

# ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Μέρος 6<sup>ο</sup>- 7<sup>ο</sup>

Στάδια ελέγχου θερμομονωτικής επάρκειας - Θερμογέφυρες

Αλέξανδρος Κρίθαρης

Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Προσωρινός Ενεργειακός Επιθεωρητής

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμονωτική επάρκεια (Εισαγωγή),

## 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Εισαγωγή

Με τη **θερμομονωτική προστασία** των κτηρίων επιδιώκεται ο περιορισμός των θερμικών απωλειών από τις επιφάνειες που διαμορφώνουν το εξωτερικό κέλυφος του κτηρίου και επιτυγχάνεται έτσι:

- ο περιορισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι,
- η διαμόρφωση κατά το δυνατόν συνθηκών θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο,
- η διατήρηση των επιφανειακών θερμοκρασιών των δομικών στοιχείων σε επίπεδα αποτρεπτικά του σχηματισμού επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών της ατμόσφαιρας (δρόσου).

Με τον **έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας** ελέγχεται η επαρκής θερμομονωτική προστασία του κτηρίου σύμφωνα με όσα προβλέπει ο Κ.Εν.Α.Κ. αλλά και ειδικότερα η Τ.ΟΤ.Ε.Ε. 20701-2 και αποτελεί το πρώτο βήμα της ενεργειακής μελέτης.

Ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας ουσιαστικά **αντικαθιστά την** μέχρι την έναρξη ισχύος του Κ.Εν.Α.Κ. **μελέτη θερμομόνωσης** του κτηρίου. Έτσι, **δεν** αποτελεί μια **αυτοτελή διαδικασία**, όπως προέβλεπε ο παλαιός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων, αλλά **ένα τμήμα** μόνο της **ενεργειακής μελέτης** που προβλέπει ο Κ.Εν.Α.Κ.

Ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας είναι προφανώς **υποχρεωτικός** για κάθε **νεοανεγειρόμενο** κτήριο και κάθε **ριζικώς ανακαινιζόμενο**, ως αναπόσπαστο τμήμα της υποχρεωτικής γι' αυτά ενεργειακής μελέτης.

Επιπλέον όμως, είναι **υποχρεωτικός** και για τα κτήρια που **δεν** υποχρεούνται στη σύνταξη ενεργειακής μελέτης, όπως :

- Για κτήρια, με εμβαδό μικρότερο των 50 m<sup>2</sup>.
- Για υφιστάμενα κτήρια που έχουν χαρακτηριστεί παραδοσιακά ή διατηρητέα και ανακαινίζονται ριζικώς, εκτός αν οι επεμβάσεις για τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς αλλοιώνουν τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά και κατ' ουσία αίρουν το χαρακτήρα του παραδοσιακού ή/και διατηρητέου. Σε μια τέτοια περίπτωση όμως η αδυναμία εφαρμογής του Κ.Εν.Α.Κ. θα πρέπει να τεκμηριώνεται πλήρως.
- Για χώρους που χρησιμοποιούνται ως χώροι λατρείας.
- Για μόνιμα κτήρια με διάρκεια ζωής που δεν υπερβαίνει τα 2 έτη.
- Για βιομηχανικές εγκαταστάσεις και εργαστήρια με εμβαδό μικρότερο των 50 m.
- Για κτήρια αγροτικών χρήσεων με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, των οποίων το εμβαδό δεν υπερβαίνει τα 50 cm.

Στα ήδη **υφιστάμενα κτήρια**, στα οποία **δεν** πρόκειται να γίνουν επεμβάσεις **ριζικής** ανακαίνισης, **δεν υπάρχει η υποχρέωση** τήρησης των απαιτήσεων θερμομονωτικής επάρκειας κατά τον Κ.Εν.Α.Κ.

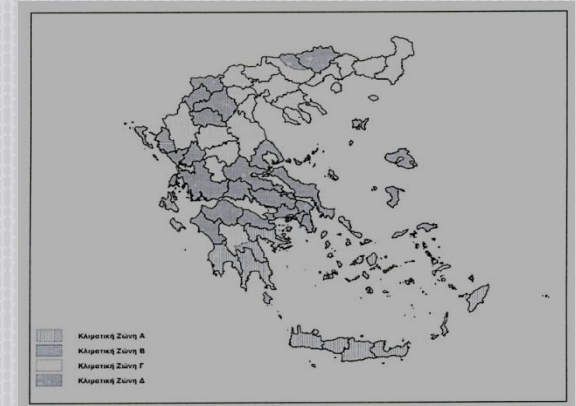
## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (Κλιμ. Ζώνες, γενικά).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Κλιματικές ζώνες, στάδια ελέγχου

#### Κλιματικές Ζώνες

Λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική ποικιλομορφία του ελλαδικού χώρου, ο Κ. Εν.Α. Κ. έχει διαχωρίσει όλη την ελληνική επικράτεια με βάση της βαθμομέρες θέρμανσης της κάθε περιοχής σε 4 κλιματικές ζώνες, στηριζόμενος ταυτόχρονα και στην παλαιότερη διοικητική διαίρεση της χώρας σε νομούς. Από τις 4 ζώνες θερμότερη είναι η Α' και ψυχρότερη η Δ.

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



#### Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας Αποτελεί και το πρώτο βήμα της ενεργειακής μελέτης

Για την ορθή θερμομονωτική προστασία του κελύφους απαιτείται η επιλογή :

αφενός των κατάλληλων **θερμομονωτικών υλικών** που θα τοποθετηθούν με τη σωστή σειρά στρώσεων στα αδιαφανή δομικά στοιχεία και αφετέρου των κατάλληλου τύπου **κουφωμάτων** που θα καλύψουν τις θέσεις των ανοιγμάτων.

Η καταλληλότητα του θερμομονωτικού υλικού ορίζεται από πλήθος παραμέτρων, ως βασικότερες των οποίων μπορούν να αξιολογηθούν η τιμή του **συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ**, το **πάχος** της θερμομονωτικής στρώσης, η **συνεργασιμότητα** του θερμομονωτικού υλικού με τα υλικά των υπολοίπων στρώσεων κτλ.

Ομοίως, η καταλληλότητα του κουφώματος ορίζεται από τις διαστάσεις του κουφώματος, το υλικό και τον τύπο του **πλαισίου** (της κάσας του κουφώματος), τον τύπο του **υαλοπίνακα** (διπλός ή τριπλός) και το **αέριο πλήρωσης** μεταξύ των υαλοπινάκων.

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. το **κάθε δομικό στοιχείο**, διαφανές ή αδιαφανές, **οφείλει** να δίνει τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας **U μικρότερη μιας μέγιστης επιτρεπόμενης**.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (Στάδια ελέγχου).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Κλιματικές ζώνες, στάδια ελέγχου

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας γίνεται σε δύο στάδια (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2, § 1.1.):

Κατά το **πρώτο στάδιο** ελέγχεται η θερμική επάρκεια ενός εκάστου των επί μέρους δομικών στοιχείων του εξωτερικού κελύφους του κτηρίου.

Για να ικανοποιεί ένα δομικό στοιχείο τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού, θα πρέπει η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας εξεταζόμενου αυτού του δομικού στοιχείου να μην υπερβαίνει την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{max}$  που ορίζει ο κανονισμός, ανά κλιματική ζώνη για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων. Πρέπει, δηλαδή να ισχύει:  $U_{εξεταζ.} \leq U_{max}$

Κατά το **δεύτερο στάδιο** ελέγχεται η θερμική επάρκεια του συνόλου του κτηρίου.

Για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού πρέπει η μέση τιμή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτηρίου ( $U_m$ ) να μην υπερβαίνει τα όρια που θέτει ο κανονισμός για κάθε κτήριο ( $U_m, max$ ), αυτού εντασσόμενου σε μια από τις κλιματικές ζώνες του ελλαδικού χώρου.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m, max$ ) υπολογίζεται λαμβανομένου υπόψη του λόγου του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών του κτηρίου (κατακόρυφων και οριζόντιων) προς τον όγκο του ( $A/V$ ).

Πρέπει, δηλαδή να ισχύει:  $U_m \leq U_{m,max}$

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> .K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	$U_{v,D}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	$U_{v,W}$	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	$U_{v,DL}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	$U_{v,G}$	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	$U_{v,WE}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	$U_{v,F}$	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	$U_{v,GF}$	2,20	2,00	1,80	1,80

$U_{max}$  για κάθε δομικό στοιχείο κα πίνακας 6 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2.

$F/V$ (m <sup>-1</sup> )	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής ( $U_m$ ) σε [W/m <sup>2</sup> .K]			
	Ζώνη A	Ζώνη B	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

$U_m, max$  για το σύνολο του κτηρίου πίνακας 7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2.

Ο κανονισμός προτρέπει (υποδεικνύει χωρίς να επιβάλλει) τη θερμομονωτική προστασία και των ενδιάμεσων διαχωριστικών δομικών στοιχείων, οριζόντιων και κατακόρυφων, μεταξύ διαμερισμάτων.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (θερμικές ζώνες).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

#### Θερμικές Ζώνες (υπενθύμιση)

Για την εκτίμηση της ενεργειακής του απόδοσης το κτήριο χωρίζεται σε «**θερμικές ζώνες**», δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα.

Για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες

Ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών,

Τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου ή/και έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με την κατανάλωση στο υπόλοιπο κτήριο, δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αυτόνομες θερμικές ζώνες και πρέπει να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010), και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 επιβάλλεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες :

Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 K (4 °C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτηρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.

Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία.

Υπάρχουν χώροι στο κτήριο, που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.

Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτήριο) συναλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες).

Υπάρχουν χώροι, στους οποίους το σύστημα του μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Ο διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες εναπόκειται στην ευχέρεια του μελετητή ή του επιθεωρητή και για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης και της ενεργειακής επιθεώρησης η ακρίβεια των υπολογισμών δεν επηρεάζεται σημαντικά από το πλήθος των θερμικών ζωνών.

Θερμική ζώνη μπορεί να αποτελέσει ολόκληρο το κτήριο ή μέρος του κτηρίου (π.χ. Διαμέρισμα) αναλόγως με το ενδιαφέρον μας να ελέγξουμε την θερμομονωτική επάρκεια ή την ενεργειακή απόδοσή του.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (Θερμικές Ζώνες).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

#### Θερμαινόμενοι χώροι (υπενθύμιση)

Οι Θερμικές ζώνες περιλαμβάνουν τους χώρους που θερμαίνονται , τους **θερμαινόμενους χώρους**.

Θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι, αδιαφόρως αν θερμαίνονται ή όχι, οι βοηθητικοί χώροι και μικρές αποθήκες που συνυπολογίζονται στον ωφέλιμο χώρο ενός διαμερίσματος και έχουν συνεχή χρήση στη λειτουργικότητα του κτηρίου.

Οι θερμαινόμενοι χώροι ορίζονται επάνω σε αρχιτεκτονικές κατόψεις και τομές με συνεχή περιβάλλουσα γραμμή, κόκκινου χρώματος.

#### Μη Θερμαινόμενοι Χώροι (υπενθύμιση)

Ως **μη θερμαινόμενος χώρος** ορίζεται κάθε κλειστός χώρος που δεν θερμαίνεται και περιλαμβάνεται στον όγκο του κτηρίου ή βρίσκεται κοντά του.

Ο μη θερμαινόμενος χώρος δεν συμπεριλαμβάνεται στο θερμομονωτικά προστατευόμενο όγκο του κτηρίου και εφόσον διαχωρίζεται από τους λοιπούς θερμαινόμενους χώρους με κοινά προς αυτούς δομικά στοιχεία, αυτά οφείλουν να θερμομονώνονται πλήρως και να ελέγχονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κανονισμού .

Συνήθως μη θερμαινόμενοι χώροι είναι:

Οι χώροι των υπογείων, όταν δεν θερμαίνονται.

Οι χώροι των αποθηκών που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτηρίου ή σε επαφή με αυτό και δεν διαθέτουν θέρμανση.

Οι κλειστοί χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων.

Κάθε κλειστός χώρος που από τη φύση της λειτουργίας του δεν θερμαίνεται (π.χ. βιομηχανικά εργαστήρια).

Ως **θερμαινόμενοι** είτε ως **μη θερμαινόμενοι** μπορούν να θεωρηθούν:

Ο χώρος της εισόδου μονοκατοικίας ή πολυκατοικίας,

το κλιμακοστάσιο και η απόληξή του στο δώμα,

οι διάδρομοι πολυκατοικίας και γενικώς όλοι οι κοινόχρηστοι χώροι

Αν θεωρηθούν ως θερμαινόμενοι τότε οφείλουν να προστατεύονται και ισχύει και γι' αυτούς ό, τι ισχύει για κάθε θερμαινόμενο χώρο,

Αν θεωρηθούν ως μη θερμαινόμενοι τότε εξαιρούνται της θερμομονωτικά προστατευμένης περιοχής του κτηρίου.

