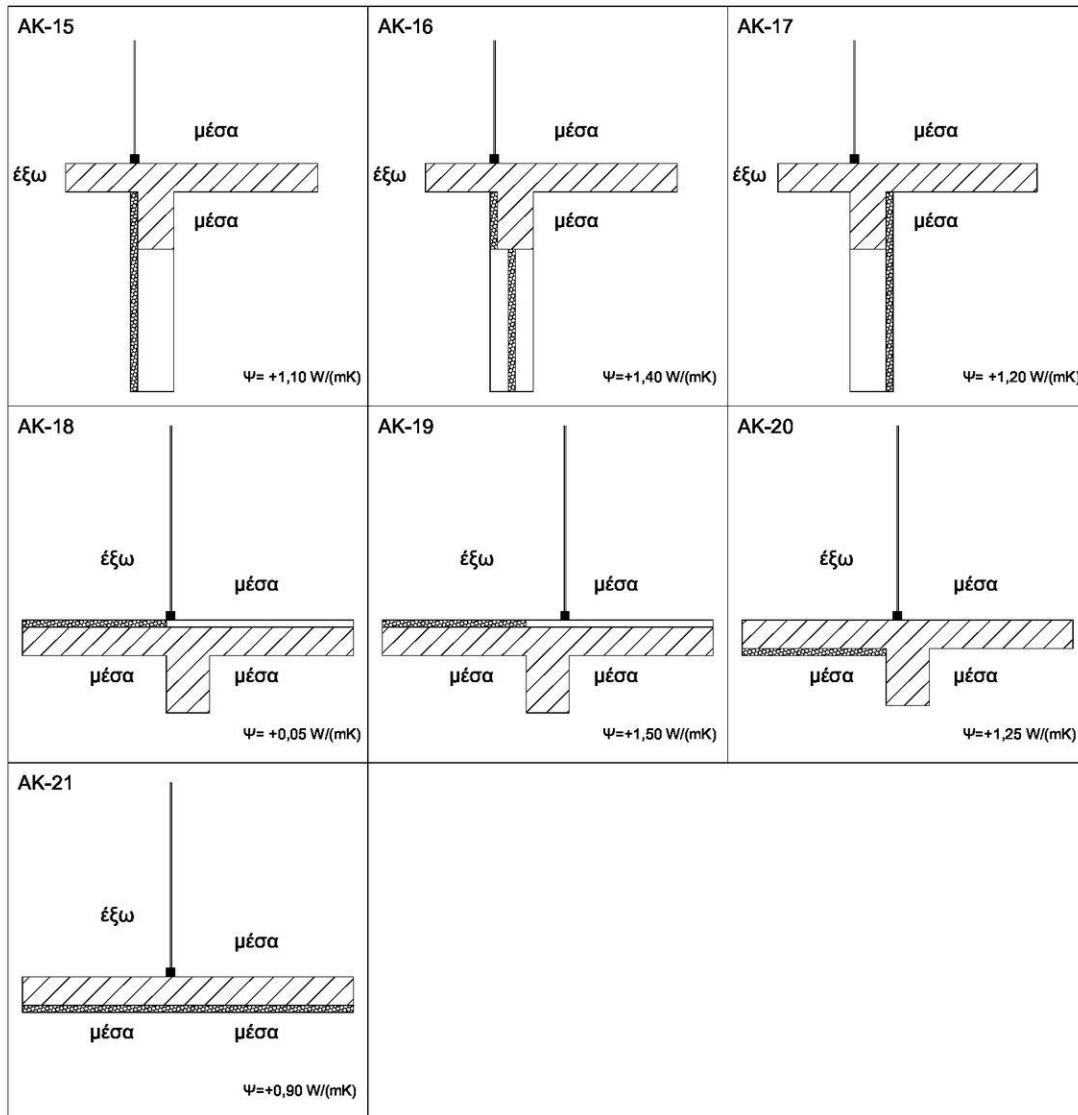
Πίνακας 16ια. Θερμογέφυρες σε λαμπά κουφώματος.

<p>Λ-1</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-2</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-3</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Λ-4</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-5</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-6</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Λ-7</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-8</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,25 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-9</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Λ-10</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-11</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-12</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,15 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>Λ-13</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-14</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>Λ-15</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>

Πίνακας 16β. Θερμογέφυρες σε ανωκάσι / κατωκάσι κουφώματος.

<p>AK-1</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,05 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-2</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,30 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-3</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>AK-4</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-5</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,55 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-6</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,35 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>AK-7</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,70 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-8</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,65 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-9</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = \pm 0,00 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>AK-10</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-11</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,30 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-12</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,10 \text{ W/(mK)}$</p>
<p>AK-13</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,20 \text{ W/(mK)}$</p>	<p>AK-14</p>  <p>έξω μέσα</p> <p>$\Psi = +0,30 \text{ W/(mK)}$</p>	

Πίνακας 16β. (συνέχεια). Θερμογέφυρες σε ανωκάσι / κατωκάσι κουφώματος



Υπόμνημα υλικών

Οπλισμένο σκυρόδεμα



Θερμομονωτικό υλικό



Οπτοπλινθοδομή



Κούφωμα