Ο μελετητής οφείλει εξαρχής να ορίσει ποιους χώρους του κτηρίου θεωρεί ως θερμαινόμενους και να τους συμπεριλάβει στη μελέτη θερμομονωτικής προστασίας και ποιους θεωρεί ως μη θερμαινόμενους και να τους αποκλείσει απ' αυτήν.

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

## 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

**Παραδοχές** Κ.Εν.Α.Κ. για τον υπολογισμό της προβαλλόμενης αντίστασης στη ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου :

Η **ροή θερμότητας** είναι **μονοδιάστατο** μέγεθος και **κάθετο** στην επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου.

Η **ροή θερμότητας** είναι **ανεπηρέαστη** από άλλες πηγές θερμότητας στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου και στο γειτονικό του περιβάλλον.

Οι **φυσικές ιδιότητες** των υλικών είναι **ανεπηρέαστες** από τη θερμοκρασία.

Τα δομικά υλικά είναι ομογενή και ισότροπα και βρίσκονται μεταξύ του σε τέλεια θερμική επαφή.

Βάσει των παραπάνω απλοποιητικών παραδοχών :

Η **αντίσταση θερμοδιαφυγής** που προβάλλει ένα **μονοστρωματικό** δομικό στοιχείο στη ροή θερμότητας (που γίνεται με αγωγή) είναι ίση με:

$$R = \frac{d}{\lambda A}$$

Η **αντίσταση θερμοδιαφυγής** που προβάλλει ένα **πολυστρωματικό** δομικό στοιχείο στη ροή θερμότητας (που γίνεται με αγωγή) είναι ίση με:

$$R_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j$$

Η **αντίσταση θερμικής μετάβασης** που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην ροή θερμότητας (με συναγωγή) από τον **εσωτερικό** χώρο **προς** το **δομικό στοιχείο** (Βλπ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2 πίνακες 3α, 3β,) είναι ίση με:

$R_i$

Η **αντίσταση θερμικής μετάβασης** που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην ροή θερμότητας (με συναγωγή) από το **δομικό στοιχείο προς** τον **εξωτερικό** χώρο (Βλπ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2 πίνακες 3α, 3β) είναι ίση με:

$R_a$

Η **αντίσταση θερμικής μετάβασης** που προβάλλει το **εγκλωβισμένο**, στο τυχόν υφιστάμενο μεταξύ των λοιπών στρώσεων του δομικού υλικού διάκενο, **στρώμα αέρα**, στην ροή θερμότητας (με συναγωγή)

$R_{\delta}$

Απουσία κίνησης στρώματος αέρα...

(Βλπ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2 πίνακες 4α) είναι ίση με:

Η **αντίσταση θερμικής μετάβασης** που προβάλλει το παρεμβαλλόμενο, στην περιοχή μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης (συμπεριλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης των στρώσεων της εφόσον σ' αυτές **δεν** συμπεριλαμβάνεται θερμομονωτικό υλικό), **στρώμα αέρα**, στην ροή θερμότητας (με συναγωγή) Ἡπια κίνηση στρώματος αέρα... (Βλπ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2 πίνακες 5) είναι ίση

$R_u$

με:

$R_k$	$[m^2 \cdot K/W]$	η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση ή το επιφανειακό στρώμα αέρα k,
$d_k$	$[m]$	το πάχος της στρώσης του στερεού δομικού στοιχείου (Μονο/Πολύ-στρωματικού) k,
$\lambda_k$	$[W/(m \cdot K)]$	ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης του στερεού δομικού στοιχείου k.
n		Το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου .

Όπου γενικά :

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

Η **συνολική θερμική αντίσταση** που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, (στην πλήρη μορφή του) ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων των στρώματων αέρα εντός και εκατέρωθεν των όψεων του κατά την εξίσωση:

$$R_{ολ} = R_i + (R_1 + R_2 + \dots + R_n) + R_u + R_a$$

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το **συντελεστή θερμοπερατότητας (U)**, που δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα.

Ο **συντελεστής θερμοπερατότητας**

ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη γενική σχέση :

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

Καθώς ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τα πάχη των στρώσεων του δομικού στοιχείου και από τη συναγωγή που παρουσιάζει με τα στρώματα αέρα εντός και εκατέρωθεν των όψεων του, **αύξηση ή μείωση του πάχους** μιας στρώσης του υλικού **επηρεάζει** το **συντελεστή θερμοπερατότητας** του δομικού στοιχείου.

Η **σειρά** των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά **δεν επηρεάζει** τη **ροή θερμότητας** μέσω αυτού, **επηρεάζει** όμως την αξιοποίηση της **θερμοχωρητικότητάς** τους.

Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την **εσωτερική** επιφάνεια **περιορίζει** τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του.

Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την **εξωτερική** επιφάνεια **επηρεάζει** τη θερμοχωρητικότητά του.

Ωστόσο, η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου επηρεάζεται καθοριστικά από τη **μάζα** του.

Όσο **μεγαλύτερη** είναι αυτή, τόσο **μεγαλύτερη** είναι και η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας.

Στόχος είναι η αποθηκευόμενη ποσότητα θερμότητας να μπορεί να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας του.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδ. Στοιχ. Παρατηρήσεις).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

#### Γενικές παρατηρήσεις

Επισημαίνεται ότι στην ενότητα 2.1. ο κανονισμός ορίζει τις τιμές της **θερμικής αντίστασης**  $R_{\delta}$  και τον τρόπο υπολογισμού της θερμικής αντίστασης ολοκλήρου του δομικού στοιχείου, όταν η **στρώση αέρα** :

**δεν έρχεται σε επαφή** με το εξωτερικό περιβάλλον (πρακτικά **αέρας μη κινούμενος** – σε ηρεμία)

(Οι τιμές λαμβάνονται από τον πίνακα 4α σελ. 55 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2) και

**όταν η στρώση έρχεται** σε επαφή με τον αέρα του **εξωτερικού** περιβάλλοντος ή με του **εσωτερικού χώρου**, μέσω οπών, σχισμών ή άλλου τύπου ανοιγμάτων, **αδιαφόρως** του μεγέθους αυτών, τότε θεωρείται **ήπια κινούμενος** και η προβαλλόμενη αντίσταση στη ροή θερμότητας θεωρείται ανάλογη αυτής που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην εσωτερική όψη του δομικού στοιχείου οπότε και λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 3α. Ισχύει δηλαδή:  $R_a = R_i$

Ειδικότερα, ως προς τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου ισχύουν τα κάτωθι:

Εάν το διάκενο έχει επικοινωνία με το **εσωτερικό** περιβάλλον, τότε οι αντιστάσεις των στρώσεων του δομικού στοιχείου **μεταξύ** του **εσωτερικού** περιβάλλοντος και του **διακένου** δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (U) και ως επιφανειακό στρώμα αέρα από την εσωτερική πλευρά θεωρείται αυτό του διακένου. Ισχύει δηλαδή  $R'_i = R_{\delta}$

Εάν το διάκενο έχει επικοινωνία με το **εξωτερικό** περιβάλλον, τότε δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου U οι αντιστάσεις των στρώσεων του δομικού στοιχείου **μεταξύ** του **διακένου** και του **εξωτερικού** περιβάλλοντος και ως επιφανειακό στρώμα αέρα από την εξωτερική πλευρά θεωρείται αυτό του διακένου (λαμβάνει όμως και πάλι -λόγω της θεωρούμενης ήπιας κίνησης του αέρα σ' αυτό- τιμές  $R_i$  και όχι  $R_a$ ). Δηλαδή ισχύει  $R'_a = R_{\delta} = R_i$

Η περίπτωση αυτή συναντάται στις δικέλυφες τοιχοποιίες με διάκενο μεταξύ αυτών, εντός του οποίου σύρονται τα φύλλα συρόμενου κουφώματος. (Συρόμενα)

Έτσι, για την αποτελεσματική θερμική προστασία του δομικού στοιχείου συνιστάται η θερμομονωτική στρώση να τοποθετηθεί στο **εσωτερικό κέλυφος** του κτηρίου και όχι στο εξωτερικό.

Εάν το διάκενο έχει επικοινωνία τόσο με το **εσωτερικό**, όσο και με το **εξωτερικό** περιβάλλον, θεωρείται ότι το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο **δεν** προσφέρει θερμομονωτική προστασία στο κτήριο.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδ. Στοιχ. Παρατηρήσεις).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

#### Γενικές παρατηρήσεις

Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  δίνονται στον πίνακα 2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701- 2 και είναι ενδεικτικές. Επομένως κατά τη σύνταξη μιας ενεργειακής μελέτης η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ορίζει ότι:

- Για δομικά υλικά με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ ,
  - ✓ εφόσον **υπόκειται σε υποχρέωση σήμανσης CE**, θα γίνεται χρήση της τιμής του  $\lambda$  που αναγράφεται στην ετικέτα CE του προϊόντος βάσει του προτύπου **προδιαγραφής** τους ή βάσει ευρωπαϊκής τεχνικής έγκρισης,
  - ✓ εφόσον **δεν υπόκειται σε υποχρέωση σήμανσης CE**, θα γίνεται χρήση της τιμής  $\lambda$  του υλικού από πιστοποιητικό διαπιστευμένου φορέα / **εργαστηρίου**.
- Για στρώση υλικού πάχους μικρότερου των 2 cm και  $\lambda > 0,06 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ , της οποίας η βασική λειτουργία δεν προορίζεται να παράσχει θερμομονωτική προστασία στο δομικό στοιχείο, μπορεί να γίνει χρήση των ενδεικτικών τιμών του πίνακα.

Σε κάθε περίπτωση η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου οφείλει να είναι μικρότερη της μέγιστης τιμής  $U_{\max}$ .

Αν κάτι τέτοιο δεν ισχύει θα πρέπει να βελτιωθεί η συμπεριφορά του είτε με αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης του δομικού στοιχείου είτε με αντικατάσταση του θερμομονωτικού υλικού με άλλο με καλύτερη τιμή  $\lambda$ .

Διευκρινίζεται ότι κατά τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας το κτίριο θεωρείται **πανταχόθεν ελεύθερο**, αδιαφόρως της πραγματικής κατάστασης και της γειννιάσής του με άλλα κτήρια του αυτού ή του όμορου οικοπέδου.

Ωστόσο, κατά την **ενεργειακή επιθεώρηση** λαμβάνεται υπόψη η **πραγματική κατάσταση** και οι επιφάνειες οι ερχόμενες σε επαφή με όμορο κτίσμα λαμβάνονται ως :

**αδιαβατικές** (δηλ ως σε επαφή με άλλη θερμαινόμενη ζώνη) εφόσον είναι γνωστό ότι η τιμή θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου του όμορου κτίσματος είναι η ίδια με την τιμή θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου του εξεταζόμενου κτηρίου ή ότι την προσεγγίζει.

**Μη αδιαβατικές** (δηλ να ληφθούν ως ερχόμενες σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο).

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

#### Υπολογισμός U παθητικών ηλιακών συστημάτων

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 όλα τα δομικά στοιχεία των παθητικών ηλιακών συστημάτων -εκτός του άμεσου ηλιακού κέρδους- δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια και δεν υποχρεώνονται να πληρούν τα όρια των μέγιστων επιτρεπόμενων τιμών U του κανονισμού.

Ειδικότερα, δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια:

- \* ο τοίχος Trombe,
- \* ο τοίχος θερμικής μάζας και γενικώς οποιοσδήποτε τοίχος ή άλλο στοιχείο θερμικής συσσώρευσης,
- \* το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτηρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου, που θα θεωρείται ως εξωτερική επιφάνεια του κελύφους προς μη θερμαινόμενο χώρο, καθώς το προσαρτημένο θερμοκήπιο λογίζεται ως χώρος που δεν θερμαίνεται.

#### Υπολογισμός U - Δομικού στοιχείου ερχόμενου σε επαφή με κλειστό θερμικό μη προστατευόμενο χώρο (μη θερμαινόμενο χώρο),

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

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_u$ ) ενός δομικού στοιχείου που διαχωρίζει ένα θερμαινόμενο από ένα μη θερμαινόμενο χώρο εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον και χρησιμοποιείται η ίδια σχέση, αλλά λαμβάνοντας όμως τη θερμική αντίσταση του επιφανειακού στρώματος προς το μη θερμαινόμενο χώρο ίση με αυτήν του εσωτερικού.

Δηλαδή ισχύει:  $R_a = R_i$

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

Υπολογισμός U - Οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη,

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κλειστών χώρων που διαμορφώνονται μεταξύ των οριζόντιων οροφών των τελευταίων ορόφων των κτηρίων και των κεκλιμένων επιστεγάσεων τους που **δεν είναι θερμομονωμένες** υπολογίζεται λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το στρώμα αέρα του ενδιάμεσου αυτού χώρου. Η στρώση του αέρα αυτού του χώρου θεωρείται πρακτικά ομογενής και λαμβάνεται υπόψη ως πρόσθετη θερμική αντίσταση.

$$U_{RU} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_u + R_a}$$

όπου:

$U_{RU}$	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οριζόντιας οροφής κάτω από τη μη θερμομονωμένη στέγη,
n	[-]	το πλήθος των στρώσεων της οριζόντιας οροφής,
d	[m]	το πάχος της κάθε στρώσης της οριζόντιας οροφής,
$\lambda$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης της οριζόντιας οροφής,

$R_\delta$	[m <sup>2</sup> ·K/W]	η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις της οριζόντιας οροφής, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου θεωρείται πρακτικά ακίνητος και δεν επικοινωνεί ούτε με τον αέρα του εσωτερικού χώρου ούτε με τον αέρα κάτω από τη μη θερμομονωμένη στέγη,
$R_j$	[m <sup>2</sup> ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς την οριζόντια οροφή,
$R_u$	[m <sup>2</sup> ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το στρώμα αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης των στρώσεων της κεκλιμένης στέγης,
$R_a$	[m <sup>2</sup> ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από την κεκλιμένη στέγη προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι τιμές θερμικής αντίστασης του στρώματος αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, λαμβάνονται από τον πίνακα 5.

Σ' αυτήν την τιμή συμπεριλαμβάνεται και η θερμική αντίσταση των στρώσεων της κεκλιμένης μη θερμομονωμένης στέγης.

Σε περίπτωση που η κεκλιμένη στέγη είναι **θερμομονωμένη**, ο **έλεγχος** της θερμομονωτικής επάρκειας **θα γίνει σ' αυτήν** και όχι στην οριζόντια οροφή.

Τότε η κεκλιμένη στέγη υπολογίζεται:

- ως να επρόκειτο για οριζόντια επιφάνεια οροφής, όταν η κλίση της στέγης είναι  $\varphi \leq 30^\circ$  και
- ως να επρόκειτο για κατακόρυφη επιφάνεια, όταν η κλίση της στέγης είναι  $\varphi > 30^\circ$ .

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

Υπολογισμός U - Σύνθετου δομικού στοιχείου,

Ως σύνθετα δομικά στοιχεία θεωρούνται αυτά που προκύπτουν από την εφαρμογή του ίδιου δομικού υλικού με διαφορετικά **πάχη** κατά τη δόμηση του στοιχείου ή από την εφαρμογή διαφορετικών δομικών υλικών, τα οποία συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους, ή παρουσιάζουν μία σχετική επαναληπτικότητα και διαμορφώνουν ένα δομικό στοιχείο με συγκεκριμένη λειτουργία.

Παραδείγματα σύνθετων δομικών υλικών είναι

η πλάκα σκυροδέματος με διαδοκιδώσεις (πλάκα Zollner),

οι ξυλόπηκτες τοιχοποιίες,

τα δομικά στοιχεία με φέροντα οργανισμό από χάλυβα ή ξύλο και πλήρωση από θερμομονωτικά υλικά κ.ά.

Τα σύμμεικτα (γενικώς) υλικά.

Τα σύνθετα δομικά στοιχεία μπορούν να υπεισέλθουν στους υπολογισμούς και να ελεγχθούν ως προς την ικανοποίηση των απαιτήσεων του κανονισμού με δύο τρόπους :

είτε λαμβάνοντας ξεχωριστά υπόψη το συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε επί μέρους διατομή του σύνθετου δομικού στοιχείου κατά το εμβαδό που αναλογεί σε μια εκάστη εξ αυτών,

είτε με έναν ενιαίο συντελεστή θερμοπερατότητας που προκύπτει από τους συντελεστές των επί μέρους διατομών κατά την αναλογία εμβαδού που αυτοί καταλαμβάνουν στο συνολικό εμβαδό του δομικού στοιχείου σύμφωνα με τον τύπο:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

όπου:

U            W/(m<sup>2</sup>K)

n            [-]

U<sub>j</sub>           W/(m<sup>2</sup>oK)

A<sub>j</sub>           [m<sup>2</sup>]

συνολική

ο ενιαίος συντελεστής θερμοπερατότητας του σύνθετου δομικού στοιχείου, το πλήθος των διαφορετικών διατομών του σύνθετου δομικού στοιχείου,

ο συντελεστής θερμοπερατότητας της κάθε επί μέρους διαφορετικής διατομής του σύνθετου δομικού στοιχείου,

η επιφάνεια που καταλαμβάνει η κάθε επί μέρους διαφορετική διατομή στη επιφάνεια του σύνθετου δομικού στοιχείου.

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

## 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

### Υπολογισμός U – Δομικών στοιχείων αποτελούμενων από ανομοιογενείς στρώσεις

Θεωρήθηκε εξ αρχής κατά **απλοποιητική** παραδοχή ότι η ροή θερμότητας είναι **μονοδιάστατο** μέγεθος και μεταδίδεται κάθετα στην επιφάνεια ενός δομικού στοιχείου και ότι όλες οι στρώσεις αποτελούνται από **υλικά ομογενή και ισότροπα**.

Όμως στην περίπτωση ύπαρξης έστω και μιας ανομοιογενούς στρώσης στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου, όπως για παράδειγμα μιας τοιχοποιίας που αποτελείται από σπτοπλίνθους και συνδετικό κονίαμα, η ροή θερμότητας πραγματοποιείται σε δύο διαστάσεις και η βασική σχέση παύει να έχει ισχύ.

Σε αυτήν την περίπτωση, **απλοποιητικά** η θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου μπορεί να προκύψει ως ο **αριθμητικός μέσος όρος** δύο τιμών. Δηλαδή:

$$R_{ολ} = \frac{R_{ολ, \max} + R_{ολ, \min}}{2}$$

- ενός άνω ορίου  $R_{ολ, \max}$ , που αντιστοιχεί σε άπειρη θερμική αντίσταση των δομικών υλικών σε ροή θερμότητας παράλληλα προς τις στρώσεις και
- ενός κάτω ορίου  $R_{ολ, \min}$ , που αντιστοιχεί σε μηδενική θερμική αντίσταση των δομικών υλικών σε ροή θερμότητας παράλληλα προς τις στρώσεις.

Το **άνω όριο** της θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου που περιλαμβάνει μια μη ομοιογενή στρώση που αποτελείται κατά **ποσοστό  $f_a$**  από το υλικό **a** και κατά **ποσοστό  $f_b$**  από το υλικό **b** δίνεται από την σχέση:

$$R_{ολ, \max} = \frac{1}{\frac{f_a}{R_i + R_1 + \dots + R_{k,a} + \dots + R_n + R_a} + \frac{f_b}{R_i + R_1 + \dots + R_{k,b} + \dots + R_n + R_a}}$$

Το **κάτω όριο** της θερμικής αντίστασης δομικού στοιχείου που περιλαμβάνει μια μη ομοιογενή στρώση που αποτελείται κατά **ποσοστό  $f_a$**  από το υλικό **a** και κατά **ποσοστό  $f_b$**  από το υλικό **b** δίνεται από την σχέση:

$$R_{ολ, \min} = R_i + R_1 + \dots + \frac{1}{\frac{f_a}{R_{k,a}} + \frac{f_b}{R_{k,b}}} + \dots + R_n + R_a$$

#### Παρατηρήσεις

Η σχέση  $R_{ολ} = (R_{ολ, \max} + R_{ολ, \min}) / 2$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνον εφόσον  $R_{ολ, \max} < 1,5 \times R_{ολ, \min}$ .

$R_{k,a}$	[m <sup>2</sup> .KIW]
$f_a$	[-]
$R_{k,b}$	[m <sup>2</sup> .KIW]
$f_b$	[-]

η θερμική αντίσταση της στρώσης k στη θέση ύπαρξης του υλικού a, το ποσοστό της στρώσης k που καταλαμβάνεται από το υλικό a, η θερμική αντίσταση της στρώσης k στη θέση ύπαρξης του υλικού b, το ποσοστό της στρώσης k που καταλαμβάνεται από το υλικό b

Στην περίπτωση των τοιχοποιιών, σε πολλές περιπτώσεις, ο κατασκευαστής του στοιχείου τοιχοποιίας (π.χ. σπτοπλίνθου) παρέχει τον **ισοδύναμο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας** της τοιχοποιίας, ο οποίος περιλαμβάνει συνδετικό κονίαμα και την επίδραση της ανομοιογένειας της στρώσης στη ροή θερμότητας. (???)

Σε αυτήν την περίπτωση, η τοιχοποιία αντιμετωπίζεται ως **ομοιογενής** στρώση και ισχύει η βασική σχέση υπολογισμού του U.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

Υπολογισμός U - Δομικού στοιχείου ερχόμενου σε επαφή με το έδαφος (οριζοντίου ή κατακόρυφου) /1

Η ροή θερμότητας από ένα δομικό στοιχείο που έρχεται σε επαφή με το έδαφος είναι ένα σύνθετο τρισδιάστατο φαινόμενο που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, βασικότερες των οποίων είναι:

- η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους,
- το πάχος του στρώματος εδάφους, που το διαχωρίζει από τον εξωτερικό αέρα,
- η γεωμετρία του κτηρίου,
- η ίδια η θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου.

Για να γίνει εφικτή η απλοποιητική παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας, γίνεται χρήση **του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας U'**, ο οποίος

όταν πρόκειται για οριζόντιο δομικό στοιχείο υπολογίζεται συναρτήσει:

- του **ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας**  $u$  του δομικού στοιχείου,
- του βάθους έδρασης  $Z$  του δομικού στοιχείου και
- της χαρακτηριστικής διάστασης της πλάκας ( $B'$ ),

ενώ ,όταν πρόκειται για κατακόρυφο δομικό στοιχείο, υπολογίζεται συναρτήσει:

- του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας  $u$  του δομικού στοιχείου και
- του βάθους  $Z$ , μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο.

**Ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας** ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται κανονικά από τη βασική σχέση, θεωρώντας ότι πρακτικά δεν υπάρχει εξωτερικό στρώμα αέρα που θα προβάλλει αντίσταση στη ροή θερμότητας και ότι η εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης, μηδενίζεται. Είναι δηλαδή:  $R_a = 0$ .

Ο έλεγχος **επάρκειας θερμομόνωσης** δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος γίνεται για τον **ονομαστικό συντελεστή** θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

Υπολογισμός U - Δομικού στοιχείου ερχόμενου σε επαφή με το έδαφος (οριζοντίου ή κατακόρυφου) /2

Ως **χαρακτηριστική διασταση πλάκας** ορίζεται ο λόγος :  $B' = 2 \cdot A / \Pi$  όπου A (σε m<sup>2</sup>) το εμβαδό της πλάκας, προς την εκτεθειμένη περίμετρό της,  $\Pi$  (σε m).

η **εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας** ισούται :

- με την περίμετρο της πλάκας, για κτήριο πανταχόθεν ελεύθερο ενώ για κτήριο σε επαφή με άλλα θερμαινόμενα
- κτήρια με το άθροισμα των μηκών των πλευρών της που δεν έρχονται σε επαφή με τα όμορα θερμαινόμενα κτίσματα.

όταν από κάποια πλευρά της περιμέτρου της πλάκας υπάρχει μη θερμαινόμενος χώρος του ίδιου κτηρίου, εκείνη η πλευρά δεν συνυπολογίζεται στο άθροισμα των μηκών των πλευρών της περιμέτρου.

Ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U'_{FB}$  μιας πλάκας που εδράζεται σε βάθος z δίνεται από τον πίνακα 9α συναρτήσει:

- του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{FB}$ ,
- του βάθους έδρασης z, και
- της χαρακτηριστικής διάστασης της πλάκας  $B'$ .

Αντίστοιχα, ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_{TB}'$  ενός κατακόρυφου δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος δίνεται από τον πίνακα 9β συναρτήσει:

- του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{TB}$  και
- του βάθους z, μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο.

Σε περίπτωση που οι εξεταζόμενες ονομαστικές τιμές των μεγεθών δεν ταυτίζονται με αυτές των πινάκων 9α και 9β, λαμβάνονται υπόψη οι δύο εκατέρωθεν αυτών πλησιέστερες τιμές, μεταξύ των οποίων γίνεται γραμμική παρεμβολή για την εύρεση της τιμής του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_{FB}'$  ή  $u_{TB}'$ ).

Η τιμή του **ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας** είναι αυτή που **υπεισέρχεται** στη σχέση για τον **υπολογισμό του  $U_m$** .

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

## 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U Αδιαφανών στοιχείων

### Υπολογισμός U - Δομικού στοιχείου ερχόμενου σε επαφή με το έδαφος (οριζοντίου ή κατακόρυφου) /3

Στην περίπτωση κτηρίου, το οποίο βρίσκεται σε κεκλιμένο έδαφος ή σε έδαφος με διαφορετικές στάθμες, το βάθος έδρασης της πλάκας θα λαμβάνεται ίσο με το μέσο όρο των διαφορετικών αποστάσεων της πλάκας από την τελική στάθμη εδάφους σε επαφή με το κτήριο.

Το βάθος έκτασης κάθε κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος θα λαμβάνεται ίσο με το μέσο βάθος έκτασης του δομικού στοιχείου.

Στην απλή περίπτωση του παράπλευρου σχήματος, το βάθος έδρασης της πλάκας θα ληφθεί ίσο με  $Z = (Z_1 + Z_2) / 2$ ,

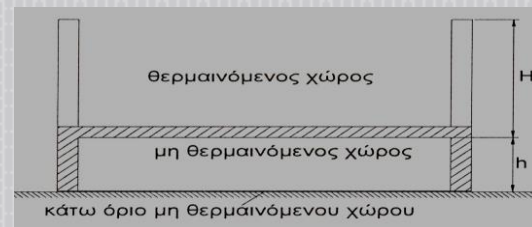
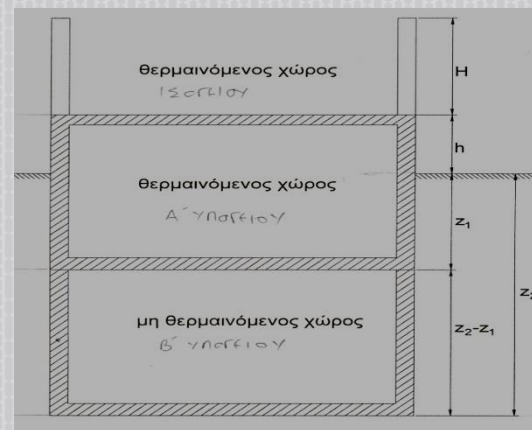
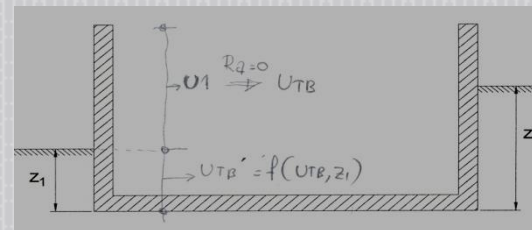
ενώ τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία θα υπολογιστούν για τα βάθη, στα οποία εκτείνεται το καθένα, δηλαδή  $Z_1$  και  $Z_2$ .

Στην περίπτωση κατακόρυφου δομικού στοιχείου που ξεκινά από βάθος  $Z_1$  και εκτείνεται σε βάθος  $Z_2$  από τη στάθμη του εδάφους (σχήμα 1) ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U'_{FB}$  του δομικού στοιχείου θα προκύπτει από τη σχέση:

$$U'_{FB} = \frac{z_2 \cdot U'_{FB,z2} - z_1 \cdot U'_{FB,z1}}{z_2 - z_1}$$

όπου:  $U'_{FB,z1}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος για βάθος έκτασης  $z_1$ ,  
 $U'_{FB,z2}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος για βάθος έκτασης  $z_2$ ,  
 $z_1$  [m] το βάθος, από το οποίο ξεκινάει το δομικό στοιχείο,  
 $z_2$  [m] το βάθος, μέχρι το οποίο εκτείνεται το δομικό στοιχείο.

Στην περίπτωση υπερυψωμένης πλάκας, ακόμη και όταν ο υποκείμενος χώρος πληρούται με έδαφος, αυτός λαμβάνεται ως κενός μη θερμαινόμενος χώρος και το κάτω όριο του ως πλάκα εδραζόμενη στο έδαφος με ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας  $U'$  ίσο με 4,50 W/(m<sup>2</sup>K).



## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U διαφανών στοιχείων

#### Υπολογισμός U - Υαλοπίνακα

Αν η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_g$ ) του υαλοπίνακα δεν ληφθεί απευθείας από τον πίνακα 12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2, μπορεί να υπολογισθεί αναλυτικά από τον τύπο:

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

$U_g$	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα,
n	[-]	το πλήθος των φύλλων του υαλοπίνακα: για n=1 μονός υαλοπίνακας, για n=2 διπλός υαλοπίνακας, για n=3 τριπλός υαλοπίνακας,
d	[m]	το πάχος του κάθε φύλλου του υαλοπίνακα,
$\lambda$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της υάλου,
$R_{\delta}$	[m <sup>2</sup> ·K/W]	η θερμική αντίσταση του εγκλωβισμένου στρώματος αέρα στο διάκενο ανάμεσα στα φύλλα του υαλοπίνακα που μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 4β,
$R_i$	[m <sup>2</sup> ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,
$R_a$	[m <sup>2</sup> ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

## 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U «διαφανών» στοιχείων

### Υπολογισμός U – κουφωμάτων

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, (δηλαδή στα κουφώματα), η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος ( $U_w$ ) μπορεί είτε να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής (απαιτείται σήμανση CE), είτε να υπολογισθεί αναλυτικά :

#### Μονού κουφώματος (απλού-συνηθισμένου)

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$

Τιμή ( $U_f$ ) από τον πίνακα 11 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.

Τιμή ( $U_g$ ) λαμβάνεται από τον πίνακα 12 ή υπολογίζεται.

Τιμή ( $\Psi_g$ ) λαμβάνεται από τον πίνακα 13, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών.

$U_w$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
$U_f$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,
$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
$A_f$ [m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,
$A_g$ [m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
$l_g$ [m]	το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),
$\Psi_g$ [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

#### Διπλού κουφώματος

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός διπλού κουφώματος, δηλαδή ενός κουφώματος αποτελούμενου από δύο **χωριστά κουφώματα** με τους υαλοπίνακές τους (μονούς, διπλούς ή τριπλούς) θα υπολογισθεί σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία και κατ' εφαρμογή της σχέσης για τα μονά, **ξεχωριστά** για την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του **κάθε κουφώματος** (δηλαδή των τιμών  $U_{w,a}$  του εξωτερικού κουφώματος και  $U_{w,i}$  του εσωτερικού) και κατόπιν για την τιμή του διπλού κουφώματος στο σύνολό του βάσει του τύπου:

$$U_w = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_{w,i}} - R_a\right) + R_{\delta,w} + \left(\frac{1}{U_{w,a}} - R_i\right)}$$

Τιμή ( $U_f$ ) από τον πίνακα 11 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.

Τιμή ( $U_g$ ) λαμβάνεται από τον πίνακα 12 ή υπολογίζεται.

Τιμή ( $\Psi_g$ ) λαμβάνεται από τον πίνακα 13, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών.

$U_w$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρου του διπλού κουφώματος,
$U_{w,i}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εσωτερικού κουφώματος,
$U_{w,a}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού κουφώματος,
$R_a$ [m <sup>2</sup> ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν εάν το διάκενο θεωρείτο εξωτερικό περιβάλλον,
$R_i$ [m <sup>2</sup> ·K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν αν το διάκενο θεωρείτο εσωτερικό περιβάλλον,
$R_{\delta,w}$ [m <sup>2</sup> ·K/W]	Η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου μεταξύ των δύο κουφωμάτων.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U «διαφανών» στοιχείων

#### Υπολογισμός U – κουφωμάτων

**Μονού κουφώματος (που περιλαμβάνει πέτασμα) Πολύ (!) συνηθισμένο**

Παράδειγμα : Μεμονωμένα κουφώματα, όπως κουζινόπορτες, Μπλκονόπορτες ή εξώθυρες αλουμινίου με ταμπλάδες από panel τύπου sandwich πολυουρεθάνης, κ.α.

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g + A_p \cdot U_p + l_p \cdot \Psi_p}{A_f + A_g + A_p}$$

$U_w$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
$U_f$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
$U_p$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πετάσματος του κουφώματος,
$A_f$ [m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,
$A_g$ [m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό επιφάνειας του πετάσματος του κουφώματος,
$l_g$ [m]	το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),
$\Psi_g$ [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
$l_p$ [m]	το μήκος της θερμογέφυρας του πετάσματος του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του πετάσματος),
$\Psi_p$ [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του πετάσματος του κουφώματος.

Τιμή ( $U_f$ ) από τον πίνακα 11 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.

Τιμή ( $U_g$ ) λαμβάνεται από τον πίνακα 12 ή υπολογίζεται.

Τιμή ( $\Psi_g$ ) λαμβάνεται από τον πίνακα 13, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών.

Ο  $U_p$  υπολογίζεται όπως σε πολυστρωματικό ομογενές υλικό.

Όταν δεν υπάρχει διαφανές τμήμα  $A_g$  και  $l_g$  λαμβάνονται 0

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U «διαφανών» στοιχείων

#### Υπολογισμός U – κουφωμάτων

Τοιχοπετασμάτων ( ή/ και υαλοπετασμάτων εφόσον περιέχουν διαφανή – γυάλινα τμήματα)

Η ακόλουθη μεθοδολογία υπολογισμού της θερμοπερατότητας τοιχοπετασμάτων και υαλοπετασμάτων, καλύπτει τοιχοπετάσματα - υαλοπετάσματα, στα οποία το στοιχείο πλήρωσης των διακένων των πλαισίων μπορεί να είναι υαλοπίνακας, κούφωμα με υαλοπίνακα, αδιαφανές στοιχείο πλήρωσης (πέτασμα) ή και συνδυασμός αυτών.

Το πλαίσιο μπορεί να αποτελείται από κατακόρυφα και οριζόντια τμήματα ίδιας ή διαφορετικής διατομής. Ειδικότερα ορίζονται:

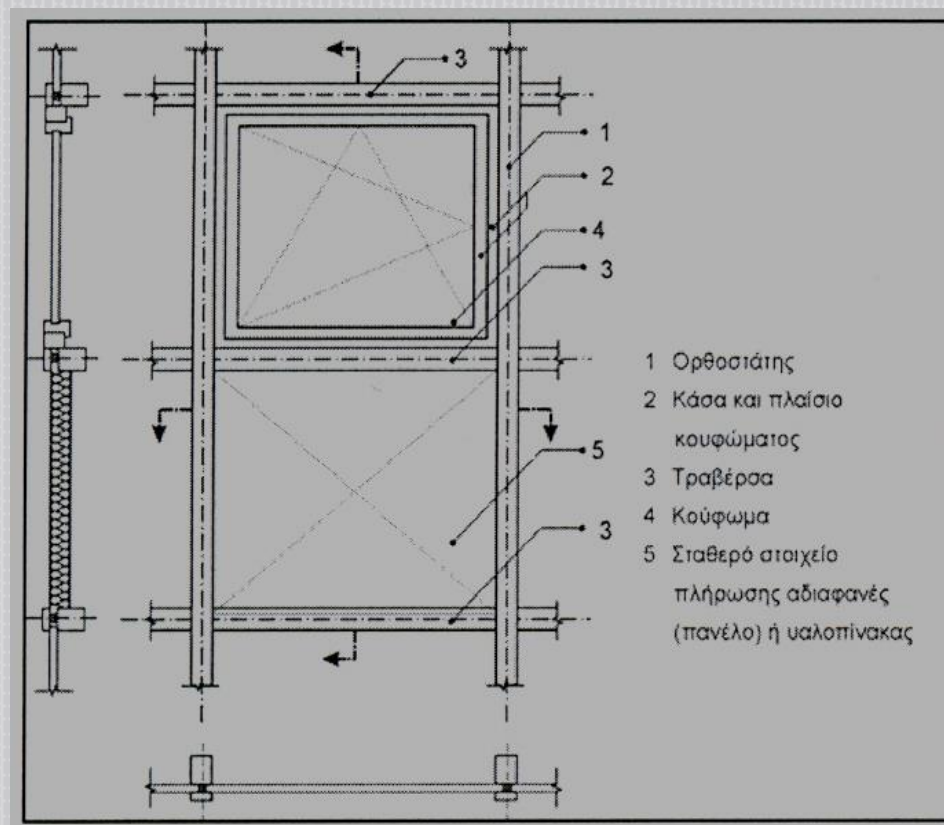
Ως **ορθοστάτης** τα κατακόρυφα τμήματα του πλαισίου στήριξης του τοιχοπετάσματος.

Ως **τραβέρσα** τα οριζόντια τμήματα του πλαισίου στήριξης του τοιχοπετάσματος.

Ως **υαλοπίνακας πλήρωσης** ο υαλοπίνακας που συνδέεται απευθείας με το πλαίσιο του τοιχοπετάσματος.

Ως **υαλοπίνακας κουφώματος** ο υαλοπίνακας, ο οποίος βρίσκεται σε κούφωμα, το οποίο προσαρτάται στο πλαίσιο του τοιχοπετάσματος.

Ως **πέτασμα** κάθε αδιαφανές στοιχείο πλήρωσης του τοιχοπετάσματος.



# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

## 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U «διαφανών» στοιχείων

### Υπολογισμός U – κουφωμάτων

### Τοιχοπετασμάτων ( ή/ και υαλοπετασμάτων εφόσον περιέχουν διαφανή – γυάλινα τμήματα)

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τοιχοπετάσματος γίνεται σε ένα **αντιπροσωπευτικό τμήμα** του τοιχοπετάσματος, το οποίο περιορίζεται από τα όρια που φαίνονται στο σχήμα .

Ως αντιπροσωπευτικό ορίζεται το τμήμα, το οποίο επαναλαμβάνεται περισσότερες της μιας φορές στην όψη

Ο καθορισμός του αντιπροσωπευτικού τμήματος γίνεται με τομές σε οριζόντιο και σε κατακόρυφο επίπεδο, που επιλέγονται με τέτοιο τρόπο, ώστε:

- να αντιπροσωπεύουν επίπεδα συμμετρίας του τοιχοπετάσματος ή
- να βρίσκονται σε επίπεδο κάθετο στην όψη, στο οποίο η ροή θερμότητας γίνεται κάθετα στο τοιχοπέτασμα, δηλαδή δεν υπάρχουν τρισδιάστατα φαινόμενα θερμικής αγωγιμότητας.

Τέτοιες θέσεις είναι, για παράδειγμα, αυτές που βρίσκονται τουλάχιστον 200 mm μακριά από την ακμή ενός διπλού υαλοπίνακα.

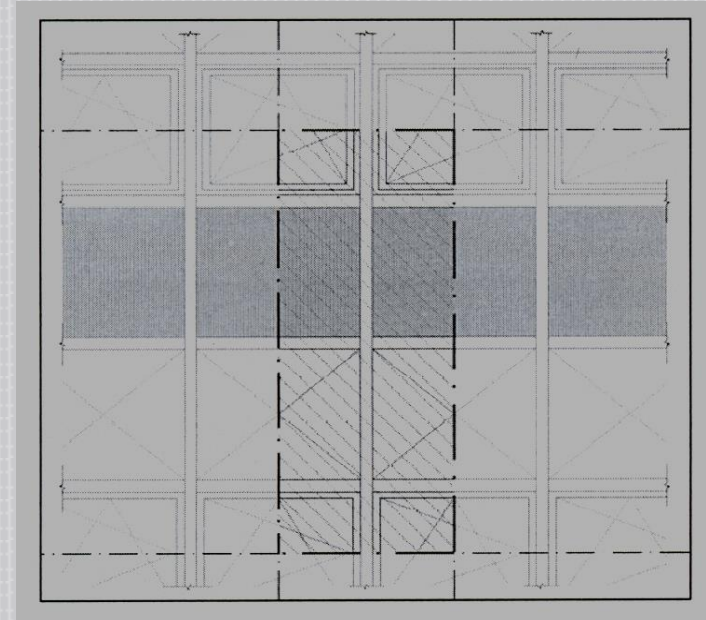
Εάν σε ένα τοιχοπέτασμα εμφανίζονται περισσότερα του ενός αντιπροσωπευτικά τμήματα, Αρχικά υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε διαφορετικού **αντιπροσωπευτικού τμήματος**  $U_{cw,j}$

Ως συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του τοιχοπετάσματος λαμβάνεται ο **μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας** και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$U_{cw} = \frac{\sum_{j=1}^n (U_{cw,j} \cdot A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Όπου :

$U_{cw}$	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,
$U_{cw,j}$	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος j,
$A_j$	[m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό του αντιπροσωπευτικού τμήματος.



# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

## 5.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Μεθοδολογία υπολογισμού U «διαφανών» στοιχείων

### Υπολογισμός U – κουφωμάτων

### Τοιχοπετασμάτων ( ή/ και υαλοπετασμάτων εφόσον περιέχουν διαφανή – γυάλινα τμήματα)

Για να υπολογίσουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας του αντιπροσωπευτικού τμήματος, εργαζόμαστε ως εξής :

- Το χωρίζουμε σε επιφάνειες με διαφορετικά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά (π.χ. υαλοπίνακες, αδιαφανή πετάσματα και κουφώματα).
- Υπολογίζουμε τον μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας του αντιπροσωπευτικού τμήματος σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση :

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_p \cdot U_p + \sum A_f \cdot U_f + \sum A_{dp} \cdot U_{dp} + \sum A_{tr} \cdot U_{tr} + \sum l_{f,g} \cdot \Psi_{f,g} + \sum l_{dp,g} \cdot \Psi_{dp,g} + \sum l_{tr,g} \cdot \Psi_{tr,g} + \sum l_p \cdot \Psi_p + \sum l_{dp,f} \cdot \Psi_{dp,f} + \sum l_{tr,f} \cdot \Psi_{tr,f}}{A_{cw}}$$

Όπου :

Οι συντελεστές γραμμικής διαπερατότητας  $\Psi_{dp,g}$ ,  $\Psi_{tr,g}$

λαμβάνουν τιμές από τον πίνακα 14α,

Ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας  $\Psi_p$ , λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 14β,

Οι συντελεστές γραμμικής διαπερατότητας  $\Psi_{dp,f}$ ,  $\Psi_{tr,f}$  λαμβάνουν τιμές από τους πίνακες 14γ και 14δ, ανάλογα με το υλικό.

- Η επιφάνεια του τοιχοπετάσματος υπολογίζεται σύμφωνα με την επόμενη σχέση:

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_f + A_{dp} + A_{tr}$$

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος δεν λαμβάνουν υπόψη την παρουσία κοχλιών στερέωσης του πλαισίου στα δομικά στοιχεία της όψης του κτιρίου.

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η σημειακή θερμογέφυρα που δημιουργείται στη σύνδεση με την όψη, οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου, τροποποιούνται ως εξής :

Όταν η απόσταση των κοχλιών είναι  $\leq$  των 0,3 m. αυξάνονται κατά 0,3 W/(m<sup>2</sup>\*K)

Όταν η απόσταση των κοχλιών είναι > τα 0,3 m μπορεί να αγνοηθεί η επίδρασή τους.

$U_{cw}$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,
$U_g$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του υαλοπίνακα ,
$U_p$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του πετάσματος,
$U_f$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των πλαισίων,
$U_{dp}$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των ορθοστατών,
$U_{tr}$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των τραβέρσων,
$\Psi_{f,g}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου και υαλοπίνακα,
$\Psi_{dp,g}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή ορθοστάτη και υαλοπίνακα,
$\Psi_{tr,g}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή τραβέρσας και υαλοπίνακα,
$\Psi_p$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πετάσματος και πλαισίων,
$\Psi_{dp,f}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου κουφώματος και ορθοστάτη,
$\Psi_{tr,f}$	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής διαπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου κουφώματος και τραβέρσας,
$A_g$	[m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό του υαλοπίνακα πλήρωσης του τοιχοπετάσματος,
$A_p$	[m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό του πετάσματος πλήρωσης του τοιχοπετάσματος,
$A_{dp}$	[m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό ορθοστάτη του πλαισίου του τοιχοπετάσματος,
$A_{tr}$	[m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό ης τραβέρσας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος,
$A_f$	[m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό του κουφώματος,
$l_{f,g}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή κουφώματος και υαλοπίνακα κουφώματος,
$l_{dp,g}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή ορθοστάτη πλαισίου και υαλοπίνακα πλήρωσης,
$l_{tr,g}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή τραβέρσας πλαισίου και υαλοπίνακα πλήρωσης,
$l_p$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή πετάσματος και πλαισίου τοιχοπετάσματος (στη θέση της τραβέρσας ή του ορθοστάτη),
$l_{dp,f}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή ορθοστάτη πλαισίου και κουφώματος,
$l_{tr,f}$	[m]	το μήκος περιμέτρου στη συναρμογή τραβέρσας πλαισίου και κουφώματος,

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμογέφυρες Γενικά

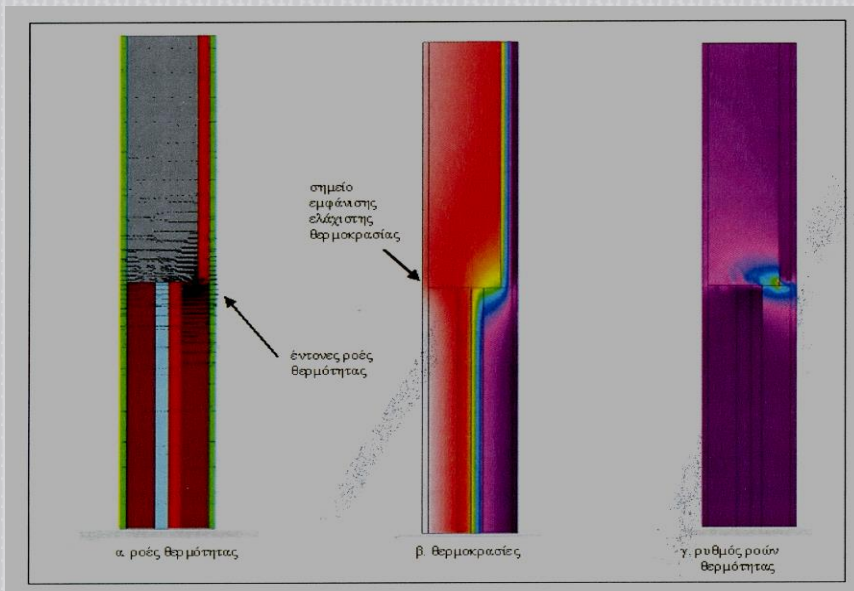
## 5.2. Θερμογέφυρες – γενικές πληροφορίες

**Θερμογέφυρες** ονομάζονται οι θέσεις στο κέλυφος ενός κτηρίου στις οποίες εμφανίζεται, σε σχέση με τις γειτονικές τους, διαφοροποίηση στη θερμική αντίσταση των δομικών στοιχείων είτε λόγω ασυνέχειας της στρώσης θερμομόνωσης είτε λόγω διαφοροποίησης του υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου είτε λόγω αλλαγής της γεωμετρίας της διατομής.

Σ' αυτές τις θέσεις παρατηρείται μεταβολή στη ροή θερμότητας και στην εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία σε σχέση με τις γειτονικές τους.

Ως προς τις αιτίες δημιουργίας τους οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε τρεις τύπους :  
στις κατασκευαστικές,  
στις γεωμετρικές,  
σε συνδυασμό των δύο παραπάνω τύπων.

Οι **κατασκευαστικές θερμογέφυρες** δημιουργούνται σε θέσεις στις οποίες υπάρχει ασυνέχεια του θερμομονωτικού υλικού,



Π.χ. στις θέσεις ένωσης τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα και τοιχώματος με θερμομόνωση εξωτερικά.

Σε αυτήν την περίπτωση η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει.

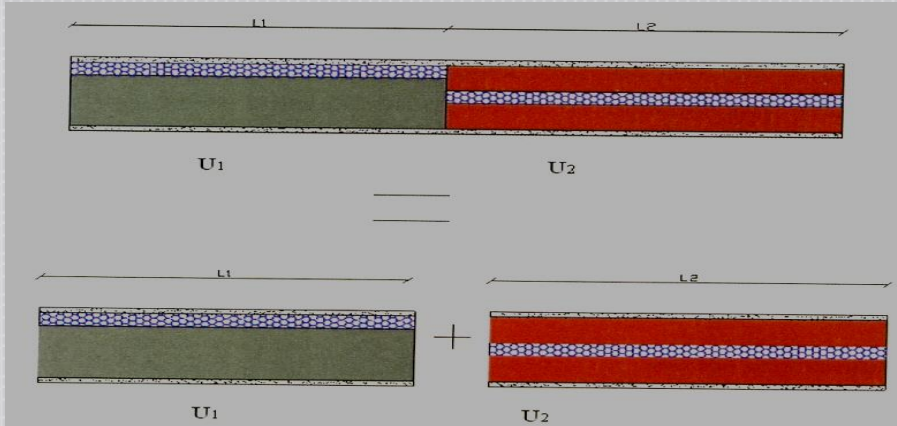
Στην περιοχή της ασυνέχειας αναπτύσσεται έντονη **δισδιάστατη** ροή θερμότητας η οποία οδηγεί σε αυξημένες θερμικές απώλειες και μείωση της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας.

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμογέφυρες (Κατασκευαστικές)

Διακριτοποίηση ένωσης δομικού στοιχείου.

## 5.2. Θερμογέφυρες – γενικές πληροφορίες

Στην πραγματικότητα ο μελετητής κάνοντας παραδοχή μονοδιάστατης ροής θερμότητας θεωρεί τα δομικά στοιχεία τοιχώματος και οπτοπλινθοδομής ως ανεξάρτητα όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εάν ορίσουμε ως  $l$  το μήκος για το οποίο συμβαίνει η ένωση των δομικών στοιχείων και  $L^{1D}$  τη ροή θερμότητας που συμβαίνει κάνοντας παραδοχή μονοδιάστατης ροής τότε έχουμε:

$$L^{1D} = U_1 * L_1 * l + U_2 * L_2 * l$$

Η πραγματική όμως ροή θερμότητας  $L^{2D}$  είναι δισδιάστατη και διαφοροποιείται από τη μονοδιάστατη  $L^{1D}$ .

Η διαφορά της  $L^{2D}$  από  $L^{1D}$  ορίζεται ως η ροή θερμότητας από τη θερμογέφυρα :

$$L^{2D} - L^{1D} = \Psi * l$$

Για να γίνει εφικτή η παραπάνω διόρθωση δημιουργήθηκε ένας κατάλογος με κατασκευαστικές λεπτομέρειες που συναντώνται στα ελληνικά κτήρια.

Για κάθε κατασκευαστική λεπτομέρεια δημιουργήθηκε ένα δισδιάστατο μαθηματικό μοντέλο και υπολογίστηκε η ροή θερμότητας  $L^{2D}$  θεωρώντας το  $l$  ίσο με 1 m. Κατόπιν αφαιρέθηκε η  $L^{1D}$  και προέκυψε ο γραμμικός συντελεστής θερμοπερατότητας  $\Psi$ .

Ο κατάλογος κατασκευαστικών λεπτομερειών, καθώς και οι τιμές  $\Psi$  για κάθε μία από αυτές έχουν ενσωματωθεί στον πίνακα 16 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1.

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο μελετητής είναι να υπολογίσει τη ροή θερμότητας κάνοντας παραδοχή μονοδιάστατης ροής θερμότητας την οποία στη συνέχεια θα διορθώσει λαμβάνοντας τη κατάλληλη τιμές  $\Psi$  από τον πίνακα 16 (εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο πίνακας 15) και το μήκος  $l$  που πραγματοποιείται η εν λόγω θερμογέφυρα.

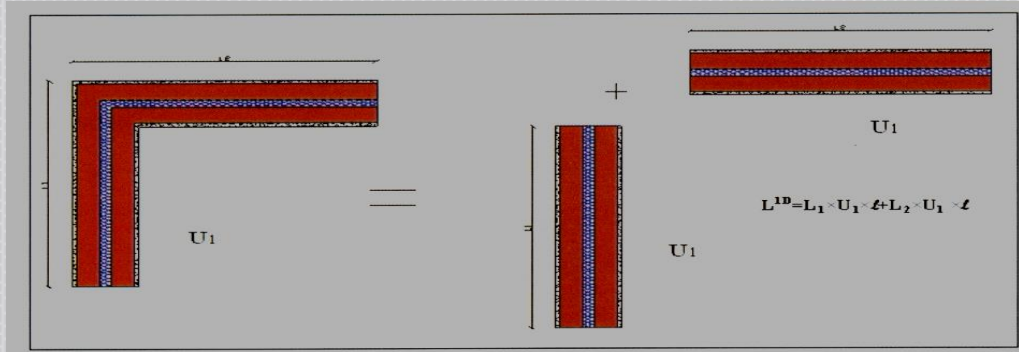
Η διόρθωση γίνεται με χρήση της σχέσης :

$$L^{2D} = L^{1D} + \Psi * l$$

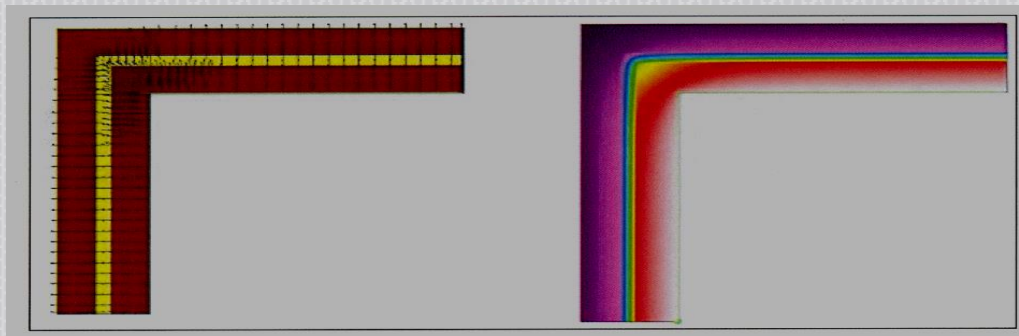
# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμογέφυρες (Γεωμετρικές)

## 5.2. Θερμογέφυρες – γενικές πληροφορίες

Οι **γεωμετρικές θερμογέφυρες** δημιουργούνται σε θέσεις, στις οποίες η βασική γεωμετρία του δομικού στοιχείου παύει να είναι γραμμική,



Π.χ. στη θέση κάθετης τομής δύο εξωτερικών δομικών στοιχείων με τη συνέχεια της θερμομόνωσης να μη διακόπτεται .



Σ' αυτήν την περίπτωση, επειδή η συνολική εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων διαφέρει από την εσωτερική, αναπτύσσονται έντονα φαινόμενα δισδιάστατης ροής θερμότητας.

Συνεπώς απαιτείται διόρθωση στους υπολογισμούς των ρών θερμότητας όταν αυτοί γίνονται με παραδοχή μονοδιάστατης ροής.

Ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται εσωτερικές ή εξωτερικές διαστάσεις για τους υπολογισμούς των θερμικών ρών (παραδοχή μονοδιάστατης ροής), η τιμή του γραμμικού συντελεστή της συγκεκριμένης θερμογέφυρας διαφοροποιείται.

Στην περίπτωση χρήσης εσωτερικών διαστάσεων παίρνει θετικές τιμές, ενώ

στην περίπτωση χρήσης εξωτερικών διαστάσεων παίρνει αρνητικές,

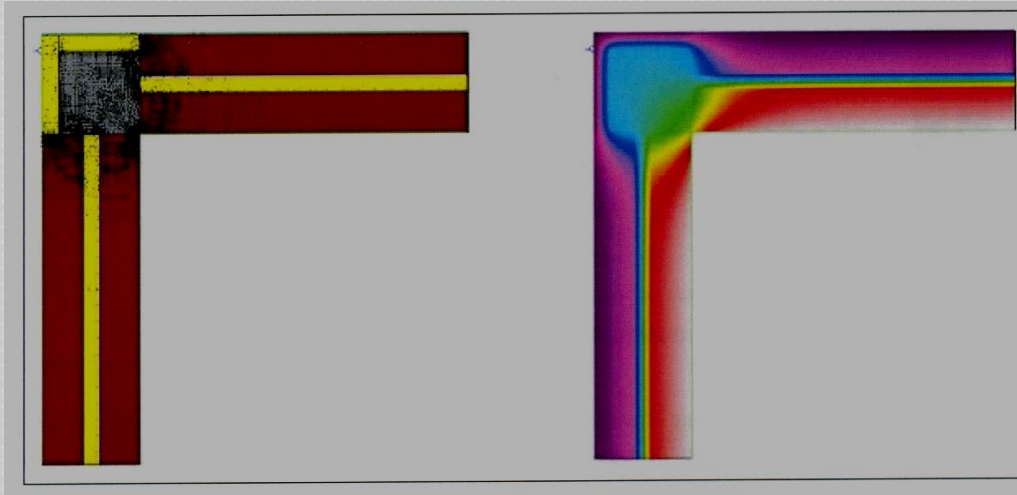
Για τις ανάγκες των υπολογισμών με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. γίνεται παντού χρήση εξωτερικών διαστάσεων.

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμογέφυρες (Συνδυασμός Κατασκ. - Γεωμ.)

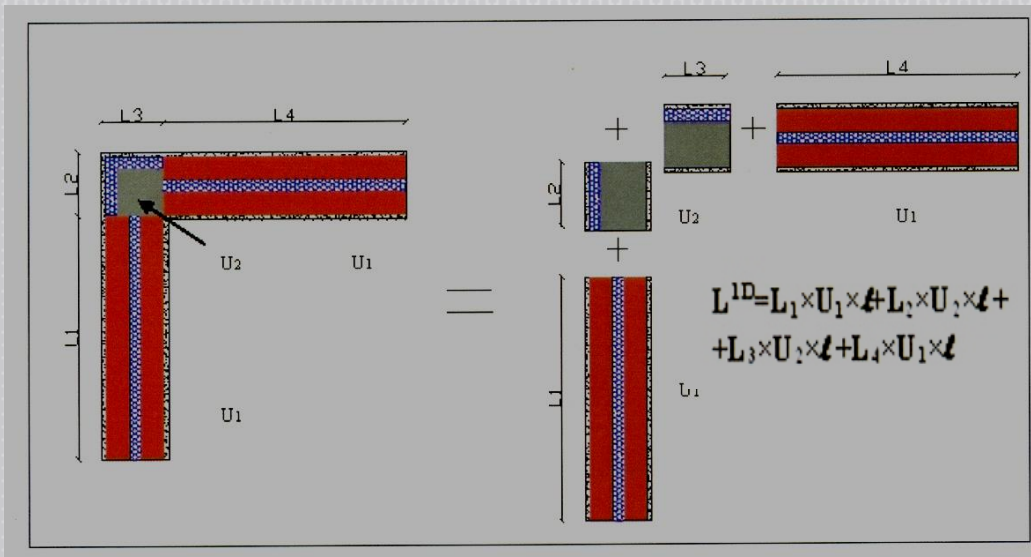
## 5.2. Θερμογέφυρες – γενικές πληροφορίες

Οι **συνδυασμένες κατασκευαστικές - γεωμετρικές θερμογέφυρες**

Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει συνδυασμός γεωμετρικής και κατασκευαστικής θερμογέφυρας,



Π.χ. Σε ένα γωνιακό υποστύλωμα θερμομονωμένο εξωτερικά, στο οποίο εφάπτονται δύο κάθετες μεταξύ τους τοιχοποιίες με θερμομόνωση στον πυρήνα.

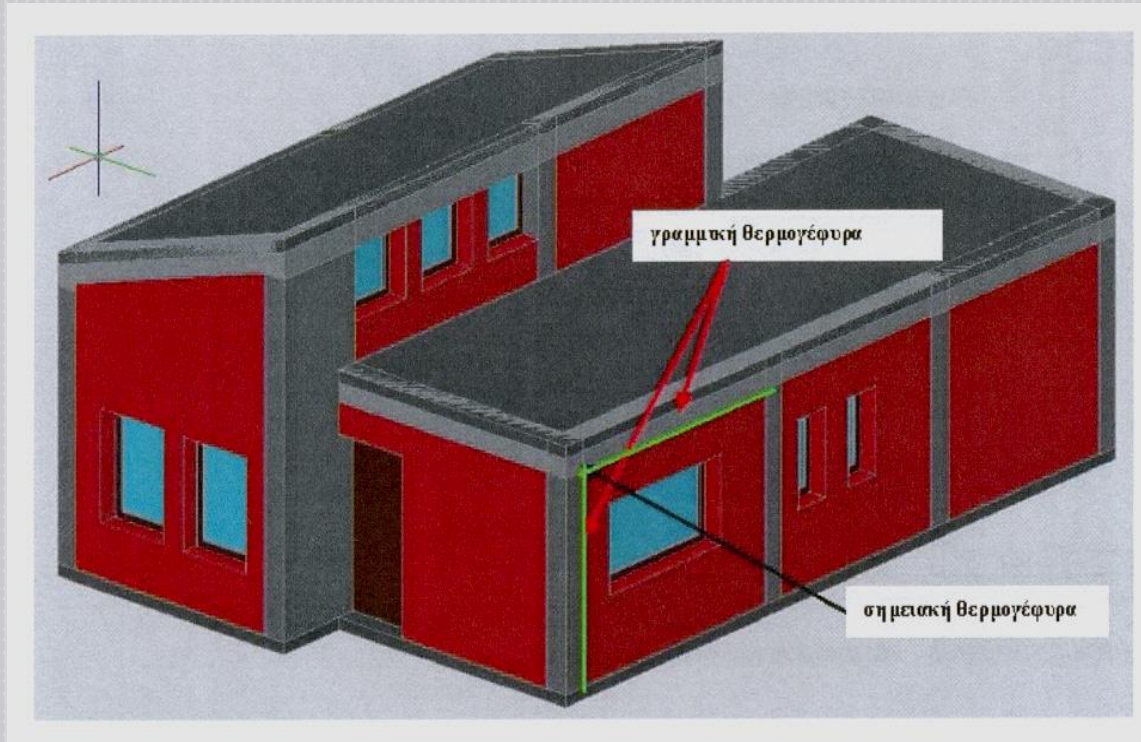


Σ' αυτές τις περιπτώσεις εμφανίζονται αυξημένες ροές θερμότητας και μειωμένη εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία, ενώ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας μπορεί να λάβει, ακόμη και με χρήση εξωτερικών διαστάσεων για τους υπολογισμούς των ροών θερμότητας, τιμή αρνητική, θετική ή μηδενική ανάλογα με την περίπτωση.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμογέφυρες (Συνδυασμός Κατασκ. - Γεωμ.)

### 5.2. Θερμογέφυρες – γενικές πληροφορίες

Οι Ανάλογα με τη μορφή μιας διατομής οι θερμογέφυρες μπορούν να διακριθούν σε δύο τύπους :  
στις γραμμικές και στις σημειακές.



Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και οφείλονται στη δημιουργία θέσεων στις οποίες η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει.

Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμο-γεφυρών, στις οποίες η ροή θερμότητας έχει τρισδιάστατη φύση.

Οι σημειακές θερμογέφυρες δεν έχουν καμία διάσταση, ενώ η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές θεωρείται για τα ελληνικά δεδομένα πρακτικά αμελητέα- γι' αυτό και δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 .

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμογέφυρες (Συνδυασμός Κατασκ. - Γεωμ.)

## 5.2. Θερμογέφυρες – γενικές πληροφορίες

Ανάλογα με τη θέση εμφάνισής τους στο κτήριο, οι θερμογέφυρες απαντώνται:

στη συναρμογή των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (**κατακόρυφες θερμογέφυρες**)

στη συναρμογή των οριζόντιων δομικών στοιχείων με τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία (**οριζόντιες θερμογέφυρες**)

στη συναρμογή των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία (**θερμογέφυρες κουφωμάτων**).

### Οι κατακόρυφες θερμογέφυρες

εντοπίζονται στις κατόψεις του κτηρίου,

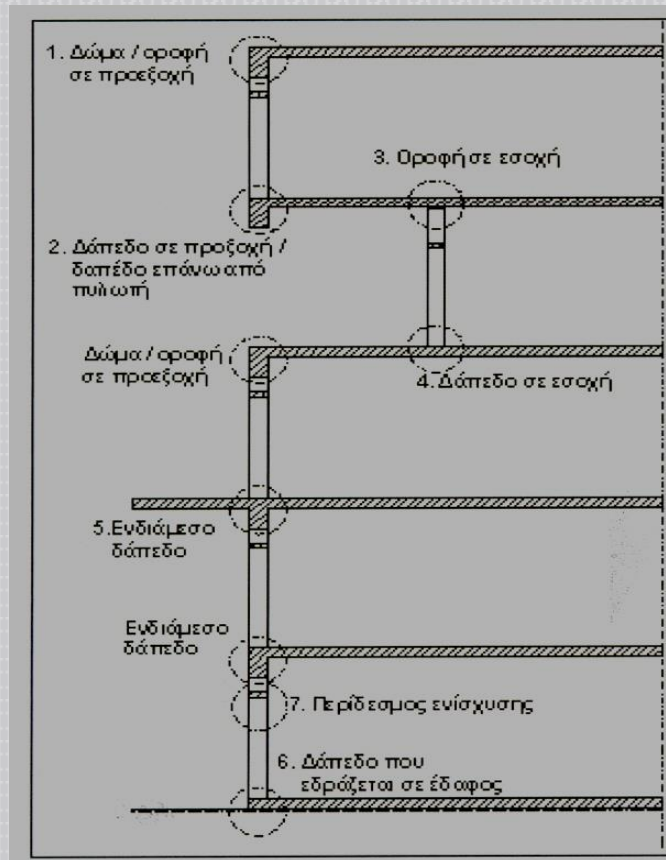
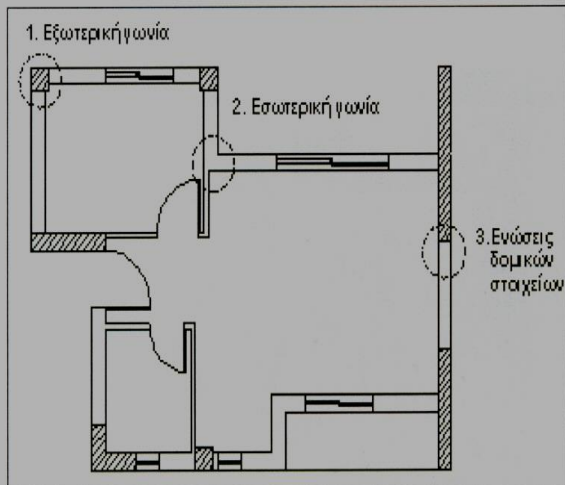
Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται καθ' ύψος, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των τομών.

Διακρίνονται τρεις υποκατηγορίες :

θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών (ΕΞΓ),

θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών (ΕΣΓ),

θερμογέφυρες ένωσης δομ. Στοιχείων (ΕΔΣ).



### Οι οριζόντιες θερμογέφυρες

εντοπίζονται στις τομές του κτηρίου.

Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται κατά μήκος των δομικών στοιχείων, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των κατόψεων. Διακρίνονται επτά υποκατηγορίες:

θερμογέφυρες δώματος ή οροφής σε προεξοχή (Δ),

θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή ή δαπέδου επάνω από πυλωτή (ΔΠ),

θερμογέφυρες οροφής σε εσοχή (ΟΕ),

θερμογέφυρες δαπέδου σε εσοχή (ΔΕ),

θερμογέφυρες ενδιάμεσου δαπέδου (ΕΔΠ),

θερμογέφυρες περιέσμου ενίσχυσης (ΠΡ),

θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται σε έδαφος (ΕΔ).

Οι **θερμογέφυρες κουφωμάτων** εντοπίζονται στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία. Το μήκος τους μετράται με βάση τις διαστάσεις των ανοιγμάτων.

Διακρίνονται δύο υποκατηγορίες :

θερμογέφυρες στο λαμπά του κουφώματος (Λ)

θερμογέφυρες στο ανωκάσι/καιοκάσι του κουφώματος (ΑΚ).

# 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμογέφυρες (Συνδυασμός Κατασκ. - Γεωμ.)

## 5.2. Θερμογέφυρες – Στοιχεία υπολογισμού

Η αναλυτική περιγραφή των θερμογεφυρών και ο τρόπος προσδιορισμού τους γίνεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 στην ενότητα 2.4.,

Στο παράρτημα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. στη σειρά πινάκων 16α έως 16λ δίνονται για διαφορετικές περιπτώσεις θερμογεφυρών (που καταγράφονται με τα σκαριφήματά τους) οι τιμές του αντίστοιχου συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας  $\Psi$ .

Σε περίπτωση που ο τύπος μιας θερμογέφυρας δεν συναντάται στους παραπάνω πίνακες, ο μελετητής μπορεί στους υπολογισμούς να λάβει κατά προσέγγιση την τιμή της πλησιέστερης ως προς τη γεωμετρία της περίπτωση θερμογέφυρας.

Στον παράπλευρο πίνακα 16λ της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε φαίνονται ενδεικτικά οι τύποι των θερμογεφυρών που μπορεί να συναντηθούν αναλόγως της θέσης τοποθέτησης του κουφώματος στο άνοιγμα

■ ■ ■

Πίνακας 16λ. Θερμογέφυρες σε ανωκάσι/κατωκάσι κουφώματος.

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

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων),

### 5.3. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Υπολογισμός Γεωμετρικών Μεγεθών

#### Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ )

Για την εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ ) και τον έλεγχο της θερμικής του επάρκειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός ορισμένων γεωμετρικών μεγεθών του κτηρίου και συγκεκριμένα:

- Ο υπολογισμός των εμβαδών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων.
- Ο υπολογισμός των μηκών των γραμμικών θερμογεφυρών.
- Ο όγκος του κτηρίου.

Από τη μαθηματική σχέση  $A/V$ , που ορίζει το λόγο του εμβαδού των επιφανειών όλου του εξωτερικού κελύφους του κτηρίου ( $A$ ) προς τον όγκο που αυτό περικλείει ( $V$ ), προκύπτει ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_{m, max}$ ,

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_m$  του κτηρίου **δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερος από** την τιμή του  $U_{m, max}$

Για την εύρεση του εμβαδού  $A$  υπεισέρχονται στον υπολογισμό οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους στο σύνολό τους και με τις εξωτερικές τους διαστάσεις, παρακολουθώντας απόλυτα τη γεωμετρία του κτηρίου.

Αντίστοιχα, ο όγκος  $V$  είναι ο όγκος του κτηρίου που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες.

Ο κανονισμός ορίζει αναλυτικά τις επιφάνειες και τον όγκο του κτηρίου που υπεισέρχονται ή δεν υπεισέρχονται στον υπολογισμό του λόγου  $A/V$ .

Η σχετική αναφορά γίνεται στην ενότητα 2.5. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-2.

$F/V$ ( $m^{-1}$ )	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής ( $U_m$ ) σε $[W/m^2.K]$			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
$\leq 0,2$	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
$\geq 1,0$	0,81	0,73	0,66	0,60

$U_{m, max}$  για το σύνολο του κτηρίου πίνακας 7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.3. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Υπολογισμός Γεωμετρικών Μεγεθών

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ )

Σχετικά με τον λόγο  $A/V$

Για τον υπολογισμό του λόγου  $A/V$ , προκειμένου να διευκολυνθεί ο υπολογισμός. :

Όλα τα μεγέθη είναι σκόπιμο να υπολογισθούν κατ' όροφο και κατά επιφάνεια, χρησιμοποιώντας πρότυπου εντύπου, που θα δίνει σε πινακοποιημένη μορφή:

- το **πλάτος** του κάθε δομικού στοιχείου, - το **ύψος** του, - το **εμβαδό** του, - το **μήκος** της γραμμικής **θερμογέφυρας** για κάθε διαφορετικό τύπο θερμογέφυρας.

Τα επί μέρους αθροίσματα αυτών των ποσοτήτων δίνουν τα συνολικά μεγέθη στην επιφάνεια του κελύφους για κάθε διαφορετικό δομικό στοιχείο.

Επισημαίνεται ότι στον όγκο του κτηρίου **δεν** συμπεριλαμβάνονται:

- Ο ανοικτός υπόστυλος χώρος που βρίσκεται στην **πυλωτή**.
- Γενικώς όλοι οι **κοινόχρηστοι χώροι** αν έχουν θεωρηθεί ως **Μη θερμαινόμενοι**.  
Αντίθετα, συμπεριλαμβάνονται κανονικά στον όγκο του κτηρίου αν θεωρηθούν θερμαινόμενοι !  
(Κοινόχρηστοι που μπορούν να θεωρηθούν ως θερμαινόμενοι οι μη είναι : ο χώρος της εισόδου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξή του στο δώμα, οι διάδρομοι μιας πολυκατοικίας.
- Οι χώροι των υπογείων, όταν δεν είναι θερμαινόμενοι.
- Οι χώροι των **αποθηκών** που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτηρίου ή σε επαφή με αυτό, εφόσον **δεν** θεωρούνται **θερμαινόμενοι**.
- Ο χώρος του προσαρτημένου **θερμοκηπίου** που λειτουργεί ως παθητικό ηλιακό σύστημα (και είναι **μη θερμαινόμενος** χώρος).
- Ο μη **κατοικήσιμος** χώρος που διαμορφώνεται επάνω από την οροφή και **κάτω από μη θερμομονωμένη** στέγη.  
ενώ, αν ο χώρος είναι κατοικήσιμος (σοφίτα), συνυπολογίζεται στον όγκο του κτηρίου και η στέγη και οφείλει να θερμομονωθεί, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις και του πρώτου ελέγχου, δηλαδή  $U_{\text{στέγης}} \leq U_{\text{max}}$ .
- Οι **κλειστοί χώροι στάθμευσης** αυτοκινήτων.
- Κάθε κλειστός χώρος που δεν θεωρείται θερμαινόμενος (π.χ. εργαστήρια που δεν θερμαίνονται).
- Οι όγκοι, τους οποίους καταλαμβάνουν **αίθριοι** χώροι **μέσα** στο σώμα του κτηρίου, δηλαδή - σύμφωνα με το Γ.Ο.Κ.- τα μη στεγασμένα τμήματα του κτηρίου που περιβάλλονται από όλες τις πλευρές τους από το κτήριο ή από άλλα κτήρια του οικοπέδου.
- Οι **φωταγωγοί** του κτηρίου.
- Οι υποχρεωτικώς ή προαιρετικώς **ακάλυπτοι** χώροι.
- Κάθε ανοικτός χώρος, που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, είτε βρίσκεται μέσα στο κυρίως σώμα του κτηρίου είτε όχι.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.3. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Υπολογισμός Γεωμετρικών Μεγεθών

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ )

Σχετικά με τον λόγο  $A/V$

Οι εξωτερικές επιφάνειες σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, εφόσον αποτελούν διαχωριστικά στοιχεία με μη θερμαινόμενο χώρο, υπεισέρχονται στον υπολογισμό της επιφάνειας  $A$  στο σύνολο τους, -- πολλαπλασιασμένες με έναν **μειωτικό συντελεστή ( $b$ )**, όπως ορίζεται στην ενότητα 2.6.1. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2

Στα προσαρτημένα **θερμοκήπια**, τα οποία λειτουργούν ως παθητικά ηλιακά συστήματα, ως **εξωτερική** επιφάνεια λαμβάνεται ο **διαχωριστικός τοίχος** μεταξύ κυρίως χώρου του κτηρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου και όχι η εξωτερική γυάλινη όψη του θερμοκηπίου.

**Επιφάνειες** του κτηρίου που έρχονται **σε επαφή με εξωτερική επιφάνεια άλλου κτηρίου** είτε αυτό το κτήριο βρίσκεται εντός του ίδιου οικοπέδου είτε στο όμορο (δηλαδή τα δύο κτήρια βρίσκονται σε επαφή στο διαχωριστικό όριο των δύο οικοπέδων) **λαμβάνονται ως συνορεύουσες** με το **εξωτερικό** περιβάλλον και δεν υπάρχει κάποια ξεχωριστή αντιμετώπιση.

Σε περίπτωση που ο **θερμαινόμενος όγκος του κτηρίου** αποτελείται από **επί μέρους όγκους**, που διαχωρίζονται από μη θερμαινόμενους χώρους και δεν έχουν δυνατότητα μεταξύ τους επικοινωνίας, **ως όγκος του κτηρίου** λαμβάνεται **το άθροισμα όλων αυτών των επί μέρους** θερμαινόμενων όγκων (π.χ. θερμαινόμενος υπόγειος χώρος που χωρίζεται από τους θερμαινόμενους ορόφους με το μη θερμαινόμενο χώρο του κλιμακοστασίου και της εισόδου της πολυκατοικίας).

Ομοίως, ως **εξωτερική επιφάνεια  $A$**  λαμβάνεται **το άθροισμα όλων** των εξωτερικών επιφανειών των **θερμαινόμενων χώρων**.

Σε όλες τις περιπτώσεις η εύρεση του λόγου  $A/V$  οδηγεί στον προσδιορισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_m$  του κτηρίου. (όπως αυτή ορίζεται για κάθε ζώνη από τον πίνακα 7).

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.3. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Υπολογισμός Γεωμετρικών Μεγεθών

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ ) Ο μειωτικός συντελεστής ( $b$ )

#### Ο μειωτικός συντελεστής ( $b$ ) Τ.Ο.Τ.Ε.Ε §2.6.1.

Ο μειωτικός συντελεστής ( $b$ ) προσαρμόζει τις υπολογισθείσες θερμικές απώλειες από κάθε επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου στις πραγματικές θερμοκρασιακές συνθήκες.

Η κάθε ποσότητα  $A^*U$  (συντελεστής μεταφοράς θερμότητας) ορίζει τη μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον μέσω των επί μέρους δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου στη μονάδα του χρόνου και για διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού - εξωτερικού περιβάλλοντος  $1^\circ\text{C}$  (ή  $1\text{ K}$ ).

Όμως σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε επιφάνειες που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος η ποσότητα αυτή είναι υπερεκτιμημένη.

Με το μειωτικό συντελεστή επιχειρείται η επαναφορά της σε μεγέθη πλησιέστερα στην πραγματικότητα.

Έτσι, ο μειωτικός συντελεστής ( $b$ ) λαμβάνει τιμές όπως ορίζονται σε καθεμιά από τις παρακάτω περιπτώσεις :

- Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή/και το έδαφος (όπου με την χρήση του ισοδύναμου  $U'$  η διόρθωση θεωρείται επαρκής).

Ο συντελεστής λαμβάνει τιμή  $b = 1,0$ , καθώς η ποσότητα  $A^*U$  θεωρείται η πραγματικά υπολογισθείσα.

Η τιμή  $b = 1,0$  ισχύει τόσο για κατακόρυφες επιφάνειες, όσο και για οριζόντιες, είτε είναι η ροή θερμότητας στις τελευταίες από επάνω προς τα κάτω είτε από κάτω προς τα επάνω.

- Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με όμορο κτήριο.

Αν και στην περίπτωση ενός όμορου κτηρίου η μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου που εφάπτεται σε αντίστοιχο δομικό στοιχείο του όμορου είναι μειωμένη συγκριτικά με τη μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, η μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας θα πρέπει να παραμένει υπερεκτιμημένη με τιμή συντελεστή  $b = 1,0$ , διότι είναι απροσδιόριστος ο χρόνος ζωής του όμορου κτηρίου.

Ίδια θα είναι η αντιμετώπιση είτε οι χώροι του όμορου κτηρίου είναι θερμαινόμενοι είτε όχι.

Στην **Ενεργειακή μελέτη** δηλαδή σε κάθε περίπτωση  $b = 1,0$

Στην **Ενεργειακή επιθεώρηση** όμως αποτιμάται η πραγματική κατάσταση, δηλαδή εφόσον υπάρχει επαφή με όμορη θερμαινόμενη ζώνη, το συγκεκριμένο στοιχείο λαμβάνεται ως τελείως αδιαβατικό ( $b=0$ ) ή αν δεν υπάρχει ως σε επαφή με Μ.Θ.Χ. ( $b=0,5$ ) ή εξωτερικό περιβάλλον ( $b=1$ ).

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.3. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Υπολογισμός Γεωμετρικών Μεγεθών

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ ) - Ο μειωτικός συντελεστής ( $b$ )

- Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με θερμαινόμενους χώρους του ίδιου κτηρίου.

Σε περίπτωση που υφίστανται χώροι του ίδιου κτηρίου οι οποίοι, αν και θερμαινόμενοι, δεν συνυπολογίζονται στη μελέτη θερμικής προστασίας και επομένως παραμένουν **ενδεχομένως αδιαβατικοί**, τα διαχωριστικά δομικά στοιχεία προς αυτούς τους χώρους λαμβάνονται κατά τον υπολογισμό κατά απλοποιητική παραδοχή με τιμή μειωτικού συντελεστή  $b = 0,5$ . (Τελείως αδιαβατικοί  $b = 0$  !)

Για παράδειγμα σε περίπτωση προσθήκης νέου κτίσματος (ή και ενός μόνο δωματίου) σε υφιστάμενο θερμομονωμένο ή μη θερμομονωμένο κτήριο τα **δομικά στοιχεία** που **διαχωρίζουν** το **υφιστάμενο** κτήριο από την **προσθήκη** υπάγονται σ' αυτήν την κατηγορία. Αν το διαχωριστικό δομικό στοιχείο αποτελεί μέρος του υφιστάμενου, θα πρέπει να θερμομονωθεί κατά την κατασκευή του νέου προστιθέμενου κτίσματος. Παρέχεται ωστόσο η δυνατότητα ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας να γίνει για το σύνολο του κτηρίου (υφιστάμενου και προσθήκης) με την προϋπόθεση της ριζικής ανακαίνισης του υφιστάμενου και της πλήρους θερμομονωτικής του προστασίας.

- Σε οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη .

Ο μειωτικός συντελεστής διατηρεί την τιμή  $b = 1,0$ , καθώς η διόρθωση στην απόκλιση έχει ήδη γίνει κατά τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  της διατομής, λαμβάνοντας υπόψη την αντίσταση  $R_{RU}$  του στρώματος αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης. Σ' αυτήν την τιμή, όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο, συμπεριλαμβάνεται και η θερμική αντίσταση των στρώσεων της μη θερμομονωμένης στέγης.

- Σε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο.

Στην περίπτωση αυτή η ροή θερμότητας, επηρεάζεται από την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται ή απάγεται μέσω αερισμού στο μη θερμαινόμενο χώρο. Ο μειωτικός συντελεστής ( $b_u$ ), χώρου υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$b_u = \frac{\sum(U_{ua} \cdot A_{ua}) + (n_u \cdot V_u \cdot c_{αερα})}{\sum(U_{ua} \cdot A_{ua}) + \sum(U_{iu} \cdot A_{iu})}$$

**ΕΥΤΥΧΩΣ**, εναλλακτικά παρέχεται η δυνατότητα σε όλες τις επιφάνειες έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο να ληφθεί κατά απλοποιητική παραδοχή  $b_u = 0,50$ .

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων),

### 5.3. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Υπολογισμός Γεωμετρικών Μεγεθών

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ ) Υπολογισμός

#### Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου $\{U_m\}$

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ ) προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτηρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στον υπολογισμό του  $U_m$  θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων.

Στη γενική του έκφραση ο υπολογισμός του  $U_m$  προκύπτει από τον τύπο:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Το ευρισκόμενο πηλίκο  $U_m$  συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται ως μέγιστο επιτρεπόμενο  $U_{m,max}$  από το λόγο  $A/V$  για κάθε κλιματική ζώνη.

$U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτηρίου,
$n$ [-]	το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτηρίου,
$v$ [-]	το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας $A_j$ του κελύφους,
$A_j$ [m <sup>2</sup> ]	το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου,
$U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου $j$ του κελύφους του κτηρίου,
$l_i$ [m]	το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,
$\Psi_j$ [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,
$b$ [-]	μειωτικός συντελεστής (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα για κάθε τύπο δομικού στοιχείου).

**Πρέπει πάντα να ισχύει:  $U_m \leq U_{m,max}$**

Αν δεν ικανοποιείται αυτή η συνθήκη, ο υπολογισμός επαναλαμβάνεται από την αρχή, έχοντας προηγουμένως βελτιώσει τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των επί μέρους δομικών στοιχείων (π.χ. αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης των αδιαφανών στοιχείων, βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων, μείωση του μεγέθους των ανοιγμάτων κ.ά.).

#### Πίνακες τιμών

Η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) του κελύφους του κτηρίου θα συγκριθεί με αυτήν που προκύπτει βάσει του λόγου  $A/V$  από τον πίνακα 7.

Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας ( $\Psi$ ) λαμβάνεται από τους πίνακες 15 ή 16, που ορίζουν τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών.

## 5. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ / ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ - Θερμ. επάρκεια (U αδιαφανών στοιχείων).

### 5.3. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας - Υπολογισμός Γεωμετρικών Μεγεθών

#### Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ ) Παρατηρήσεις

##### Παρατηρήσεις κατά τον υπολογισμό του $U_m$

Για τη εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου ( $U_m$ ) λαμβάνονται υπόψη τα εξής :

Στον υπολογισμό του  $U_m$  συμμετέχουν όλες οι επιφάνειες που περικλείουν το κέλυφος του κτηρίου. Συμμετέχουν επίσης παντός είδους επιφάνειες που συνορεύουν με αίθριους χώρους, φωταγωγούς κ.τ.λ., που βρίσκονται μέσα στο σώμα του κτηρίου, όπως περιγράφονται αναλυτικά στην ενότητα 2.4. για τον προσδιορισμό του λόγου  $A / V$ .

Το άθροισμα όλων αυτών των επιφανειών δίνει τον παρονομαστή  $\Sigma A_i$  της σχέσης

Το προσαρτημένο θερμοκήπιο θεωρείται μη θερμαινόμενος χώρος και ως εξωτερικό στοιχείο του κελύφους λαμβάνεται το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτηρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου. Αυτό το δομικό στοιχείο θα υπεισέρχεται στον υπολογισμό κατά παραδοχή με τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή  $U$  που προβλέπεται ανά ζώνη από τον πίνακα 6 ως εξής

Για αδιαφανές δομικό στοιχείο (τοιχοποιία) με την τιμή της τοιχοποιίας, της ερχόμενης σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.

Για διαφανή δομικά στοιχεία (κουφώματα) με την τιμή του κουφώματος ανοίγματος.

Αν ωστόσο ένα δομικό στοιχείο του ενδιάμεσου διαχωριστικού τοίχου του προσαρτημένου θερμοκηπίου παρουσιάζει τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  μικρότερη της μέγιστης επιτρεπόμενης, υπεισέρχεται στον υπολογισμό με αυτήν την καλύτερη τιμή.

Όλα τα δομικά στοιχεία του θερμοκηπίου, θεωρούμενα ως δομικά στοιχεία προς μη θερμαινόμενο χώρο, υπεισέρχονται στον υπολογισμό του  $U_m$  με το μειωτικό συντελεστή, όπως αυτός υπολογίζεται ή λαμβάνεται  $b=0,5$

Ο τοίχος Trombe, ο τοίχος θερμικής μάζας, ή οποιοδήποτε άλλο παθητικό στοιχείο θερμικής συσσώρευσης υπεισέρχονται στον υπολογισμό του  $U_m$  κατά παραδοχή με τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή  $U$  που προβλέπεται ανά ζώνη από τον πίνακα 6.

# ΘΕΡΜΟΝΩΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Τέλους 6<sup>ου</sup> - 7<sup>ου</sup> Μέρους

Στάδια ελέγχου θερμομονωτικής επάρκειας - Θερμογέφυρες

Αλέξανδρος Κρίθαρης

Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Προσωρινός Ενεργειακός Επιθεωρητής